

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-7992

(P2010-7992A)

(43) 公開日 平成22年1月14日(2010.1.14)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
F 2 7 B 21/14 (2006.01)	F 2 7 B 21/14 A	4 K O O 1
C 2 2 B 1/20 (2006.01)	C 2 2 B 1/20 T	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2008-169531 (P2008-169531)	(71) 出願人	000001258
(22) 出願日	平成20年6月27日 (2008. 6. 27)		J F E スチール株式会社
			東京都千代田区内幸町二丁目2番3号
		(74) 代理人	100066980
			弁理士 森 哲也
		(74) 代理人	100075579
			弁理士 内藤 嘉昭
		(74) 代理人	100103850
			弁理士 崔 秀▲てつ▼
		(72) 発明者	富崎 広章
			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
		Fターム(参考)	4K001 AA10 BA02 CA40 GA10

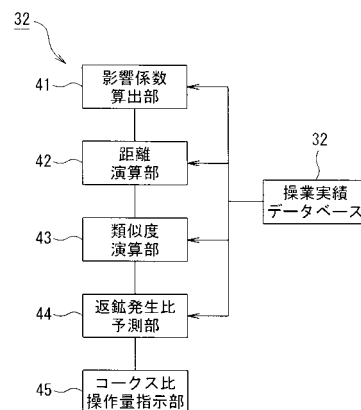
(54) 【発明の名称】 焼結装置及び焼結方法

(57) 【要約】

【課題】原料の変化に応じて蓄積された実績データをもとに、返鉱発生比の予測精度を向上させて、コークス原単位を下げるコークス比を設定することができる焼結装置及び焼結方法を提供する。

【解決手段】粉鉱石を含む原料に凝結材としてコークスを使用して焼成することにより塊成化して焼結鉱を形成し、所定粒度以下の焼結鉱を前記原料として返鉱するようにした焼結装置であって、過去の事例毎の返鉱発生比を含む焼結処理に必要とする作業条件データを蓄積して記憶する作業情報記憶手段32と、該作業情報記憶手段32に記憶されている事例に基づいて返鉱の発生比を予測する返鉱発生比予測手段と44、該返鉱発生比予測手段44で予測した返鉱発生比とコークス比とに基づいてコークス比操作量を指示するコークス比操作量指示手段45とを備えている。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

粉鉱石を含む原料に凝結材としてコークスを使用して焼成することにより塊成化して焼結鉱を形成し、所定粒度以下の焼結鉱を前記原料として返鉱するようにした焼結装置であって、

過去の事例毎の返鉱発生比を含む焼結処理に必要とする操業条件データを蓄積して記憶する操業情報記憶手段と、該操業情報記憶手段に記憶されている事例毎の操業条件データに基づいて返鉱発生比を予測する返鉱発生比予測手段と、該返鉱発生比予測手段で予測した返鉱発生比とコークス比とに基づいてコークス比操作量を指示するコークス比操作量指示手段とを備えていることを特徴とする焼結装置。

10

【請求項 2】

前記返鉱発生比予測手段は、前記操業情報記憶手段に記憶されている事例毎に、前記操業条件データに対応する予測したい要求条件データと前記操業条件データとの距離を算出して類似度を演算する類似度演算手段と、該類似度演算手段で演算された事例毎の類似度と、前記操業情報記憶手段に記憶されている前記各事例の操業条件データとに基づいて前記要求条件データに適合する返鉱発生比を演算する返鉱発生比演算手段とを備えていることを特徴とする請求項 1 に記載の焼結装置。

【請求項 3】

前記焼結処理に必要とする操業条件データとして、少なくとも M ガス流量、パレット速度、焼結の完了点、石灰比、コークス比、原料科学成分、平均粒径を設定したことを特徴とする請求項 2 に記載の焼結装置。

20

【請求項 4】

前記操業情報記憶手段は、前記返鉱発生比を出力変数とし、前記焼結処理に必要とする操業条件データを入力変数とする複数の実績データを事例毎にテーブルとして格納し、前記類似度演算手段は、結果を予測したい前記入力変数に対応する要求条件データを設定すると共に、前記実績データを用いて出力変数を予測するための回帰式モデルを作成し、作成した回帰式モデルのパラメータを影響係数として算出する影響係数算出部と、該影響係数算出部で算出した影響係数を考慮して前記実績データの出力変数について前記要求条件からの距離を演算する距離関数を定義して前記実績データの要求条件データからの距離を演算する距離演算部と、該距離演算部で演算した距離に基づいて要求条件データに対する近さを表す類似度を演算する類似度演算部とを備えていることを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載の焼結装置。

30

【請求項 5】

粉鉱石を含む原料に凝結材としてコークスを使用して焼成することにより塊成化して焼結鉱を形成し、所定粒度以下の焼結鉱を前記原料として返鉱するようにした焼結方法であって、

過去の事例毎の返鉱発生比を含む焼結処理に必要とする操業条件データを操業情報記憶手段に蓄積して記憶するステップと、前記操業情報記憶手段に記憶されている事例毎に、類似度演算手段で、前記操業条件データに対応する予測したい要求条件データと前記操業条件データとの距離を算出して類似度を演算するステップと、返鉱発生比予測手段で、前記類似度演算手段で演算された事例毎の類似度と、前記操業情報記憶手段に記憶されている前記各事例の操業条件データとに基づいて前記要求条件データに適合する返鉱発生比を予測するステップと、コークス比操作量指示手段で、前記返鉱発生比予測手段で予測した返鉱発生比とコークス比に基づいてコークス比操作量を指示するステップとを備えていることを特徴とする焼結方法。

40

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、粉鉱石を含む原料に凝結材としてコークスを使用して焼成することにより塊成化して焼結鉱を形成し、所定粒度以下の焼結鉱を前記原料として返鉱するようにした焼

50

結装置及び焼結方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、焼結機のF e O量の変動及び／又は歩留の変動を抑えて常に安定した制御を行なうことができることを目的として、焼結機への投入熱量を制御する焼結機投入熱量制御方法が提案されている（例えば、特許文献1参照）。

この特許文献1に記載の焼結機投入熱量制御方法は、焼結機に投入される原料の出熱量と焼結製品に含まれるF e O量との相関関係を表す第1の関係（F e O量 = A 1 × 出熱量 + B 1）及び／又は上記出熱量と製品の歩留との相関関係を表す第2の関係（歩留 = A 2 × 出熱量 + B 2）を予め求めておき、上記出熱量の実測値を上記第1の関係及び／又は第2の10
2の関係に適用することにより、上記F e O量及び／又は歩留の予測値を演算し、上記演算されたF e O量及び／又は歩留の予測値とその目標値との偏差に基づいて上記焼結機への投入熱量を制御するように構成されている。

【0003】

ここで、出熱量は下記の石灰石分解熱量と焼結頭熱件量と排ガス頭熱量との和で算出される。

石灰石分解熱量 = 石灰石量 × 1000 × 石灰石分解比熱 / （生産量 + 返鉱量）

焼結頭熱量 = 焼結比熱 × 1000 × クーラー入り口温度 × クーラー温度補正係数

排ガス頭熱 = 排ガス比熱 × プロア電流流量変換係数 × 1440 × プロア電流値 × E P 温度 / （生産量 + 返鉱量） 20

【特許文献1】特開平8 - 13047

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記特許文献1に記載の従来例にあっては、F e O量及び歩留の少なくとも一方を制御することができるものであるが、焼結プロセスでのC O₂の削減については全く考慮されていないものである。

一般に、焼結工場では、配合槽から切り出された粉鉱石、石灰、粉コークス、返鉱で構成される原料を混合し、ミキサーで造粒後、焼成することにより塊成化し、粒度5 ~ 75 mmの焼結鉱を製造している。粉鉱石とは粒度5 mm以下の鉄鉱石のことであり、粉鉱石 30
をそのまま高炉へ装入すると、通気障害により炉況を悪化させるため塊成化する。

【0005】

出来上がった焼結鉱のうち粒度が例えば5 mm以上の焼結鉱は成品として高炉に送られ、5 mm未満の焼結鉱は返鉱として原料配合槽に戻されて再利用される。

よって、焼結鉱の生産量は次式で求まる。

焼結鉱生産量[t] = 篩い分け前の焼結鉱[t] - 返鉱発生量[t] (1)

粉鉱石の塊成化において、凝結材としてコークスを使用し、焼結鉱に焼成することから、焼成プロセスでC O₂が発生する。したがって、焼結プロセスでのC O₂削減にはコークスの使用量削減が必要である。

【0006】

焼結工場における現状の操業方法は、オペレータが返鉱発生比の目安（例えば22%）に対して、過去の経験と現在の返鉱発生比をもとにフィードバックでコークス比を操作している。

コークス使用量を削減するためには、コークス原単位を下げる必要があり、コークス原単位とは焼結鉱1 t o nを製造するのに必要とするコークスの使用量のことで、次式で定義される。

コークス原単位 [kg/t・Sinter] = コークス使用料[kg] ÷ 焼結生産量[t・Sinter] (2)

