(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第5962476号
(P5962476)

(45)発行日　平成28年8月3日(2016.8.3)　(24)登録日　平成28年7月8日(2016.7.8)

(51)Int.Cl.		F I		
B02C 25/00	(2006.01)	B02C	25/00	A
B02C 21/00	(2006.01)	B02C	21/00	A
F23G 5/033	(2006.01)	F23G	5/033	A
F23C 99/00	(2006.01)	F23C	99/00	

請求項の数 15　(全 25 頁)

(21)出願番号　特願2012-268513(P2012-268513)
(22)出願日　平成24年12月7日(2012.12.7)
(65)公開番号　特開2014-114994(P2014-114994A)
(43)公開日　平成26年6月26日(2014.6.26)
審査請求日　平成27年8月5日(2015.8.5)

(73)特許権者　000006655
新日鐵住金株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目６番１号
(74)代理人　100090273
弁理士　國分　孝悦
(72)発明者　鈴木　大
東京都千代田区丸の内二丁目６番１号　新日鐵住金株式会社内
(72)発明者　柴本　浩児
東京都千代田区丸の内二丁目６番１号　新日鐵住金株式会社内

審査官　礒部　賢

最終頁に続く

(54)【発明の名称】粉砕プラント温度制御装置、粉砕プラント温度制御方法、及びコンピュータプログラム

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
熱風を排ガスとして発生する熱風発生装置と、
原料を粉砕し、粉砕後の原料を、前記排ガスの流れに乗せて外部に放出する粉砕機であって、内部の圧力が負圧に保たれている粉砕機と、
前記粉砕機から前記排ガスの流れに乗って放出された粉砕後の原料を捕集する捕集機であって、内部の圧力が負圧に保たれている捕集機と、
前記熱風発生装置、前記粉砕機、及び前記捕集機を前記排ガスが循環する経路と、
前記経路の内部の位置であって、前記粉砕機の出口側の所定の位置における温度であるミル出口温度を測定する温度計と、を有し、
前記粉砕機の内部に原料を投入しない状態で前記熱風発生装置から発生する排ガスによって前記粉砕機の内部を含む領域を予熱するヒートアップを行った後に、前記粉砕機の内部に原料を投入して原料を粉砕する負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントにおける前記ミル出口温度を制御する粉砕プラント温度制御装置であって、
前記ヒートアップが開始されると、前記ヒートアップが行われている間、前記ミル出口温度の測定値の目標値に対する偏差に基づいて、前記ミル出口温度の測定値が目標値に近づくように、前記熱風発生装置で前記排ガスを発生させるための燃焼ガスの流量を制御するヒートアップ時ガス流量制御手段と、
前記ヒートアップが終了すると、前記ミル出口温度が目標値又は目標値付近の所定値まで低下するまでの間、前記負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントにおける操業条件の目標

値に応じた一定の流量になるように、前記熱風発生装置で前記排ガスを発生させるための燃焼ガスの流量を制御する給炭開始時ガス流量制御手段と、

前記ミル出口温度が目標値又は目標値付近の所定値まで低下すると、前記ミル出口温度の測定値の目標値に対する偏差に基づいて、前記ミル出口温度の測定値が目標値に近づくように、前記熱風発生装置で前記排ガスを発生させるための燃焼ガスの流量を制御する定常時ガス流量制御手段と、を有することを特徴とする粉砕プラント温度制御装置。

【請求項２】

前記給炭開始時ガス流量制御手段は、前記負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントにおける熱収支の計算と、前記負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントにおけるガスの収支の計算と、を行って、前記負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントにおける前記操業条件を目標値に維持するために前記熱風発生装置に与える必要がある燃焼ガスの流量を前記一定の流量として導出することを特徴とする請求項１に記載の粉砕プラント温度制御装置。

【請求項３】

前記粉砕機に供給する原料の量の設定値が変更されると、当該設定値に応じた燃焼ガスの流量の修正量を導出する原料量変更時ガス流量導出手段を有し、

前記定常時ガス流量制御手段は、前記原料量変更時ガス流量導出手段により燃焼ガスの流量の修正量が導出された場合には、前記ミル出口温度の測定値の目標値に対する偏差に基づいて、前記ミル出口温度の測定値が目標値に近づくように、前記排ガスを発生させるための燃焼ガスの流量を導出し、当該導出した燃焼ガスの流量と、前記原料量変更時ガス流量導出手段により導出された燃焼ガスの流量の修正量とを加算した流量になるように、前記熱風発生装置で前記排ガスを発生させるための燃焼ガスの流量を制御し、

前記粉砕機に供給する原料の量の設定値に応じた燃焼ガスの流量の修正量は、前記負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントにおける熱収支の計算と、前記負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントにおけるガスの収支の計算と、を行った結果に基づいて導出されることを特徴とする請求項２に記載の粉砕プラント温度制御装置。

【請求項４】

前記熱収支の計算は、前記熱風発生装置により発生する熱量と、前記排ガスを循環させるためのファンで発生する熱量との和が、前記ガスのそれぞれを前記ミル出口温度の目標値まで加熱するのに必要な熱量と、前記原料を前記ミル出口温度まで加熱するのに必要な熱量と、前記原料に含まれる水分を液相から気相にするのに必要な熱量と、前記原料に含まれる水分を前記ミル出口温度まで加熱するのに必要な熱量との和に等しくなる計算であり、

前記ガスの収支の計算は、前記負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントの前記経路内に存在する空気の流量の合計値を、前記負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントに注入されるガスの流量と前記負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントで発生するガスの流量と前記負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントで発生する水蒸気の流量との合計値で割った値に大気中における空気の存在割合を掛けた値が、前記経路内の酸素濃度に等しくなる計算であることを特徴とする請求項２又は３に記載の粉砕プラント温度制御装置。