【0007】

原料を切り出し、焼結鉱の篩い分けを行なうまで約2 ~ 3時間必要なため、操作量に対 50

する生産量が求まるまで無駄時間がある。そこで、入力 u をコークス使用量、出力 y_p を焼結生産量、無駄時間を L とすると下記の時間関数を定義できる。

$$y_p(t+L) = f(u(t)) \quad \dots\dots\dots (3)$$

この(3)式を用いて、コークス原単位 y_{co} は次式で表すことができる。

$$\begin{aligned} y_{co}(t+L) &= u(t) / y_p(t+L) \\ &= u(t) / f(u(t)) \quad \dots\dots\dots (4) \end{aligned}$$

よって、現在の操作量に対するコークス原単位を予測する必要がある。

【0008】

このため、従来、現在の操作量に対する返鉱発生比を、重回帰モデルを使用して予測することで、コークス原単位を求めることが考えられている。

そして、生産量の増減の影響を抑え、定量的に評価するための返鉱発生比とコークス比を使用している。ここで、返鉱発生比とコークス比は次式で定義される。

$$\text{返鉱発生比}[\%] = \text{返鉱発生量}[t] \div \text{篩い分け前の焼結鉱}[t] \times 100 \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{コークス比}[\%] = \text{コークス使用量}[t] \div \text{原料使用量}[t] \times 100 \quad \dots\dots\dots (6)$$

【0009】

このように、重回帰モデルを使用して返鉱発生比を予測することで、コークス原単位を削減するコークス比の操作量を決定する場合には、返鉱発生比に原料成分が大きく依存するため予測精度が悪いという未解決の課題がある。

特に、返鉱発生比を予測してコークス使用量を削減するには、以下の課題がある。

(1) コークス比と返鉱発生比の関係は非線形であり、無駄時間が存在する。

コークス比と返鉱発生比との関係は、図18に示すようにコークス比を増加すると、返鉱発生比は減少するが、ある範囲を超えるとコークス比を増加しても返鉱発生比が減少しない非線形な関係がある。また、無駄時間があるため、コークス比を操作してから返鉱発生比に影響がでるまで時間を必要とする。そのため、傾きが小さくなる範囲が目安付近にあると、現在のコークス比が適切か否かの判断が困難である。

【0010】

(2) コークス比と返鉱発生比の関係が原料により異なる。

原料の組み合わせは無限にあるため、実験的に関係式を全て求めることができない。そのため、現在のコークス比操作量に対する返鉱発生比の予測ができない。

そこで、本発明は、上記従来例の未解決の課題に着目してなされたものであり、原料の変化に応じて蓄積された実績データをもとに、返鉱発生比の予測精度を向上させて、コークス原単位を下げるコークス比を設定することができる焼結装置及び焼結方法を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記目的を達成するために、請求項1に係る焼結装置は、粉鉱石を含む原料に凝結材としてコークスを使用して焼成することにより塊成化して焼結鉱を形成し、所定粒度以下の焼結鉱を前記原料として返鉱するようにした焼結装置であって、過去の事例毎の返鉱発生比を含む焼結処理に必要とする操業条件データを蓄積して記憶する操業情報記憶手段と、該操業情報記憶手段に記憶されている事例に基づいて返鉱の発生比を予測する返鉱発生比予測手段と、該返鉱発生比予測手段で予測した返鉱発生比とコークス比とに基づいてコークス比操作量を指示するコークス比操作量指示手段とを備えていることを特徴としている。

【0012】

また、請求項2に係る焼結装置は、請求項1に係る発明において、前記返鉱発生比予測手段は、前記操業情報記憶手段に記憶されている事例毎に、前記操業条件データに対応する予測したい要求条件データと前記操業条件データとの距離を算出して類似度を演算する類似度演算手段と、該類似度演算手段で演算された事例毎の類似度と、前記操業情報記憶手段に記憶されている前記各事例の操業条件データとに基づいて前記要求条件データに適合する返鉱発生比予測値を演算する返鉱発生比演算手段とを備えていることを特徴として

いる。

さらに、請求項 3 に係る焼結装置は、請求項 2 に係る発明において、前記焼結処理に必要とする操業条件データとして、少なくとも M ガス流量、パレット速度、焼結の完了点、石灰比、コークス比、原料科学成分、平均粒径を設定したことを特徴としている。

【0013】

さらにまた、請求項 4 に係る焼結装置は、請求項 2 又は 3 に係る発明において、前記操業情報記憶手段は、前記返鉱発生比を出力変数とし、前記焼結処理に必要とする操業条件データを入力変数とする複数の実績データを事例毎にテーブルとして格納し、前記類似度演算手段は、結果を予測したい前記入力変数に対応する要求条件データを設定すると共に、前記実績データを用いて出力変数を予測するための回帰式モデルを作成し、作成した回帰式モデルのパラメータを影響係数として算出する影響係数算出部と、該影響係数算出部で算出した影響係数を考慮して前記実績データの出力変数について前記要求条件からの距離を演算する距離関数を定義して前記実績データの要求条件データからの距離を演算する距離演算部と、該距離演算部で演算した距離に基づいて要求条件データに対する近さを表す類似度を演算する類似度演算部とを備えていることを特徴としている。

10

【0014】

なおさらに、請求項 5 に係る焼結方法は、粉鉱石を含む原料に凝結材としてコークスを使用して焼成することにより塊成化して焼結鉱を形成し、所定粒度以下の焼結鉱を前記原料として返鉱するようにした焼結方法であって、過去の事例毎の返鉱発生比を含む焼結処理に必要とする操業条件データを操業情報記憶手段に蓄積して記憶するステップと、前記操業情報記憶手段に記憶されている事例毎に、類似度演算手段で、前記操業条件データに対応する予測したい要求条件データと前記操業条件データとの距離を算出して類似度を演算するステップと、返鉱発生比予測手段で、前記類似度演算手段で演算された事例毎の類似度と、前記操業情報記憶手段に記憶されている前記各事例の操業条件データとに基づいて前記要求条件データに適合する返鉱発生比を予測するステップと、コークス比操作量指示手段で、前記返鉱発生比予測手段で予測した返鉱発生比とコークス比に基づいてコークス比操作量を指示するステップとを備えていることを特徴としている。

20

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、過去の事例毎に返鉱発生比を含む焼結処理に必要とする操業条件データを操業情報記憶手段に蓄積して記憶し、この操業情報記憶手段に記憶されている事例毎の操業条件データに基づいて返鉱発生比予測手段で返鉱発生比を予測し、予測した返鉱発生比とコークス比とに基づいてコークス比操作量指示手段でコークス比操作量を指示するので、原料の変化に応じて蓄積された実績データをもとに、返鉱発生比の予測精度を向上させて、コークス原単位を下げるコークス比を正確に指示することができるという効果を有する。

30

【0016】

また、返鉱発生比予測手段が、操業情報記憶手段に記憶されている事例毎に、前記操業条件データに対応する予測したい要求条件データと前記操業条件データとの距離を算出して類似度を演算する類似度演算手段と、該類似度演算手段で演算された事例毎の類似度と、前記操業情報記憶手段に記憶されている前記各事例の操業条件データとに基づいて前記要求条件データに適合する返鉱発生比を演算する返鉱発生比演算手段とを備えているので、操業条件データでなる実績データをもとに、予測したい要求条件データが生じる毎に、各事例の操業条件データと要求条件データとの距離を算出して類似度を演算し、演算した類似度と各事例の操業条件とに基づいて返鉱発生比を予測演算することができ、返鉱発生比の予測演算精度を向上させることができるという効果が得られる。

40

ここで、焼結処理に必要とする操業条件データとしては、少なくとも M ガス流量、パレット速度、焼結の完了点、石灰比、コークス比、原料科学成分、平均粒径を設定することが好ましい。

【発明を実施するための最良の形態】

50

【 0 0 1 7 】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

図 1 は、本発明を適用し得る焼結装置を示す全体構成図である。

図中、1 は製鉄所に入荷した 1 種以上の塊鉱石をサイジング装置 2 によって破碎し、篩分けして 6 ~ 3 0 mm に整粒する。

そして、整粒した塊鉱石 3 を床敷配合槽 4 に一旦貯留してから焼結機 5 の床敷ホッパー 6 に装入し、床敷ホッパー 6 から切り出してパレット 7 のグレート上に床敷層を形成させる。

【 0 0 1 8 】

一方、床敷ホッパー 6 と並設された焼結原料ホッパー 1 0 内には焼結原料 1 1 が装入されている。この焼結原料 1 1 は、製鉄所に入荷した 2 種以上の粉鉱石を複数の層に山積みしてから払い出すヤードブレンディングによって混合した主原料、石灰石、生石灰等の副原料、粉コークス及び返鉱等で構成されている。これら主原料、副原料、粉コークス及び返鉱はそれぞれ主原料ホッパー 1 2 m、副原料ホッパー 1 2 s、粉コークスホッパー 1 2 c、返鉱ホッパー 1 2 b に貯留され、これらホッパー 1 2 m、1 2 s、1 2 c 及び 1 2 b から個々に予め設定された切り出し量で定量切り出しされて配合部 1 2 で配合され、混合・造粒工程 1 3 で疑似粒子状に調整される。この疑似粒子状に調整された焼結原料 1 1 を床敷層の上に充填装入して焼結原料層を形成する。

10

【 0 0 1 9 】

そして、形成された焼結原料層は、焼結機 5 で乾燥・加熱、溶融反応及び焼結反応を経て焼成する。焼成された焼結ケーキ 1 5 は焼結機 5 から排鉱され、クーラー 1 6 で冷却され、そして整粒工程 1 7 に受け渡される。

20

整粒工程 1 7 では、冷却された焼結ケーキ 1 5 を目開き 9 0 mm 程度の篩い 1 8 で篩い分けし、篩い上の焼結鉱を破碎機 1 9 で破碎し、破碎された焼結鉱及び篩い下の 9 0 mm 以下の焼結鉱を例えば目開き 4 mm の篩い 2 0 で篩い分けし、4 mm 以上の焼結鉱を成品焼結鉱 2 1 として、高炉 2 2 に供給する。一方、4 mm 未満の焼結鉱は返鉱 2 3 として返鉱ホッパー 1 2 b に供給される。

【 0 0 2 0 】

また、焼結機 5 では、下部側に焼結原料 1 1 の搬送方向に沿って複数個の風箱 2 4 が配設され、これら風箱 2 4 が主排気ダクト 2 5 を介して乾式の電気集塵機 2 6 に接続され、この電気集塵機 2 6 の出側に主排風装置 2 7 が接続されている。

30

そして、粉コークスホッパー 1 2 c から切り出される粉コークス量が以下に説明するコークス比操作量指示手段としてのコークス比操作量指示装置 3 0 で指示される。

【 0 0 2 1 】

このコークス比操作量指示装置 3 0 は、情報処理装置 3 1 と、過去の事例における実績データが蓄積されたテーブルを有する操業情報記憶手段としての操業実績データベース 3 2 とを備えている。

ここで、情報処理装置 3 1 は、システムバス 3 1 a に接続された CPU 3 1 b、ROM 3 1 c、RAM 3 1 d 及びインタフェース回路 3 1 e を備えている。そして、インタフェース回路 3 1 e に、操業実績データベース 3 2、キーボード、マウス等の入力装置 3 3 及び液晶ディスプレイ等の表示装置 3 4 が接続されている。

40

【 0 0 2 2 】

また、操業実績データベース 3 2 は、実績データとして、過去の事例におけるクーラー 1 6 のクーラー排気温度、焼結機 5 の風箱 2 4 の負圧、通気抵抗、主排風装置 2 7 の主排風温度、焼結機 5 に供給される M ガス流量、焼結機 5 のパレット速度、焼結の完了点、返鉱比（対主原料）、添加水量、石灰比（対主原料）、コークス比、原料化学成分（結晶水）、原料化学成分（ Al_2O_3 ）、原料化学成分（ SiO_2 ）、原料化学成分（ K_2O ）、原料化学成分（ Na_2O ）、原料粒度分布（0.125 mm 以上 0.25 mm 未満）、原料粒度分布（0.062 mm 以上 0.125 mm 未満）、粒度分布（0.062 mm 未満）、平均粒径（原料）等の焼結処理に必要とする操業条件データが設定されている。こ

50

の操業条件データのうち、必須の操業条件データとしては、Mガス流量、パレット速度、焼結の完了点、返鉱比（対主原料）、石灰比（対主原料）、コークス比、原料化学成分（結晶水）及び平均粒径（原料）である。

そして、情報処理装置31は、そのCPU31bで、操業実績データベース32に格納されている各事例における操業条件データと、今回の操業条件データに対応する要求条件データとに基づいて焼結開始時点から例えば2時間後の焼結ケーキ生成時の返鉱発生比予測値を予測する返鉱発生比予測処理を実行する。

【0023】

この情報処理装置32を機能ブロック図で表すと、図3に示すようになる。すなわち、過去に適用した事例の操業条件データと、その操業条件データによって得られた結果であるコークス比予測値が操業実績データベース32に蓄積されて記憶されているので、この操業実績データベース32に保存されている操業条件データ及び返鉱発生比予測値により規定される条件空間において、返鉱発生比を予測したい要求条件データを設定し、設定した要求条件データの近傍における各操業条件データが、結果である返鉱発生比予測値に対して影響する程度を表わす影響係数を算出する影響係数算出部41と、得られた影響係数に基づいて、条件空間の軸を変換し、変換された条件空間において、操業実績データベース32に保存されている過去の事例毎の操業条件データの実績値と前記要求条件データとの距離を計算する距離演算部42と、得られた距離に基づいて、各操業条件データの実績値と要求条件データとの類似度を計算する類似度演算部43と、得られた類似度に基づいて、要求条件データ近傍の予測式を作成し、得られた予測式に基づいて、要求条件データに対する結果である焼結原料焼結開始時点から例えば2時間後の焼結ケーキ生成時の返鉱発生比予測値を予測する返鉱発生比予測手段としての返鉱発生比予測部44と、予測された返鉱発生比予測値とコークス比とに基づいてコークス比操作量を指示するコークス比操作量指示手段としてのコークス比操作量指示部45とを備えている。

【0024】

以下、返鉱発生比予測処理及びコークス比操作量指示処理について説明する。

操業実績データベース32には、実績データとして、過去に適用された操業条件データであるM（=20）個の入力変数（クーラー排気温度（ X_1 ）、風箱負圧（ X_2 ）、通気抵抗（ X_3 ）、主排風温度（ X_4 ）、Mガス流量（ X_5 ）、パレット速度（ X_6 ）、焼結の完了点（ x_7 ）、返鉱比（対主原料）（ X_8 ）、添加水量（ X_9 ）、石灰比（対主原料）（ X_{10} ）、コークス比（ X_{11} ）、原料化学成分（結晶水）（ X_{12} ）、原料化学成分（ Al_2O_3 ）（ X_{13} ）、原料化学成分（ SiO_2 ）（ X_{14} ）、原料化学成分（ K_2O ）（ X_{15} ）、原料化学成分（ Na_2O ）（ X_{16} ）、原料粒度分布（0.125mm以上0.25mm未満）（ X_{17} ）、原料粒度分布（0.062mm以上0.125mm未満）（ X_{18} ）、粒度分布（0.062mm未満）（ X_{19} ）、平均粒径（原料）（ X_{20} ）と、これらの入力変数の組合せにより得られた（実績された）結果である返鉱発生比予測値を表す出力変数（Y）からなるN個の事例の実績データが、予め保存されているが、ここでは、一般化して、図4に示すように、出力変数の項目名称をY、M個の入力変数の項目名称を X_m （ $m=1, 2, \dots, M$ ）とする。操業実績データはN個あり、n番目（ $n=1, 2, \dots, N$ ）の出力変数の値を y^n とし、入力変数の値を x_m^n と表記することにする。

【0025】

影響係数算出部41では、図4に示したM個の入力変数により規定される条件空間において、要求条件の近傍に位置する各条件について、過去に得られている結果に対する影響係数を算出する。ここでは、結果を予測したい要求条件を入力ベクトルとし、これを

$$x^r = [x_1^r, x_2^r, \dots, x_M^r]^T \dots (1)$$

で表記する。

【0026】

まず、大域的な回帰式のパラメータを推定する。即ち、図4で、与えられたN個の実績データを用いて、結果（Y）を予測するための回帰式モデルを作成し、該回帰式のパラメ

ータを推定する。

モデル式は次の線形式

$$Y = b + a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 + \dots + a_M \cdot X_M \dots (2)$$

とし、この回帰式のパラメータ： $b, a_1, a_2, \dots, a_M$ を最小2乗法により求める。

【0027】

このパラメータから定数 b を除いて係数のみを抽出した次式の偏回帰係数ベクトル

$$\alpha = [a_1, a_2, \dots, a_M]^T \dots (3)$$

を、次に説明する距離演算に用いる影響係数とする。

前記距離演算部42では、各実績データの入力変数について、前記要求条件からの距離計算を行なう。そのために、まず入力空間（条件空間）のある点 $x = [x_1, x_2, \dots, x_M]^T$ に対する、前記(1)式の要求条件データ x^r からの距離 L を計算するための距離関数を、前記(3)式の影響係数を考慮した次式により定義する。

10

【0028】

【数1】

$$L(x, x^r, \alpha) = \sum_{m=1}^M |a_m| \cdot |x_m - x_m^r| \dots (4)$$

【0029】

この(4)式では、各変数と要求条件との差の絶対値に、それぞれ影響係数 a_m の絶対値を掛けたものを、全ての変数について足し合わせる処理を行なっている。

20

前記(3)式で与えられる偏回帰係数（影響係数） a_m は、出力変数 Y の変化量に対する各入力変数 X_m の寄与度と考えることができる。従って、上記(4)式の距離関数は、その寄与度を加味した重み付きの距離を表わしていることになる。