【請求項５】

前記操業条件は、前記ミルに供給する原料の量と、前記ミル出口温度と、前記経路の内部の位置であって、前記捕集機の出口側の所定の位置における前記排ガスの流量であるバグ出口排ガス流量と、前記経路内の酸素濃度と、を含むことを特徴とする請求項２～４の何れか１項に記載の粉砕プラント温度制御装置。

【請求項６】

前記給炭開始時ガス流量制御手段は、前記ヒートアップが終了した後、一定時間が経過しても、前記ミル出口温度が目標値又は目標値付近の所定値まで低下しない場合には、前記燃焼ガスの流量の制御を停止し、

前記定常時ガス流量制御手段は、前記ヒートアップが終了した後、一定時間が経過しても、前記ミル出口温度が目標値又は目標値付近の所定値まで低下しない場合には、前記ミル出口温度の測定値を目標値にすることを所定のタイミングで行うことと、前記ミル出口

温度の測定値の最新の目標値に対する偏差に基づいて、前記ミル出口温度の測定値が目標値に近づくように、前記熱風発生装置で前記排ガスを発生させるための燃焼ガスの流量を制御することと、を、前記ミル出口温度が目標値又は目標値付近の所定値まで低下するまで行うことを特徴とする請求項１～５の何れか１項に記載の粉砕プラント温度制御装置。

【請求項７】

前記ミル出口温度の測定値の目標値に対する偏差に基づいて、前記ミル出口温度の測定値が目標値に近づくように、前記熱風発生装置で前記排ガスを発生させるための燃焼ガスの流量を制御することがＰＩＤ制御により実行されることを特徴とする請求項１～６の何れか１項に記載の粉砕プラント温度制御装置。

【請求項８】

熱風を排ガスとして発生する熱風発生装置と、

原料を粉砕し、粉砕後の原料を、前記排ガスの流れに乗せて外部に放出する粉砕機であって、内部の圧力が負圧に保たれている粉砕機と、

前記粉砕機から前記排ガスの流れに乗って放出された粉砕後の原料を捕集する捕集機であって、内部の圧力が負圧に保たれている捕集機と、

前記熱風発生装置、前記粉砕機、及び前記捕集機を前記排ガスが循環する経路と、

前記経路の内部の位置であって、前記粉砕機の出口側の所定の位置における温度であるミル出口温度を測定する温度計と、を有し、

前記粉砕機の内部に原料を投入しない状態で前記熱風発生装置から発生する排ガスによって前記粉砕機の内部を含む領域を予熱するヒートアップを行った後に、前記粉砕機の内部に原料を投入して原料を粉砕する負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントにおける前記ミル出口温度を制御する粉砕プラント温度制御方法であって、

前記ヒートアップが開始されると、前記ヒートアップが行われている間、前記ミル出口温度の測定値の目標値に対する偏差に基づいて、前記ミル出口温度の測定値が目標値に近づくように、前記熱風発生装置で前記排ガスを発生させるための燃焼ガスの流量を制御するヒートアップ時ガス流量制御工程と、

前記ヒートアップが終了すると、前記ミル出口温度が目標値又は目標値付近の所定値まで低下するまでの間、前記負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントにおける操業条件の目標値に応じた一定の流量になるように、前記熱風発生装置で前記排ガスを発生させるための燃焼ガスの流量を制御する給炭開始時ガス流量制御工程と、

前記ミル出口温度が目標値又は目標値付近の所定値まで低下すると、前記ミル出口温度の測定値の目標値に対する偏差に基づいて、前記ミル出口温度の測定値が目標値に近づくように、前記熱風発生装置で前記排ガスを発生させるための燃焼ガスの流量を制御する定常時ガス流量制御工程と、を有することを特徴とする粉砕プラント温度制御方法。

【請求項９】

前記給炭開始時ガス流量制御工程は、前記負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントにおける熱収支の計算と、前記負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントにおけるガスの収支の計算と、を行って、前記負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントにおける前記操業条件を目標値に維持するために前記熱風発生装置に与える必要がある燃焼ガスの流量を前記一定の流量として導出することを特徴とする請求項８に記載の粉砕プラント温度制御方法。

【請求項１０】

前記粉砕機に供給する原料の量の設定値が変更されると、当該設定値に応じた燃焼ガスの流量の修正量を導出する原料量変更時ガス流量導出工程を有し、

前記定常時ガス流量制御工程は、前記原料量変更時ガス流量導出工程により燃焼ガスの流量が導出された場合には、前記ミル出口温度の測定値の目標値に対する偏差に基づいて、前記ミル出口温度の測定値が目標値に近づくように、前記排ガスを発生させるための燃焼ガスの流量を導出し、当該導出した燃焼ガスの流量と、前記原料量変更時ガス流量導出工程により導出された燃焼ガスの流量の修正量とを加算した流量になるように、前記熱風発生装置で前記排ガスを発生させるための燃焼ガスの流量を制御し、

前記粉砕機に供給する原料の量の設定値に応じた燃焼ガスの流量の修正量は、前記負圧

式・排ガス循環系の粉砕プラントにおける熱収支の計算と、前記負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントにおけるガスの収支の計算と、を行った結果に基づいて導出されることを特徴とする請求項９に記載の粉砕プラント温度制御方法。

【請求項１１】

前記熱収支の計算は、前記熱風発生装置により発生する熱量と、前記排ガスを循環させるためのファンで発生する熱量との和が、前記ガスのそれぞれを前記ミル出口温度の目標値まで加熱するのに必要な熱量と、前記原料を前記ミル出口温度まで加熱するのに必要な熱量と、前記原料に含まれる水分を液相から気相にするのに必要な熱量と、前記原料に含まれる水分を前記ミル出口温度まで加熱するのに必要な熱量との和に等しくなる計算であり、

前記ガスの収支の計算は、前記負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントの前記経路内に存在する空気の流量の合計値を、前記負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントに注入されるガスの流量と前記負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントで発生するガスの流量と前記負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントで発生する水蒸気の流量との合計値で割った値に大気中における空気の存在割合を掛けた値が、前記経路内の酸素濃度に等しくなる計算であることを特徴とする請求項９又は１０に記載の粉砕プラント温度制御方法。

【請求項１２】

前記操業条件は、前記ミルに供給する原料の量と、前記ミル出口温度と、前記経路の内部の位置であって、前記捕集機の出口側の所定の位置における前記排ガスの流量であるバグ出口排ガス流量と、前記経路内の酸素濃度と、を含むことを特徴とする請求項９～１１の何れか１項に記載の粉砕プラント温度制御方法。

【請求項１３】

前記給炭開始時ガス流量制御工程は、前記ヒートアップが終了した後、一定時間が経過しても、前記ミル出口温度が目標値又は目標値付近の所定値まで低下しない場合には、前記燃焼ガスの流量の制御を停止し、

前記定常時ガス流量制御工程は、前記ヒートアップが終了した後、一定時間が経過しても、前記ミル出口温度が目標値又は目標値付近の所定値まで低下しない場合には、前記ミル出口温度の測定値を目標値にすることを所定のタイミングで行うことと、前記ミル出口温度の測定値の最新の目標値に対する偏差に基づいて、前記ミル出口温度の測定値が目標値に近づくように、前記熱風発生装置で前記排ガスを発生させるための燃焼ガスの流量を制御することと、を、前記ミル出口温度が目標値又は目標値付近の所定値まで低下するまで行うことを特徴とする請求項８～１２の何れか１項に記載の粉砕プラント温度制御方法。

【請求項１４】

前記ミル出口温度の測定値の目標値に対する偏差に基づいて、前記ミル出口温度の測定値が目標値に近づくように、前記熱風発生装置で前記排ガスを発生させるための燃焼ガスの流量を制御することがＰＩＤ制御により実行されることを特徴とする請求項８～１３の何れか１項に記載の粉砕プラント温度制御方法。

【請求項１５】

請求項８～１３の何れか１項に記載の粉砕プラント温度制御方法の各ステップをコンピュータに実行させることを特徴とするコンピュータプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、粉砕プラント温度制御装置、粉砕プラント温度制御方法、及びコンピュータプログラムに関し、特に、粉砕プラントにおける粉砕機の出口の温度を制御するために用いて好適なものである。

【背景技術】

【０００２】

従来から、微粉炭やセメント等を製造するための粉砕プラントとして、以下のようなプ

ラントがある（特許文献１を参照）。
まず、燃焼ガス（燃料ガス）と燃焼エアとを熱ガス発生装置に供給し、熱ガス発生装置において、熱風を排ガスとして発生させる。排ガスは、原料の粉砕を行う粉砕機の内部に供給される。粉砕機で粉砕された原料（粉体）は、排ガスと共にバグフィルターに供給され、バグフィルターで捕集される。その後、排ガスは、循環ファンで昇圧されて循環ガスとして再び熱ガス発生装置に供給される。このように熱ガス発生装置で発生した熱風（排ガス）は、熱ガス発生装置から、粉砕機、バグフィルターを経由して熱ガス発生装置に循環される。ここで、粉砕機の入側の位置における圧力を負圧（大気圧を下回る圧力）にして、粉砕機の内部とバグフィルターの内部の圧力が負圧に保たれるようにする。以下の説明では、このような「粉砕プラント」を、必要に応じて「負圧式・排ガス循環系の粉砕プラント」と称する。また、「排ガスが循環する経路」を必要に応じて「ライン」と称する。

【０００３】
このような負圧式・排ガス循環系の粉砕プラント等の粉砕プラントでは、前述したようにして原料を粉砕するのに先立って、ヒートアップと呼ばれる運転が行われる。ヒートアップは、粉砕機に原料を投入しない状態で、粉砕時に比べて少ない量の排ガスを熱ガス発生装置から発生させることにより、粉砕機の内部を含むライン全体を予熱するものである。原料を粉砕機に投入するとラインの温度が低下するので、排ガスを循環しない粉砕プラントにおいては、ヒートアップ時に、粉砕機の出口側の温度が、粉砕後の原料（製品）の目標温度よりも少し高めの温度になるようにフィードバック制御が行い、その後の粉砕時には、粉砕機の出口の温度が、粉砕後の原料（製品）の目標温度になるようにフィードバック制御を行うことが考えられる。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【特許文献１】特開２０１１－２１９５９９号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
本発明者らは、負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントにおいて、粉砕時に前述したフィードバック制御を行って、粉砕機の出口の温度を制御することを試みた。その結果、粉砕開始時に前述したフィードバック制御を適用すると、熱ガス発生装置におけるバーナーの負荷がフィードバック制御により大きくなっても、粉砕機の出口側の温度が、粉砕後の原料（製品）の目標温度を下回り、粉砕機の出口側の温度の下降を止められないという知見を得た。これは、負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントは、排ガスを循環しない粉砕プラントに比べ、プロセスの時定数が大きく、熱ガス発生装置におけるバーナーの負荷の変更に対する粉砕機の出口の温度側の応答が遅いためである。このように、粉砕開始時に前述したフィードバック制御を適用すると、粉砕機の出口側の温度をその目標温度にすることができない。さらに、粉砕開始時に前述したフィードバック制御を適用すると、粉砕機の出口側の温度が、粉砕後の原料（製品）の目標温度に近づくようにするために、熱ガス発生装置におけるバーナーの負荷が過大になる。これにより、粉砕機の入口側の温度が高くなり過ぎるため、粉砕機の耐熱温度を超える温度になる虞がある。
【０００６】
本発明は、以上のような問題点に鑑みてなされたものであり、負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントにおけるヒートアップから粉砕に移行する際の粉砕機の出口の温度を高精度に制御することを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【０００７】
本発明の粉砕プラント温度制御装置は、熱風を排ガスとして発生する熱風発生装置と、原料を粉砕し、粉砕後の原料を、前記排ガスの流れに乗せて外部に放出する粉砕機であっ