【0030】

又、この距離関数により距離を演算することは、同時にこの影響係数により条件空間における軸変換の操作を実行していることになる。これを、便宜上、 X_1, X_2 の2次元に対する出力変数 Y の場合の実績データの空間におけるデータ分布のイメージが、図5(a)に破線で囲んだ点で示すようであり、このデータ分布における要求条件近傍の回帰式が、

30

$$Y = b + a_1 X_1 + a_2 X_2 \dots (2')$$

で表わされるとすると、同図(b)に示すように、影響係数 a_1, a_2 を用いて軸を $X_1 / |a_1|, X_2 / |a_2|$ に変換し、この軸変換された空間における x と x^r との距離 L を計算していることになる。因みに、正規化ユークリッド距離の場合は、各変数に対応する条件軸をそれぞれのデータ分布の標準偏差で割っているが、ここでは係数で割っている。

【0031】

次いで、前記(4)式で定義した距離関数を用いて、各操業実績データの要求条件データからの距離を演算する。即ち、図4に示した N 個の操業実績データのそれぞれについて、要求条件データ x^r からの距離を求める。

40

具体的には、 n 番目 ($n = 1, 2, \dots, N$) の実績データ x^n の要求条件データ x^r からの距離は、次の式

$$L^n = L(x^n, x^r, \alpha) \dots (5)$$

ここで、 $x^n = [x_1^n, x_2^n, \dots, x_M^n]^T$

$$n = 1, 2, \dots, N$$

から求めることができる。

【0032】

又、1～ N 番目の実績データについて計算された要求条件からの各距離をまとめて次式 $1 = [L^1, L^2, \dots, L^N]^T \dots (6)$ のように表記する。

50

類似度演算部 43 では、以上のように、対象とする全ての実績データについて、要求条件からの距離計算を実行した後、各実績データの要求条件からの類似度を計算する。そのために、まず要求条件からの近さを表わす類似度関数 W を、次式

$$W(L, p, l) = \exp \{ - (L / (p \cdot \sigma(l)))^2 \} \dots (7)$$

ここで、 $\sigma(l)$: 正規化に使用する l の標準偏差

p : 調整パラメータ (初期値 : 1.5)

のように定義する。

【0033】

図 6 には、この類似度関数の特徴を示す。即ち、前記 (5) 式により得られる各実績データの要求条件からの距離が短いほど類似度が高く、長いほど低い値をとる。なお、類似度関数はこれに限定されず、同様の特徴を持つ、例えば折れ線関数としても、あるいは、文献 (William S. Cleveland and Susan J. Devlin; Locally Weighted Regression: An approach to Regression Analysis by Local Fitting, Journal of the American Statistical Association, Vol. 83, No. 403, September 1988.) に記載されているトリキューブ関数を用いてもよい。

【0034】

次に、上記のように定義した類似度関数を用いて、各実績データの要求条件からの類似度を計算する。即ち、図 4 の N 個の実績データそれぞれについて、前記 (5) 式により計算された距離を用いて要求条件からの類似度を求める。

n 番目 ($n = 1, 2, \dots, N$) の実績データの要求条件からの類似度は、次の式

$$W^n = W(L^n, p, l) \dots (8)$$

($n = 1, 2, \dots, N$)

から求めることができる。

【0035】

又、ここでは、1 ~ N 番目の実績データの要求条件からの類似度を求めて次式

$$w = [W^1, W^2, \dots, W^N]^T \dots (9)$$

のように表記する。

また、返鉱発生比予測部 24 では、類似度演算部 43 で、上記のように全ての実績データについて要求条件からの類似度の計算が終了した後、局所回帰式のパラメータを推定計算し、与えられた N 個の実績データと、それぞれの類似度 w を用いて、回帰式モデルを作成する。

【0036】

そのモデル式は、次の線形式

$$Y = b + a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 + \dots + a_M \cdot X_M \dots (10)$$

とする。この式が、要求条件の結果を予測するために使用する最終的な予測式である。

便宜上、この予測式 (10) は、前記 (2) 式の線形式と同一式で表わされているが、この (10) 式では、パラメータ $\theta = [b, a_1, a_2, \dots, a_M]^T$ を、類似度 w を重みとする重み付き最小 2 乗法により求める。

【0037】

このようにすることにより、類似度の大きい実績データ (要求点 (条件) に近いデータ) は、重みが大きく、類似度の小さい実績データ (要求点から遠いデータ) は、重みが小さくなるような回帰式が得られ、要求条件の近傍のデータをより精度良くフィッティングする回帰式モデルができる。

ここに、(10) 式の局所回帰式と前述した (2) 式の大域的な回帰式との差異を説明する。局所回帰式と大域的な回帰式は、いずれも操業実績データベース 13 に蓄積されているすべての実績データを用いて、パラメータを最小 2 乗法を用いて推定することにより求めるが、大域的回帰式 (2) は、すべての実績データの重みを等しくして、最小 2 乗法によりパラメータを推定しているため、どの要求条件においても、パラメータは同じ値に

10

20

30

40

50

なり、製造条件空間すべてにおいて共通な、即ち大域的に使用できる回帰式である。

【 0 0 3 8 】

これに対し、局所回帰式 (1 0) は、要求条件に近い実績データの重みを大きくして、遠い実績データの重みを小さくして、最小 2 乗法によりパラメータを推定しているため、要求条件の値によって、パラメータの値は異なり、局所的にしか使用できない (有効でない) が、精度の高い回帰式である。

また、パラメータ θ の推定方法としては、モデル化誤差を e 、類似度を Λ 、入力値を Ω 、出力値を y としたとき下記で表される評価関数 J を定義する。

$$J = e^T \Lambda e$$

$$= [y - \Omega \theta]^T \Lambda [y - \Omega \theta] \quad \dots \dots (11)$$

10

この (1 1) 式で表される 2 次計画問題を解いてモデル化誤差 e を最小化するパラメータ θ を決定するようにしてもよい。

【 0 0 3 9 】

そして、決定されたパラメータ θ 、入力値 Ω 及び類似度 Λ に基づいて下記予測式

$$y = \Omega \theta + e \quad \dots \dots (12)$$

で出力値となる返鉱発生比予測値 y を算出する。

ここで、パラメータ $\theta = [b, a_1, a_2, \dots, a_M]^T$

$$\text{モデル化誤差 } e = [e^1, e^2, \dots, e^N]$$

$$\text{出力値 } y = [y^1, y^2, \dots, y^N]$$

【 0 0 4 0 】

20

【 数 2 】

$$\Omega = \begin{bmatrix} 1 & x_1^1 & x_2^1 & \dots, & x_M^1 \\ 1 & x_1^2 & x_2^2 & \dots, & x_M^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1 & x_1^N & x_2^N & \dots, & x_M^N \end{bmatrix} \quad \Lambda = \begin{bmatrix} W^1 & 0 & 0 \\ 0 & W^2 & 0 \\ & & \ddots \\ 0 & 0 & W^N \end{bmatrix}$$

入力値

類似度

30

【 0 0 4 1 】

以上の返鉱発生比予測処理をフローチャートで表すと、図 7 に示すようになる。

すなわち、先ず、ステップ S 1 で、入力装置 3 3 から前記 (1) 式で表される要求条件データが入力されたか否かを判定し、要求条件データが入力されていないときにはこれが入力されるまで待機し、要求条件データが入力されたときには、ステップ S 2 に移行して、操業実績データベース 3 2 から図 4 に示す操業実績データを読む。

【 0 0 4 2 】

次いで、ステップ S 3 に移行して、前記 (2) 式で表される回帰式モデルを作成し、作成した回帰式モデルのパラメータから定数 b を除いて係数のみを抽出した前記 (3) 式の偏回帰整数ベクトルを影響係数として設定する。

40

次いで、ステップ S 4 に移行して、算出した影響係数を考慮した前記 (4) 式の距離関数を定義し、前記 (6) 式で表される各事例の実績データの要求条件データからの距離 $l = [l^1, l^2, \dots, l^N]^T$ を演算する。

【 0 0 4 3 】

次いで、ステップ S 5 に移行して、演算した距離 l に基づいて要求条件データからの近さを表す類似度関数 W を前記 (7) 式で定義し、前記 (6) 式により得られる距離を用いて、要求条件データから前記 (8) 式の演算を行って前記 (9) 式で表される類似度 w を求める。

次いで、ステップ S 6 に移行して、与えられた N 個の実績データと、夫々の類似度 w と

50

を用いて (1 0) 式の回帰式モデルを作成し、パラメータ θ を、類似度 w を重み係数とする重み付き最小 2 乗法により求めるか又は前記 (1 1) 式の 2 次計画問題を解いてモデル化誤差 e を最小化するパラメータ θ を決定する。

【 0 0 4 4 】

次いで、ステップ S 7 に移行して、決定されたパラメータ θ と前記 (1) 式で表される要求条件データとを前記 (1 0) 式の右辺に与えて結果出力値 y としての返鉱発生比予測値を算出するか又は前記 (1 2) 式の予測式の右辺に入力値 Ω 、パラメータ θ 及びモデル化誤差 e を代入して結果出力値としての返鉱発生比予測値を算出する。