て、内部の圧力が負圧に保たれている粉砕機と、前記粉砕機から前記排ガスの流れに乗って放出された粉砕後の原料を捕集する捕集機であって、内部の圧力が負圧に保たれている捕集機と、前記熱風発生装置、前記粉砕機、及び前記捕集機を前記排ガスが循環する経路と、前記経路の内部の位置であって、前記粉砕機の出口側の所定の位置における温度であるミル出口温度を測定する温度計と、を有し、前記粉砕機の内部に原料を投入しない状態で前記熱風発生装置から発生する排ガスによって前記粉砕機の内部を含む領域を予熱するヒートアップを行った後に、前記粉砕機の内部に原料を投入して原料を粉砕する負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントにおける前記ミル出口温度を制御する粉砕プラント温度制御装置であって、前記ヒートアップが開始されると、前記ヒートアップが行われている間、前記ミル出口温度の測定値の目標値に対する偏差に基づいて、前記ミル出口温度の測定値が目標値に近づくように、前記熱風発生装置で前記排ガスを発生させるための燃焼ガスの流量を制御するヒートアップ時ガス流量制御手段と、前記ヒートアップが終了すると、前記ミル出口温度が目標値又は目標値付近の所定値まで低下するまでの間、前記負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントにおける操業条件の目標値に応じた一定の流量になるように、前記熱風発生装置で前記排ガスを発生させるための燃焼ガスの流量を制御する給炭開始時ガス流量制御手段と、前記ミル出口温度が目標値又は目標値付近の所定値まで低下すると、前記ミル出口温度の測定値の目標値に対する偏差に基づいて、前記ミル出口温度の測定値が目標値に近づくように、前記熱風発生装置で前記排ガスを発生させるための燃焼ガスの流量を制御する定常時ガス流量制御手段と、を有することを特徴とする。

【０００８】

本発明の粉砕プラント温度制御方法は、熱風を排ガスとして発生する熱風発生装置と、原料を粉砕し、粉砕後の原料を、前記排ガスの流れに乗せて外部に放出する粉砕機であって、内部の圧力が負圧に保たれている粉砕機と、前記粉砕機から前記排ガスの流れに乗って放出された粉砕後の原料を捕集する捕集機であって、内部の圧力が負圧に保たれている捕集機と、前記熱風発生装置、前記粉砕機、及び前記捕集機を前記排ガスが循環する経路と、前記経路の内部の位置であって、前記粉砕機の出口側の所定の位置における温度であるミル出口温度を測定する温度計と、を有し、前記粉砕機の内部に原料を投入しない状態で前記熱風発生装置から発生する排ガスによって前記粉砕機の内部を含む領域を予熱するヒートアップを行った後に、前記粉砕機の内部に原料を投入して原料を粉砕する負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントにおける前記ミル出口温度を制御する粉砕プラント温度制御方法であって、前記ヒートアップが開始されると、前記ヒートアップが行われている間、前記ミル出口温度の測定値の目標値に対する偏差に基づいて、前記ミル出口温度の測定値が目標値に近づくように、前記熱風発生装置で前記排ガスを発生させるための燃焼ガスの流量を制御するヒートアップ時ガス流量制御工程と、前記ヒートアップが終了すると、前記ミル出口温度が目標値又は目標値付近の所定値まで低下するまでの間、前記負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントにおける操業条件の目標値に応じた一定の流量になるように、前記熱風発生装置で前記排ガスを発生させるための燃焼ガスの流量を制御する給炭開始時ガス流量制御工程と、前記ミル出口温度が目標値又は目標値付近の所定値まで低下すると、前記ミル出口温度の測定値の目標値に対する偏差に基づいて、前記ミル出口温度の測定値が目標値に近づくように、前記熱風発生装置で前記排ガスを発生させるための燃焼ガスの流量を制御する定常時ガス流量制御工程と、を有することを特徴とする。

【０００９】

本発明のコンピュータプログラムは、前記粉砕プラント温度制御方法の各ステップをコンピュータに実行させることを特徴とする。

【発明の効果】

【００１０】

本発明によれば、ヒートアップが終了すると、ミル出口温度の測定値が目標値に近づくようにする制御を中断し、ミル出口温度が目標値又は目標値付近の所定値まで低下するまでの間、負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントにおける操業条件の目標値に応じた一定の流量になるように、熱風発生装置で排ガスを発生させるための燃焼ガスの流量を制御する

。そして、ミル出口温度が目標値まで低下すると、ミル出口温度の測定値が目標値に近づくようにする制御を再開する。したがって、ヒートアップが終了してもミル出口温度の測定値が目標値に近づくようにする制御を継続する場合のように、ミル出口温度の低下が止まらなくなることを抑制することができ、負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントにおけるヒートアップから粉砕に移行する際のミル出口温度を高精度に制御することができる。また、その結果として、粉砕機の入口側の温度であるミル入口温度が過大になることを抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１１】

【図１】負圧式・排ガス循環系のＰＣＩプラントの構成を示す図である。

【図２】粉砕プラント温度制御装置の機能的な構成を示す図である。

【図３】粉砕プラント温度制御装置の動作を説明するフローチャートである。

【図４】第１の実施例を示し、ミル出口温度と経過時間との関係を示す図である。

【図５】第１の実施例を示し、バーナー負荷と経過時間との関係を示す図である。

【図６】第１の実施例を示し、ミル入口温度と経過時間との関係を示す図である。

【図７】第２の実施例を示し、ミル出口温度及び給炭量と経過時間との関係を示す図である。

【図８】第２の実施例を示し、バーナー負荷と経過時間との関係を示す図である。

【図９】第２の実施例を示し、バーナー負荷と給炭量との関係を示す図である。

【図１０】第２の実施例を示し、製品の温度（ミル出口温度）の目標値からのずれ量を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【００１２】

以下、図面を参照しながら、本発明の一実施形態を説明する。本実施形態では、負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントが、高炉への微粉炭の吹込み（ＰＣＩ；Pulverized Coal Injection）を行うために石炭を粉砕する、負圧式・排ガス循環系のＰＣＩプラントである場合を例に挙げて説明する。