次いで、ステップ S 8 に移行して、予測した返鉱発生比予測値とコークス比とに基づいてコークス比操作量を算出し、次いでステップ S 9 に移行して、算出したコークス比操作量を表示装置 3 4 に表示してオペレータに指示する。

10

【 0 0 4 5 】

ここで、ステップ S 8 におけるコークス操作量算出処理は、前述したステップ S 7 で算出した返鉱発生比予測値と設定したコークス比とから局所回帰式を用いて図 8 に示すコークス比 - 返鉱発生比の関係式 ($y = - a x + b$) を算出する。

一方、焼結生産量の下限值から返鉱発生比 BR の上限値 BR_u を求め、この上限値 BR_u の下側に、所定値 W だけ離れた閾値 BR_t を設定して、これら上限値 BR_u 及び閾値 BR_t 間でコークス比操作量を変更しない許容領域 A_a を設定している。また、上限値 BR_u より上側に、返鉱発生比を減少操作する返鉱発生比減少操作領域 A_{bd} を設定し、閾値 BR_t より下側に、コークス原単位を減少操作するコークス原単位減少操作領域 A_{cd} を設定する。

20

【 0 0 4 6 】

この図 8 に示すコークス比 - 返鉱発生比の関係式及び上限値 BR_u 、閾値 BR_t で表される特性線図がガイダンス算出マップとして $RAM\ 3\ 1\ d$ に記憶される。

そして、ステップ S 7 で算出した焼結原料投入開始時点から例えば 2 時間後の焼結ケーキ生成時の返鉱発生比予測値に基づいて図 8 にガイダンス算出マップを参照して、コークス比操作量を算出する。

【 0 0 4 7 】

このコークス比操作量算出処理は、図 9 に示すように、先ず、ステップ S 1 1 で、現在のコークス比 CR_p 及び返鉱発生比予測値 BR_p を読み込み、次いでステップ S 1 2 に移行して、読込んだコークス比 CR_p 及び返鉱発生比予測値 BR_p をもとに図 8 に示すガイダンス算出マップを参照して、コークス比 CR_p 及び返鉱発生比予測値 BR_p 及びコークス比 RC_p で表される点 (CR_p, BR_p) が許容領域 A_a に存在するか否かを判定する。

30

このステップ S 1 2 の判定結果が、点 (CR_p, BR_p) が許容領域 A_a に存在する場合には、現在のコークス比 CR_p を操作する必要がないものと判断してガイダンスを行なうことなく前記ステップ S 1 1 に戻る。

【 0 0 4 8 】

また、ステップ S 1 2 の判定結果が、点 (CR_p, BR_p) が許容領域 A_a に存在しない場合には、ステップ S 1 3 に移行して、点 (CR_p, BR_p) が返鉱発生比減少操作領域 A_{bd} に存在するか否かを判定する。

40

このステップ S 1 3 の判定結果が、点 (CR_p, BR_p) が返鉱発生比減少操作領域 A_{bd} に存在する場合には、ステップ S 1 4 に移行して、現在のコークス比 CR_p [%] に増加量 0.1 [%] を加算した値を新たなコークス比 CR_p として設定し、これを $RAM\ 3\ 1\ d$ の所定記憶領域に一次記憶する。

【 0 0 4 9 】

次いでステップ S 1 5 に移行して、算出した新たなコークス比 CR_p に基づいて新たな返鉱発生比予測値 BR_p を算出し、次いでステップ S 1 6 に移行して、算出した新たな返鉱発生比予測値 BR_p が上限値 BR_u 以上であるか否かを判定し、 $BR_p < BR_u$ であるときには、ステップ S 1 7 に移行して、現在のコークス比 CR_p をガイダンス情報として表示装置 3 4 に出力して表示させてから前記ステップ S 1 1 に戻る。

50

【 0 0 5 0 】

一方、前記ステップ S 1 6 の判定結果が、 $BR_p \leq BR_u$ であるときには、ステップ S 1 8 に移行して、コークス比増加量 ΔCR を下記 (1 3) 式に基づいて算出する。

$$\Delta CR = (BR_u - BR_p) / a \quad \dots \dots \dots (13)$$

ここで、 a は図 8 に示すコークス比 - 返鉱発生比関係式の傾きである。

次いで、ステップ S 1 9 に移行して、算出したコークス比増加量 ΔCR を現在のコークス比 CR_p に加算した値を新たなコークス比 CR_p として RAM 3 1 d の所定記憶領域に更新記憶してから前記ステップ S 1 7 に移行する。

【 0 0 5 1 】

一方、前記ステップ S 1 3 の判定結果が、点 (CR_p, BR_p) が返鉱発生比減少操作領域 A b d ではないときには、点 (CR_p, BR_p) がコークス原単位減少領域に存在するものと判断してステップ S 2 0 へ移行し、コークス原単位減少操作処理が実行される。

このコークス原単位減少操作処理は、図 1 0 に示すように、ステップ S 3 0 でコークス比 - 返鉱発生比関係式からパレット速度を一定として図 1 1 に示すコークス比 - 生産量関係式を求め、次いでステップ S 3 1 に移行して、コークス比 - 生産量関係式から現在の操業点を 0 としたコークス比 - 生産ロス の関係式を算出する。

【 0 0 5 2 】

次いで、ステップ S 3 2 に移行して、次式で表される生産ロス の金額への換算式を使用して図 1 2 に示す金額ベースの生産ロスを算出する。

$$\text{生産ロス}[\text{円}] = (\text{購入焼結鉱価格}[\text{円/t} \cdot \text{Sinter}] - \text{自社製造焼結鉱価格}[\text{円/t} \cdot \text{inter}])$$

$$\times \text{生産量の減少分}[\text{t}] \quad \dots \dots \dots (14)$$

次いで、ステップ S 3 3 に移行して、コークス比を下げた場合のコークス削減量からコークス削減メリットの関係式を求め、このコークス削減メリットの関係式を次式で表されるコークス削減メリットの金額への換算式を使用して図 1 2 に示す金額ベースのコークス削減メリットを算出する。

$$\begin{aligned} \text{コークス削減メリット}[\text{円}] = & (\text{コークス単価}[\text{円/t}] + \text{CO}_2 \text{ 単価}[\text{円/t}] \\ & \times \text{コークス CO}_2 \text{ 換算係数}[\text{kg} \cdot \text{CO}_2/\text{kg}]) \\ & \times \text{コークス削減量}[\text{t}] \quad \dots \dots \dots (15) \end{aligned}$$

【 0 0 5 3 】

次いで、ステップ S 3 4 に移行して、図 1 2 に示すように算出した生産ロス及びコークス削減量の和をトータルメリットとして算出し、次いでステップ S 3 5 に移行して、算出したトータルメリットのメリット方向即ち金額 0 より正值となる方向がコークス比減少方向であるか否かを判定し、コークス比減少方向であるときにはステップ S 3 6 に移行する。

このステップ S 3 6 では、現在のコークス比 CR_p から所定値 0 . 1 を減算した値を新たなコークス比 $CR_p (= CR_p + 0 . 1)$ として算出し、この新たなコークス比 CR_p を RAM 3 1 d の所定記憶領域に更新記憶する。

【 0 0 5 4 】

次いで、ステップ S 3 7 に移行して、算出した新たな鉱柄比 CR に基づいて新たな返鉱発生比予測値 BR_p を算出し、次いでステップ S 3 8 に移行して、新たな返鉱発生比予測値 BR_p が上限値 BR_u 以上であるか否かを判定し、 $BR_p \leq BR_u$ であるときにはステップ S 3 9 に移行して、前記ステップ S 1 8 と同様に前記 (1 3) 式に基づいてコークス減少量 ΔCR を算出し、次いでステップ S 4 0 に移行して、現在のコークス比 CR_p から算出したコークス減少量 ΔCR を減算した値を新たなコークス比 CR_p とし、算出した新たなコークス比 CR_p を RAM 3 1 d の所定記憶領域に更新記憶してから図 9 の前記ステップ S 1 7 に移行する。

また、前記ステップ S 3 8 の判定結果が、 $BR_p < BR_u$ であるときにはそのまま図 9 の前記ステップ S 1 7 に移行する。

【 0 0 5 5 】

10

20

30

40

50

一方、前記ステップS 3 5の判定結果が、トータルメリットのメリット方向がコークス比減少方向ではないときにはステップS 4 1に移行して、トータルメリットのメリット方向がコークス比増加方向であるときには、ステップS 4 2に移行する。

このステップS 4 2では、前述した図9のステップS 1 4と同様に現在のコークス比C R pに所定値0 . 1を加算した値を新たなコークス比C R pとして算出し、算出した新たなコークス比C R pをR A M 3 1 dの所定記憶領域に更新記憶してから図9の前記ステップS 1 7に移行する。

【0056】

さらに、上記ステップS 4 1の判定結果がトータルメリットのメリット方向がコークス増加方向やコークス減少方向ではなくメリットが無い場合には、ガイダンスを行なう必要がないものとして前記ステップS 1 1に戻る。

ここで、コークス比C R pを増減する場合の所定値を ± 0.1 に設定する理由は、図13に示すように、コークス比 - 返鉱発生比関係式は局所回帰式であり、現在の操業点から大きくずれ、且つデータが無い範囲では誤差が大きく誤ったガイダンスを出してしまうことが考えられるため、コークス比C R pの変化量を $\pm 0.1\%$ の小さい値に設定している。

なお、図6の処理において、ステップS 1 ~ S 5の処理が類似度演算手段に対応し、ステップS 6 ~ ステップS 9の処理が返鉱発生比演算手段に対応している。また、図9及び図10の処理がコークス比操作量指示手段に対応している。

【0057】

次に、上記実施形態の動作を説明する。

今、操業実績データベース32に過去のN個の事例における返鉱発生比予測値（出力変数 y ）と20個の入力変数[クーラー排気温度(X_1)、風箱負圧(X_2)、通気抵抗(X_3)、主排風温度(X_4)、Mガス流量(X_5)、パレット速度(X_6)、焼結の完了点(x_7)、返鉱比(対主原料)(X_8)、添加水量(X_9)、石灰比(対主原料)(X_{10})、コークス比(X_{11})、原料化学成分(結晶水)(X_{12})、原料化学成分(Al_2O_3)(X_{13})、原料化学成分(SiO_2)(X_{14})、原料化学成分(K_2O)(X_{15})、原料化学成分(Na_2O)(X_{16})、原料粒度分布(0.125mm以上0.25mm未満)(X_{17})、原料粒度分布(0.062mm以上0.125mm未満)(X_{18})、粒度分布(0.062mm未満)(X_{19})、平均粒径(原料)(X_{20})]とが図4に示すようにテーブル化されて格納されているものとする。

【0058】

この状態で、オペレータが入力装置33を操作して、入力変数に対応する今回の要求条件データ x^r として、クーラー排気温度(X_1^r)、風箱負圧(X_2^r)、通気抵抗(X_3^r)、主排風温度(X_4^r)、Mガス流量(X_5^r)、パレット速度(X_6^r)、焼結の完了点(x_7^r)、返鉱比(対主原料)(X_8^r)、添加水量(X_9^r)、石灰比(対主原料)(X_{10}^r)、コークス比(X_{11}^r)、原料化学成分(結晶水)(X_{12}^r)、原料化学成分(Al_2O_3)(X_{13}^r)、原料化学成分(SiO_2)(X_{14}^r)、原料化学成分(K_2O)(X_{15}^r)、原料化学成分(Na_2O)(X_{16}^r)、原料粒度分布(0.125mm以上0.25mm未満)(X_{17}^r)、原料粒度分布(0.062mm以上0.125mm未満)(X_{18}^r)、粒度分布(0.062mm未満)(X_{19}^r)、平均粒径(原料)(X_{20}^r)を情報処理装置31に入力する。

このように、情報処理装置31に要求条件データ x^r が入力されると、図7に示す返鉱発生比予測処理で、ステップS 2に移行し、操業実績データベースから各事例の操業実績データを読み込む。

【0059】

次いで、読み込んだ各事例の操業実績データに基づいて前記(2)式で表される線形回帰式モデルを作成し、作成した線形回帰式モデルのパラメータから定数 b を除いて係数のみを抽出した前記(3)式で表される偏回帰整数ベクトルを影響係数として設定する(ステップS 3)。

10

20

30

40

50

次いで、算出した影響係数を考慮した前記(4)式の距離関数を定義し、実績データの要求条件データからの距離 l を演算する(ステップS4)。

【0060】

次いで、演算した距離に基づいて要求条件データからの近さを表す類似度関数 W を前記(7)式で定義し、要求条件データから前記(8)式の演算を行って前記(9)式で表される類似度 w を求める(ステップS5)。

次いで、ステップS2で読込んだ N 個の実施席データと、それぞれの類似度 w とを用いて前記(10)式の回帰式モデルを作成し、パラメータ θ ($= [b, a_1, a_2, \dots, a_m]^T$)を、類似度 w を重みとする重み付き最小2乗法により求めるか又は前記(11)式の2次計画問題を解いてモデル化誤差 e を最小化するパラメータ θ を設定する(ステップS6)。

10

【0061】

次いで、決定されたパラメータ θ と前記(1)式で表される要求条件データとを前記(10)式の右辺に与えて結果出力値としてのフラックス投入量(y)を算出するか又は前記(12)式の予測式の右辺に入力値 Ω 、パラメータ θ 及びモデル化誤差 e を代入して結果出力値(y)としての無駄時間(例えば2時間)後の返鉱発生比予測値 BR_p を算出する(ステップS7)。

【0062】

次いで、算出された返鉱発生比予測値 BR_p と設定された現在のコークス比 CR_p とに基づいてコークス比操作量を算出し(ステップS8)、算出したコークス比操作量を表示装置34へ表示する。

20

このとき、コークス比操作量算出処理では、算出した返鉱発生比予測値と設定したコークス比とから局所回帰式を用いて図8に示すコークス比-返鉱発生比の関係式($y = -ax + b$)を算出する。

【0063】

一方、焼結生産量の下限值から返鉱発生比 BR の上限値 BR_u を求め、この上限値 BR_u の下側に、所定値 W だけ離れた閾値 BR_t を設定して、図8に示す許容領域 A_a 、返鉱発生比減少操作領域 A_{bd} 及びコークス原単位減少操作領域 A_{cd} を設定する。この図8に示すコークス比-返鉱発生比の関係式及び上限値 BR_u 、閾値 BR_t で表される特性線図がガイダンス算出マップとしてRAM31dに記憶される。

30

【0064】

そして、図9及び図10に示すコークス操作量算出処理が実行される。

このコークス操作量算出処理では、現在のコークス比 CR_p と返鉱発生比予測値 BR_p とで表される点(CR_p, BR_p)をもとに図8に示すガイダンス算出マップを参照して、返鉱発生比予測値 BR_p が許容領域 A_a 、返鉱発生比減少操作領域 A_{bd} 及びコークス原単位減少操作領域 A_{cd} の何れの領域に存在するかを判定する。

このとき、返鉱発生比予測値 BR_p が許容領域 A_a 内に存在する場合には、現在のコークス操作量を変更する必要がなく、現在の操業状態を継続する。

【0065】

また、返鉱発生比予測値 BR_p が上限値 BR_u 以上となって、返鉱発生比減少操作領域 A_{bd} に存在する場合には、返鉱発生比予測値 BR_p が多すぎると判断して、コークス比 CR_p を所定値0.1だけ増加させる(ステップS14)。このように、コークス比 CR_p を所定値0.1だけ増加させると、これに応じて前述した図7の返鉱発生比予測処理での返鉱発生比予測値 BR_p も変化することにより、再度図7の返鉱発生比予測処理を実行して返鉱発生比予測値 BR_p を再度演算する(ステップS15)。

40

【0066】

そして、演算結果の返鉱発生比予測値 BR_p がまだ上限値 BR_u 以上であるときには、前記ステップS14で算出したコークス比 CR_p をそのままコークス比操作量として表示装置34に出力する。このとき、コークス比操作量の変更を促すガイダンスを行なうことになるので、ブザー等の警告音を発することが好ましい。

50

そして、オペレータが表示装置 3 4 に表示された新たなコークス比 CR_p に基づいてコークス比を設定することにより、操業条件が返鉱発生比を減少させる方向に変更される。

【0067】

ところが、前述したステップ S 1 4 でコークス比 CR_p を所定値 0.1 だけ増加させたときに、ステップ S 1 5 で算出される新たな返鉱発生比予測値 BR_p が上限値 BR_u 未満となる場合には、コークス比 CR_p の増加量が多すぎると判断して、上限値 BR_u から返鉱発生比予測値 BR_p を減算した値をコークス比 - 返鉱発生比関係式の傾き a で除して所定値 0.1 より小さい値のコークス増加量 ΔCR を算出する (ステップ S 1 8)。

このように、コークス増加量 ΔCR が所定値 0.1 より小さい値となるので、コークス比を大きく増加させることなく、最適な増加量として、返鉱発生比予測値 BR_p を上限値 BR_u の近傍の値に設定し、無用なコークス比の増加を抑制することができる。

10

【0068】

一方、返鉱発生比予測値 BR_p が上限値 BR_u から下側に幅 W だけ下げた閾値 BR_t より小さく、図 8 のコークス原単位減少操作領域 Ac_d に存在する場合には、図 1 0 のコークス原単位減少操作量処理を実行する。このコークス原単位減少操作処理では、現在の操業点 (CR_p , BR_p) において、金額ベースの生産ロスを前記 (1 4) 式で演算することにより、図 1 2 において破線で示す生産ロス - コークス比関係式を求めると共に、金額ベースのコークス削減メリットを前記 (1 5) 式で演算することにより、図 1 2 において細線で示すコークス削減メリット - コークス比関係式を求めることにより、生産ロスとコークス削減メリットとの和を表すトータルメリットを演算し、図 1 2 において太線で示すトータルメリット - コークス比関係式を求める。