【００１３】

（負圧式・排ガス循環系のＰＣＩプラントの構成）

図１は、負圧式・排ガス循環系のＰＣＩプラントの構成の一例を示す図である。図１において、各構成要素を繋ぐ実線は配管を示し、破線は信号の伝達経路を示す。また、矢印線は、配管内のガスや石炭の進行方向を示す。尚、負圧式・排ガス循環系のＰＣＩプラントの構成は、例えば、特許文献１に記載の技術等の公知の技術で実現できるので、ここでは、各構成について簡単に説明し、詳細な説明を省略する。

【００１４】

図１において、熱ガス発生装置（ＨＧＧ）１０１は、１つ又は複数のバーナーを有し、燃焼ガス及び燃焼エア（空気）をバーナーへの入力として、バーナーの空燃比を制御し、排ガス（熱風）を発生させる。排ガスの酸素濃度は略０（ゼロ）％である。本実施形態では、燃焼ガスとしてＢＦＧ（Blast Furnace Gas）を利用する。空燃比制御は、後述するようにして粉砕プラント温度制御装置２００から送信されるバーナー負荷と、バーナーに供給されている燃料ガス及び燃焼エアの流量とを入力として、空燃比を制御（例えばフィードバック制御）して、バーナーに供給する燃焼ガス・燃焼エアの流量を調整する弁の開度をそれぞれ調整することにより行われる。ここで、バーナー負荷とは、バーナーに供給できる燃焼ガスの流量の最大値に対する、バーナーに供給する燃焼ガスの流量の割合を示すものである。尚、燃焼エアは、燃焼エアファン１０２により熱ガス発生装置１０１に送り込まれる。また、空燃比制御は、熱ガス発生装置（ＨＧＧ）１０１に備わっているプログラマブルロジックコントローラ（ＰＬＣ）等を用いることにより公知の技術で実現できるので、ここでは、その詳細な説明を省略する。

【００１５】

バンカー１０３は、原料である石炭を貯蔵する。

給炭機１０４は、チェーンコンベアを有し、バンカー１０３内に貯蔵されている石炭をチェーンコンベアにより切り出してミル１０５に投入する。

ミル１０５は、給炭機１０４から投入された石炭を粉砕する粉砕機である。ミル１０５の入側の位置における圧力が負圧に保たれるようにすることにより、ミル１０５の内部の圧力は負圧に保たれる。ミル１０５は、例えば、ロールミル１０５ａと粉砕テーブル１０５ｂとを有する。ミル１０５の上部から投入された石炭をロールミル１０５ａと粉砕テーブル１０５ｂとの間に供給する。回転している粉砕テーブル１０５ｂに対してロールミル１０５ａを押し付けながら回転させることにより、石炭は押し潰されて粉砕される。粉砕された石炭は、熱ガス発生装置１０１から供給された排ガスの流れにのって、ミル１０５の上部に供給され、分級機で分級された後、外部に放出される。

【００１６】

この際、シールエアファイン１０６からミル１０５の内部（粉砕テーブル１０５ｂの軸受部）の隙間にシールエアを供給することにより、その隙間から外部に放出されようとする微粉炭を、熱ガス発生装置１０１から供給された排ガスの流れに押し戻す。ミル１０５の内部の圧力がシールエアの圧力未満になるように、シールエアの流速が定められる。このように、シールエアは、粉砕テーブル１０５ｂの軸受部に微粉炭が進入し、その結果として、粉砕テーブル１０５ｂの軸受部の潤滑不良が起こることと、粉砕テーブル１０５ｂの軸受部から外部に放出されることとを防止するためのものである。

ミル出口温度計１１０は、ミル１０５の出口側の所定の位置における（配管内の（微粉炭の））温度を測定する。

以下の説明では、「ミル１０５から外部に放出された粉砕後の石炭」を必要に応じて「微粉炭」と称する。また、「ミル１０５の出口側の所定の位置における温度」を必要に応じて「ミル出口温度」と称する。

【００１７】

バグフィルター１０７は、ミル１０５から放出された微粉炭を、濾布を用いて捕集する濾過式の捕集機である。ミル１０５と同様に、バグフィルター１０７の内部の圧力も負圧に保たれている。微粉炭以外の異物がバグフィルター１０７で捕集されることがある。異物除去装置１０８は、この異物を除去するためのものである。このように異物除去装置１０８で異物が除去された後、リザーバタンク１０９に微粉炭が貯蔵される。リザーバタンク１０９に貯蔵された微粉炭は、高炉の羽口から高炉の内部に吹き込まれる（微粉炭吹き込みが行われる）。

【００１８】

ベンチュリ管１１１は、バグフィルター１０７を通過した排ガスの流量を測定する。

ダンパー１１２は、バグフィルター１０７を通過した排ガスの流量を調整する。

循環ファン１１３は、ダンパー１１２を通過した排ガスを熱ガス発生装置１０１に循環させることができるように、排ガスを昇圧する。

循環ファン１１３により昇圧された排ガスの一部（放散ガス）は、煙突１１４を介して大気中に放出される。放散系圧力調整弁１１５は、このようにして大気中に放出される排ガスの圧力を調整するためのものである。

【００１９】

循環系圧力調整弁１１６は、循環ファン１１３により昇圧された排ガスのうち、煙突１１４を介して大気中に放出されずに熱ガス発生装置１０１に循環させる排ガスの圧力を調整するためのものである。このようにして、熱ガス発生装置１０１で発生した排ガスは、循環ガスとして再び熱ガス発生装置１０１に供給され、熱ガス発生装置１０１、ミル１０５、バグフィルター１０７、ベンチュリ管１１１、ダンパー１１２、循環ファン１１３、循環系圧力調整弁１１６、熱ガス発生装置１０１の経路を循環する。

【００２０】

本実施形態では、大気中の空気（希釈エア）を、負圧式・排ガス循環系のＰＣＩプラントに供給するようにしている。オリフィス流量計１１７は、この希釈エアの流量を調整する。エア流量調整弁１１８は、負圧式・排ガス循環系のＰＣＩプラントに供給されるエア