20

【0069】

そして、求めたトータルメリット - コークス比関係式が、図 1 2 に示すように、現在の操業点よりもコークス比が減少する方向でメリットがでる場合には、図 1 0 のステップ S 3 5 からステップ S 3 6 に移行して、現在のコークス比 CR_p から所定値 0.1 を減算した値を新たなコークス比 CR_p として算出する。

そして、算出した新たなコークス比 CR_p に基づいて前述した図 7 の返鉱発生比予測処理を実行することにより、算出される新たな返鉱発生比予測値 BR_p が上限値 BR_u 未満であるときには、新たなコークス比 CR_p をそのままコークス比操作量として表示装置 3 4 に表示する。これに応じてオペレータがコークス比 CR_p を新たなコークス比 CR_p に変更し、これに応じた粉コークスホッパー 1 2 c からの切り出し量を調整することによりコークス比を削減した操業を行なうことができる。

30

【0070】

このとき、算出された新たな返鉱発生比予測値 BR_p が上限値 BR_u 以上であるときには、ステップ S 3 8 からステップ S 3 9 に移行して、上限値 BR_u から返鉱発生比予測値 BR_p を減算した値を図 8 に示すコークス比 - 返鉱発生比関係式の傾き a で除して負値のコークス比減少量 ΔCR を算出し、算出したコークス比減少量 ΔCR を現在のコークス比 CR_p から減算することにより、新たなコークス比 CR_p を算出する。この場合のコークス比減少量 ΔCR は、所定値 - 0.1 よりも 0 に近い値となることにより、コークス比の減少量が抑制される。

40

そして、算出したコークス比 CR_p を表示装置 3 4 に出力することにより、コークス比 CR_p を減少させるガイダンスを行なうことができる。

【0071】

この場合、図 1 2 に示すトータルメリット - コークス比関係式の傾きが正となる場合には、コークス比 CR_p を増加することにより、メリットが生じることになるので、この場合には、ステップ S 4 2 に移行して、現在のコークス比 CR_p に所定値 0.1 を加算して新たなコークス比 CR_p を算出し、算出したコークス比 CR_p をそのまま表示装置 3 4 に出力して、オペレータにコークス比を増加させるガイダンスを行なう。

また、トータルメリットがコークス比と重なる場合には、現在の操業点を変更するメリットが無いものと判断して、ガイダンスを行なうことなく処理を終了する。

50

結局、図 7 の返鉱発生比予測処理によって算出される返鉱発生比予測値 BR_p に基づいて図 14 に示すように、コークス比操作量のガイダンス値を設定する。

【0072】

このようにして、操業実績データベース 32 に蓄積された過去の事例毎の返鉱発生比予測値及び焼結処理に必要とする少なくとも M ガス流量、パレット速度、焼結の完了点、石灰比、コークス比、原料科学成分、平均粒径でなる操業条件データと、今回入力された少なくとも M ガス流量、パレット速度、焼結の完了点、石灰比、コークス比、原料科学成分、平均粒径でなる要求条件データとの距離を算出して類似度を演算し、演算した類似度と操業実績データベース 32 に蓄積されている各事例の操業条件データとに基づいて要求条件データに適合するフラックス投入量を決定するので、モデルパラメータのチューニングを必要とせず、返鉱発生比予測値の演算精度を向上させることができると共に、コークス比操作量の制御精度を向上させることができる。

10

【0073】

すなわち、従来例の線形重回帰モデル式を使用した場合と本発明による局所回帰モデル式を使用し、前記 (7) 式の調整パラメータ p を “1” に設定した場合とをシミュレーションした結果、返鉱発生比 (実績) [%] と返鉱発生比 (予測) [%] との関係は、図 15 (a) に示すように、従来例にあつては両者の相関関数が 0.40 であるのに対して、本発明によって決定したコークス比操作量に基づいてオペレータが粉コークスホッパー 12c の切り出し量を調整してコークス比を操作した場合は、図 15 (b) に示すように、両者の相関関数が 0.67 となり、バラツキも従来例の 1.47 に対して本発明では 1.41 となり、予測精度を従来例に比較して大幅に改善することができた。

20

【0074】

そして、本発明によるコークス比操作量のガイダンスを行な場合とガイダンスを行わない場合とで、コークス原単位、生産量及びコークスの使用料についてガイダンスシミュレーションした結果を図 16 (a)、(b) 及び (c) に示す。

このシミュレーション結果から、図 17 に示すように、コークス原単位 [kg/t-s] については、ガイダンスありでは 68.8 [kg/t-s]、ガイダンスなしでは 70.8 [kg/t-s] となりコークス原単位を -2 [kg/t-s] だけ削減することができ、これによる CO_2 削減量は 96.0 [t/day] となる。

【0075】

30

これに対して、生産量 [t/day] については、ガイダンスありでは 10506.2 [t/day]、ガイダンスなしでは 10712.3 [t/day] となり、生産量が 116.2 [t/day] となり、金額にして 203,183 [円/day] のデメリットとなるが、コークス使用料については、ガイダンスありが 728.1 [t/day]、ガイダンスなしでは 757.7 [t/day] となり、コークス使用料を 29.6 [t/day] だけ削減することができ、金額にして 348,292 [円/day] のメリットとなり、トータルのメリット差額 [円/day] では 145,109 [円/day] となる。

【0076】

したがって、期当たりの金額メリットに換算すると、減産により -37,100 千円/期、コークス使用量削減により 42,200 千円/期、 CO_2 削減による 21,300 千円/期となり、トータルで 26,400 千円/期のメリットとなる。生産量の要求は図 16b に示すように満たしており、且つメリットが出ているので、ガイダンスの有効性が検証できた。

40

また、入力変数を限定するツールを熟練者が入力する必要もなく、実績データから自動的に要求条件近傍における各入力変数の重みを計算することができる。

【0077】

なお、上記実施形態においては、情報処理装置 31 でコークス操作量としてのコークス比を決定して、表示装置 34 に表示することにより、オペレータが粉コークスホッパー 12c から切り出されるコークス量を操作してコークス比を変更する場合について説明した

50

が、これに限定されるものではなく、情報処理装置 3 1 で決定されコークス比に基づいて粉コークスホッパー 1 2 c の切り出し量を自動制御するようにしてもよい。

また、上記実施形態では、20 項目の作業条件データをオペレータが入力装置 3 3 を操作して入力する場合について説明したが、これに限定されるものではなく、少なくとも M ガス流量、パレット速度、焼結の完了点、石灰比、コークス比、原料科学成分、平均粒径の 7 項目の作業条件データを入力して返鉱発生比予測処理を行なうようにしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0078】