の流量を調整するためのものである。希釈エアファン１１９は、エア流量調整弁１１８で流量が調整された希釈エアを昇圧し、希釈エアを熱ガス発生装置１０１の入側の配管に押し込む。これにより、循環ガスの酸素濃度を大きくすることができる。

粉砕プラント温度制御装置２００は、ミル出口温度計１１０で測定されたミル出口温度を入力し、ミル出口温度の測定値の目標値に対する偏差を導出する。そして、粉砕プラント温度制御装置２００は、導出した偏差に対してＰ動作、Ｉ動作、及びＤ動作を行って（すなわちＰＩＤ制御を行って）、導出した偏差が０（ゼロ）になるようなバーナー負荷を導出して熱ガス発生装置１０１に出力する。

【００２１】

ただし、本実施形態では、粉砕プラント温度制御装置２００は、ヒートアップが終了して給炭を開始してから、ミル出口温度が目標値まで低下するまでの間の期間では、ＰＩＤ制御を行わない。その代わりに、粉砕プラント温度制御装置２００は、後述する物質・熱収支モデルの計算を行ってバーナー負荷を導出し熱ガス発生装置１０１に出力する。熱ガス発生装置１０１は、給炭を開始してからミル出口温度が目標値に低下するまでの間の期間のバーナー負荷が、このバーナー負荷で一定になるように空燃比制御を行う。

また、本実施形態では、粉砕プラント温度制御装置２００は、給炭を開始した後、ミル出口温度が目標値また低下すると、前述したＰＩＤ制御に基づいて得られるバーナー負荷を熱ガス発生装置１０１に出力する。

さらに、本実施形態では、給炭量の設定値の制御が行われ、給炭量の設定値が（一時的に）変更されている間は、給炭量に応じたバーナー負荷を導出し、前述したＰＩＤ制御に基づいて得られるバーナー負荷と、給炭量に応じたバーナー負荷とを加算したバーナー負荷を熱ガス発生装置１０１に出力する。すなわち、粉砕プラント温度制御装置２００は、給炭量の設定値が（一時的に）変更されている間は、ミル出口温度の偏差に基づくフィードバック制御と、給炭量に基づくフィードフォワード制御とを組み合わせた制御を行う。

以下に、このような粉砕プラント温度制御装置２００の機能の一例を詳細に説明する。

【００２２】

（粉砕プラント温度制御装置２００の機能構成）

図２は、粉砕プラント温度制御装置２００の機能的な構成の一例を示す図である。前述したように、図２に示す各部は、例えば、プログラマブルロジックコントローラ（ＰＬＣ）を用いることにより実現することができる。

＜ミル出口温度目標値記憶部２０１＞

ミル出口温度目標値記憶部２０１は、ミル出口温度の目標値を記憶する。このミル出口温度の目標値は、オペレータにより設定されるものである。本実施形態では、ミル出口温度目標値記憶部２０１は、ヒートアップ時のミル出口温度の目標値と、粉砕時のミル出口温度の目標値とをそれぞれ１つずつ記憶するものとする。粉砕開始時に原料（石炭）をミル１０５に供給することによりミル出口温度が低下することから、ヒートアップ時のミル出口温度の目標値が、粉砕時のミル出口温度の目標値を上回るようにする。本実施形態では、ヒートアップ時のミル出口温度の目標値を、粉砕時のミル出口温度の目標値よりも１０［℃］高い温度にしている。

【００２３】

＜ミル出口温度偏差導出部２０２＞

ミル出口温度偏差導出部２０２は、例えば、負圧式・排ガス循環系のＰＣＩプラントの操業を管理する上位のコンピュータから送信される情報に基づいて、ヒートアップを開始するか否かを判定する。

この判定の結果、ヒートアップを開始する場合、ミル出口温度偏差導出部２０２は、ヒートアップ時のミル出口温度の目標値をミル出口温度目標値記憶部２０１から読み出す。そして、ミル出口温度偏差導出部２０２は、ミル出口温度の測定値から、ヒートアップ時のミル出口温度の目標値を減算して、ミル出口温度の測定値の目標値に対する偏差を導出し、導出した偏差をＰＩＤ制御部２０４に出力して、ＰＩＤ制御部２０４に対してバーナー負荷の導出指令を行う。

その後、ミル出口温度偏差導出部２０２は、例えば、負圧式・排ガス循環系のＰＣＩプラントの操業を管理する上位のコンピュータから送信される情報に基づいて、ヒートアップが終了した（給炭を開始する）か否かを判定する。ミル出口温度偏差導出部２０２は、ヒートアップが終了した（給炭を開始する）と判定するまで、ミル出口温度の測定値から、ヒートアップ時のミル出口温度の目標値を減算して、ミル出口温度の測定値の目標値に対する偏差を導出して、ＰＩＤ制御部２０４に対してバーナー負荷の導出指令を行うことを繰り返し行う。

【００２４】

そして、ヒートアップが終了した（給炭を開始する）と判定すると、ミル出口温度偏差導出部２０２は、粉砕時のミル出口温度の目標値をミル出口温度目標値記憶部２０１から読み出す。そして、ミル出口温度偏差導出部２０２は、ミル出口温度の測定値から、粉砕時のミル出口温度の目標値を減算して、ミル出口温度の測定値の目標値に対する偏差を導出する。また、ミル出口温度偏差導出部２０２は、導出した偏差に基づいて、ミル出口温度の測定値が、ミル出口温度の目標値まで低下したか否かを判定する。

【００２５】

この判定の結果、ミル出口温度の測定値が、ミル出口温度の目標値まで低下していない場合、ミル出口温度偏差導出部２０２は、導出した偏差をバーナー一定負荷導出部２０３に出力して、バーナー一定負荷導出部２０３に対してバーナー負荷の導出指令を行う。