【図 1】本発明に係る一実施形態の焼結装置を示す概略構成図である。

【図 2】本発明に係るコークス比操作量指示装置を示すブロック図である。

10

【図 3】コークス比操作量装置の情報処理装置の機能ブロック図である。

【図 4】作業実績データベースに保存されている記憶テーブルを示す図である。

【図 5】影響係数による条件空間の軸変換のイメージを示す線図である。

【図 6】類似度関数の一例の特徴を示す線図である。

【図 7】情報処理装置の返鉱発生比予測処理手順の一例を示すフローチャートである。

【図 8】コークス比と返鉱発生比との関係を示すガイダンス算出マップを示す特性線図である。

【図 9】情報処理装置のコークス比操作量算出処理手順の一例を示すフローチャートである。

【図 10】図 9 のコークス原単位減少操作量手順の一例を示すフローチャートである。

20

【図 11】コークス比と生産量との関係を示す特性線図である。

【図 12】コークス比とメリットとの関係を示す特性線図である。

【図 13】コークス比と返鉱発生比との関係を示す特性線図である。

【図 14】ガイダンス形式を纏めた説明図である。

【図 15】返鉱発生比予測処理のシミュレーション結果を示す説明図である。

【図 16】本発明と従来例とのシミュレーション結果を示す説明図である。

【図 17】図 16 のシミュレーション結果の平均値を表す説明図である。

【図 18】コークス比と返鉱発生比との関係を示す特性線図である。

【符号の説明】

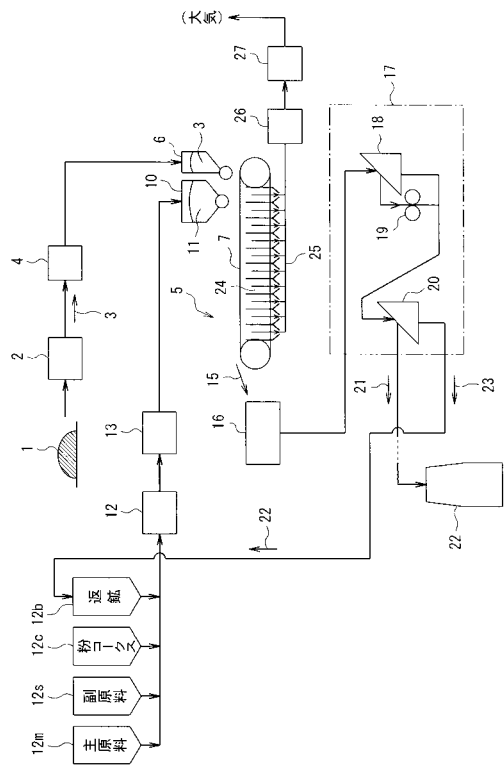
【0079】

30

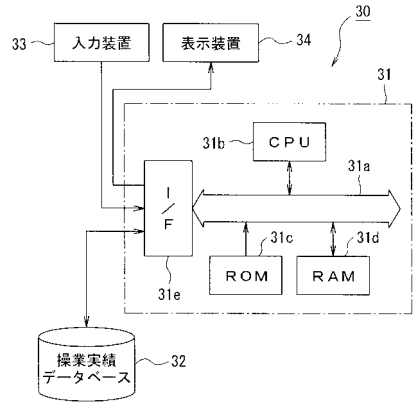
1 ... 塊鉱石、2 ... サイジング装置、3 ... 整流した塊鉱石、4 ... 床敷配合槽、5 ... 焼結機、11 ... 焼結原料、12 m ... 主原料ホッパー、12 s ... 副原料ホッパー、12 c ... 粉コークスホッパー、12 b ... 返鉱ホッパー、12 ... 配合部、13 ... 混合・造粒工程、15 ... 焼結ケーキ、16 ... クーラー、17 ... 整粒工程、18 ... 篩い、19 ... 破砕機、20 ... 篩い、21 ... 成品焼結鉱、22 ... 高炉、23 ... 返鉱、24 ... 風箱、25 ... 主排気ダクト、26 ... 電気集塵機、27 ... 主排風装置、30 ... コークス比操作量指示装置、31 ... 情報処理装置、31 a ... システムバス、31 b ... CPU、31 c ... ROM、31 d ... RAM、31 e ... インタフェース回路、32 ... 作業実績データベース、33 ... 入力装置、34 ... 表示装置、41 ... 影響係数算出部、42 ... 距離演算部、43 ... 類似度演算部、44 ... 返鉱発生比予測部、45 ... コークス比操作量指示部

40

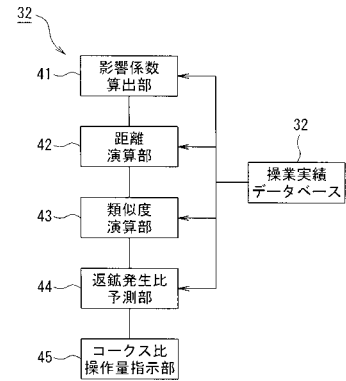
【 図 1 】



【 図 2 】



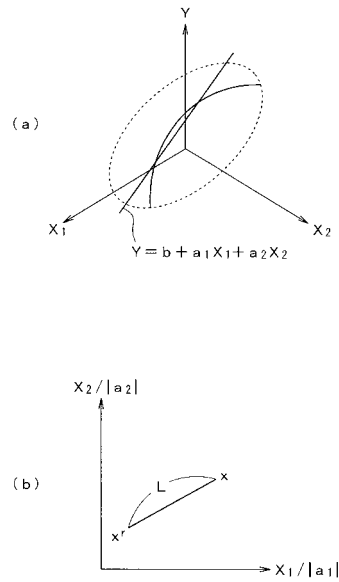
【 図 3 】



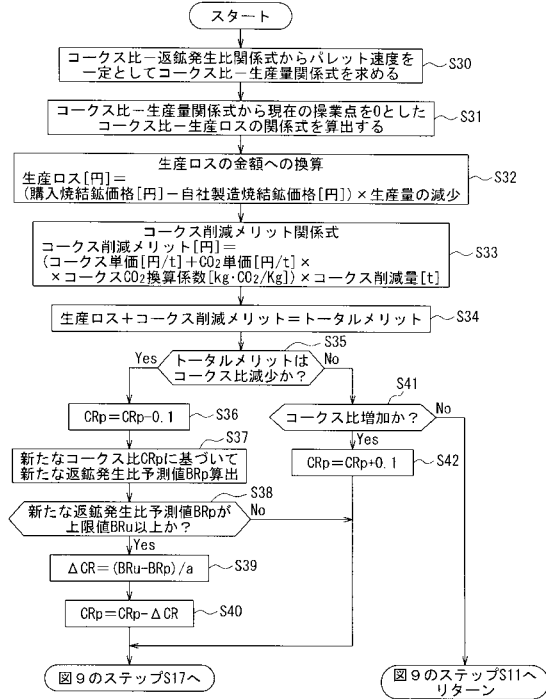
【 図 4 】

出力変数		M個の入力変数					
Y	X ₁	X ₂	...	X _m	...	X _M	
y ¹	x ₁ ¹	x ₂ ¹	...	x _m ¹	...	x _M ¹	
y ²	x ₁ ²	x ₂ ²	...	x _m ²	...	x _M ²	
...	...	...	...	...	...	...	
y ⁿ	x ₁ ⁿ	x ₂ ⁿ	...	x _m ⁿ	...	x _M ⁿ	
...	...	...	...	...	...	...	
y ^N	x ₁ ^N	x ₂ ^N	...	x _m ^N	...	x _M ^N	

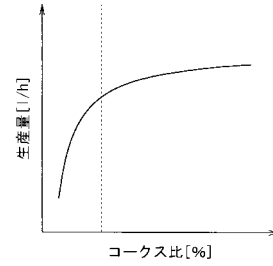
【 図 5 】



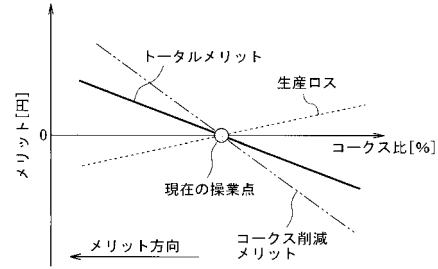
【図 10】



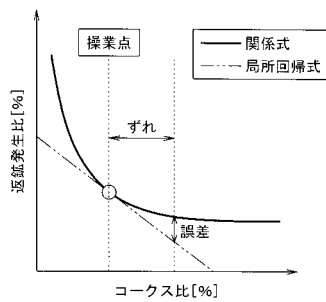
【図 11】



【図 12】



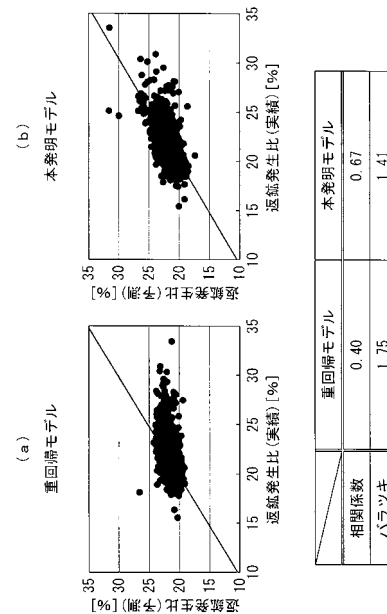
【図 13】



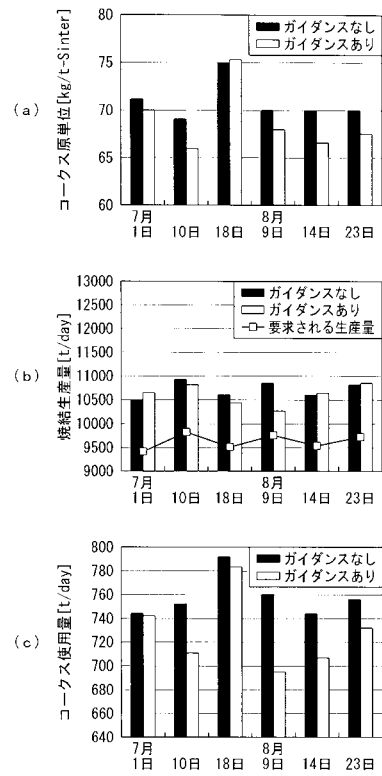
【図 14】

予測値	メリット方向	1次ガイダンス	1次ガイダンス後の返鉱発生比の予測値	ガイダンス値
返鉱発生比減少操作領域 Abd		+0.1	上限以上	+0.1
			上限未満	(上限-予測値) / 傾き
許容領域 Aa		0		0
コークス原単位減少操作領域 Acd	コークス増加	+0.1		+0.1
	同値	0		0
	コークス減少	-0.1		-0.1
			上限以上	(上限-予測値) / 傾き
			上限未満	-0.1

【図 15】



【図 16】



【図 17】

項目	ガイダンスあり	ガイダンスなし	差	メリット [円/day]
コークス原単位 [kg/t-Sinter]	68.8	70.8	-2.0	
焼結生産量 [t/day]	10,596.2	10,712.3	-116.2	-203,183
コークス使用量 [t/day]	728.1	757.7	-29.6	348,292
メリット差額 [円/day]				145,109

【図 18】