一方、ミル出口温度の測定値が、ミル出口温度の目標値まで低下した場合、ミル出口温度偏差導出部２０２は、導出した偏差をＰＩＤ制御部２０４に出力して、ＰＩＤ制御部２０４に対してバーナー負荷の導出指令を行う。

さらに、給炭を開始した後（ヒートアップが終了した後）、一定時間が経過しても、ミル出口温度の測定値が、ミル出口温度の目標値まで低下しない場合、ミル出口温度偏差導出部２０２は、ミル出口温度の測定値を目標値にすることを所定のタイミングで行い、ミル出口温度の測定値の最新の目標値に対する偏差を導出してＰＩＤ制御部２０４に出力し、ＰＩＤ制御部２０４に対してバーナー負荷の導出指令を行う。このようにすることにより、ミル出口温度の目標値を、製品（微粉炭）の温度の目標値に、ランプ状に徐々に下降させることができる。尚、例えば、予め設定された時間（期間）が経過する度に前記所定のタイミングになるようにすることができる。

【００２６】

＜バーナー一定負荷導出部２０３＞

バーナー一定負荷導出部２０３は、ミル出口温度偏差導出部２０２から出力されたバーナー負荷の導出指令を入力すると、原料（石炭）の給炭を開始してから、ミル出口温度の測定値が粉砕時の目標値に低下するまでの間の期間、物質・熱収支モデルの計算を行うことによりバーナー負荷を導出してバーナー負荷出力部２０７に出力する。

ここで、物質・熱収支モデルについて説明する。

［物質・熱収支モデル］

物質・熱収支モデルは、給炭量・製品（微粉炭）の温度（ミル出口温度）・バグ出口排ガス流量（バグフィルター１０７の出口側の位置における配管内の排ガスの流量）・配管内の酸素濃度のそれぞれを目標値に維持するのに必要なバーナー負荷を、負圧式・排ガス循環系のＰＣＩプラントにおける熱の収支のバランスとガスの収支のバランスとをとる計算を行うことにより導出するものである。

【００２７】

[[物質・熱収支モデルを構築する際の仮定]]

本実施形態では、以下の条件の下で、物質・熱収支モデルを構築した。

（ａ）　熱の収支のバランスとガスの収支のバランスとの双方について、非定常的なバランスを無視し、定常的なバランスのみを表現する。

（ｂ）　原料（石炭）に含まれる水分の相変化に必要な熱量を、原料（石炭）から発生する水蒸気量を生成するのに必要な潜熱により計算する。

（ｃ）　燃焼ガス（ＢＦＧ）の燃焼により発生する排ガスの流量を、簡単のため、燃焼ガ

ス（ＢＦＧ）の流量と燃焼エアの流量との和とする。
（ｄ）　循環ファン１１３による昇温効果は、循環ガスにのみ寄与すると単純化し、放散ガスの温度は、ミル出口温度と同じであると仮定する。
（ｅ）　負圧式・排ガス循環系のＰＣＩプラントの系内の温度は、ミル出口温度と同じになると仮定する。
（ｆ）　燃焼ガス（ＢＦＧ）は完全燃焼するものとし、過剰な燃焼エアはそのまま残るものとする。
（ｇ）　バグ出口酸素濃度（バグフィルター１０７の出口側の位置における配管内の酸素ガスの濃度）は、希釈エアの流量の制御により、一定値に維持されるものとする。
（ｈ）　バグ出口排ガス流量（バグフィルター１０７の出口側の位置における配管内の排ガスの流量）は、流量制御により、一定量に維持されるものとする。
【００２８】
[[物質・熱収支モデルに入力するモデルパラメータ]]
　本実施形態の物質・熱収支モデルでは、モデルパラメータとして、以下の操業条件（の目標値）を入力値として与える。
・給炭量
・製品（微粉炭）の温度（ミル出口温度）
・バグ出口排ガス流量
・配管内の酸素濃度
　これらのモデルパラメータ（操業条件）は、操業に応じて任意の値に変更される。
【００２９】
　また、モデルパラメータとして、以下の環境条件を入力値として与える。
・原料（石炭）に含まれる水分量
・製品（微粉炭）に含まれる水分量
・温度（希釈エア・原料・注入ガス）
・比熱（水・ガス・原料（石炭））
・水の潜熱
・燃料のガスカロリー
・バーナーの理論空気量
・バーナーの過剰空気量
・進入エアの流量（想定値）
・シールエアの流量（設計値）
・循環ファン１１３における断熱圧縮に起因する循環ガスの温度上昇分（設計値）
【００３０】
　これらのモデルパラメータ（環境条件）は、半固定値であり、必要に応じて変更される。環境条件としては、物質・熱収支モデルが適用される負圧式・排ガス循環系のＰＣＩプラントにおける平均的な値を採用するのが好ましい。尚、水分量や温度については、例えば、サンプリングを行って予め求めておくことができる。また、バーナーの理論空気量は、燃焼ガスの組成により変化するので、燃焼ガスの組成に基づき設定される。バーナーの過剰空気量の値を大きくすると、燃焼不良を防止することができるので、バーナーの過剰空気量は、この観点から適宜設定される。
【００３１】
[[熱収支モデル]]
　本実施形態では、負圧式・排ガス循環系のＰＣＩプラントに与えられる熱量と消費される熱量とが等しくなることを定式化したものを熱収支モデルとして表現する。負圧式・排ガス循環系のＰＣＩプラントに与えられる熱量と消費される熱量について説明する。
（１）石炭の加熱に必要な熱量の式
　石炭を製品の温度まで加熱するのに必要な熱量ΔQ_{COAL}［ｋｃａｌ］を、以下の（１）式で表す。
　ΔQ_{COAL}＝原料の比熱×給炭量×１０００×（製品の温度－原料の温度）　・・・（１

）
前述したように、給炭量［ｔｏｎ／ｈｒ］と製品の温度は、操業条件として与えられるものであり、原料の比熱［ｋｃａｌ／ｋｇ・℃］と原料の温度［℃］は、環境条件として与えられるものである。
【００３２】
（２）水の加熱に必要な熱量の式
石炭に含まれる水を製品の温度まで加熱するのに必要な熱量ΔＱ（顕熱）［ｋｃａｌ］を、以下の（２）式で表す。
ΔＱ（顕熱）＝水の比熱×ＷＭ×（製品の温度－原料の温度）　・・・（２）
前述したように、水の比熱［ｋｃａｌ／ｋｇ・℃］は、環境条件として与えられるものである。
また、（２）式において、ＷＭは、石炭に含まれる水の単位時間当たりの重量［ｋｇ／ｈｒ］であり、以下の（２ａ）式で表される。
ＷＭ＝給炭量×１０００×原料の水分量／（１００－原料の水分量）　・・・（２ａ）
前述したように、給炭量［ｔｏｎ／ｈｒ］は、操業条件として与えられるものであり、原料の水分量［質量％］は、環境条件として与えられるものである。
【００３３】
（３）水の蒸発に必要な熱量の式
石炭に含まれる水が蒸発するために必要な熱量ΔＱ（潜熱）［ｋｃａｌ］を、以下の（３）式で表す。
ΔＱ（潜熱）＝水の潜熱×ＷＶ　・・・（３）
前述したように、水の潜熱［ｋｃａｌ／ｋｇ］は、環境条件である。
また、（３）式において、ＷＶは、水蒸気として存在する水の単位時間当たりの重量［ｋｇ／ｈｒ］であり、以下の（３ａ）式で表される。
ＷＶ＝給炭量×１０００×｛原料の水分量／（１００－原料の水分量）－製品の水分量／（１００－製品の水分量）｝　・・・（３ａ）
前述したように、給炭量［ｔｏｎ／ｈｒ］は、操業条件として与えられるものであり、原料の水分量［質量％］と製品の水分量［質量％］は、環境条件として与えられるものである。
【００３４】
（４）バーナー燃焼により得られる熱量の式
燃焼ガスによる燃焼により発生する熱量ΔQ_{HGG}［ｋｃａｌ］を、以下の（４）式で表す。
ΔQ_{HGG}＝燃料のガスカロリー×燃焼ガスの流量　・・・（４）
前述したように、燃料のガスカロリー［ｋｃａｌ／Ｎｍ^3］は、環境条件として与えられるものである。燃焼ガスの流量［Ｎｍ^3／ｈｒ］は、決定変数である。
【００３５】
（５）バーナー燃焼により消費される燃焼エアの流量の式
燃焼により消費される燃焼エアの流量［Ｎｍ^3／ｈｒ］を、以下の（５）式で表す。
燃焼エアの流量＝燃焼ガスの流量×理論空気量×過剰空気量　・・・（５）
前述したように、理論空気量［－］と過剰空気量［－］は環境条件として与えられるものである。燃焼エアの流量［Ｎｍ^3／ｈｒ］と燃焼ガスの流量［Ｎｍ^3／ｈｒ］は、決定変数である。
【００３６】
（６）バーナー燃焼により発生する排ガスの流量の式
燃焼ガスの燃焼により発生する排ガスの流量（バーナー燃焼排ガス流量）［Ｎｍ^3／ｈｒ］を、以下の（６）式で表す。
バーナー燃焼排ガス流量＝燃焼ガスの流量＋燃焼エアの流量　・・・（６）
実際には、バーナー燃焼排ガス流量は、燃焼ガスの流量と燃焼エアの流量との和よりも小さいが、これらの和としてバーナー燃焼排ガス流量を表現しても、大きな誤差は生じな

い。尚、燃焼エアの流量［Nm^3／ｈｒ］と燃焼ガスの流量［Nm^3／ｈｒ］は、決定変数として与えられるものである。

【００３７】

（７）循環ファンにおける断熱圧縮による温度上昇の式

循環ファン１１３における断熱圧縮に起因して発生する熱量ΔQ_{FAN}［ｋｃａｌ］を、以下の（７）式で表す。

ΔQ_{FAN}＝循環ガスの流量×ΔＴ×ガスの比熱　・・・（７）

前述したように、ガスの比熱［ｋｃａｌ／ｋｇ・℃］は、環境条件として与えられるものである。ΔＴは、循環ファン１１３における断熱圧縮に起因する循環ガスの温度上昇分［℃］であり、前述したように、環境条件として与えられるものである。循環ガスの流量［Nm^3／ｈｒ］は、以下の（７ａ）式で表される。

【００３８】

循環ガスの流量＝バグ出口排ガス流量－放散ガスの流量　・・・（７ａ）

前述したように、バス出口排ガス流量［Nm^3／ｈｒ］は、操業条件として与えられるものである。放散ガスの流量［Nm^3／ｈｒ］は、以下の（７ｂ）式で表される。

放散ガスの流量＝Σガス流量（ｉ）＋ＷＶ×２２．４／１８　・・・（７ｂ）

（７ｂ）式において、Σガスの流量（ｉ）は、以下の（７ｃ）式で表される。

Σガス流量（ｉ）＝燃焼ガスの流量＋燃焼エアの流量＋希釈エアの流量＋進入エアの流量＋シールエアの流量　・・・（７ｃ）

前述したように、燃焼ガスの流量［Nm^3／ｈｒ］と燃焼エアの流量［Nm^3／ｈｒ］は、決定変数として与えられるものである。進入エアの流量［Nm^3／ｈｒ］とシールエアの流量［Nm^3／ｈｒ］は、環境条件として与えられるものである。ＷＶは、水蒸気として存在する水の単位時間当たりの重量［ｋｇ／ｈｒ］であり、（３ａ）式で表される。希釈エアの流量［Nm^3／ｈｒ］は、決定変数である。尚、（７ｂ）式の「２２．４」は、標準体積（モル体積）［リットル／ｍｏｌ］であり、「１８」は、水の分子量［グラム／ｍｏｌ］である。したがって、（７ｂ）式の「２２．４／１８」は、重量を体積に変換する係数となる。

【００３９】

負圧式・排ガス循環系のＰＣＩプラントに与えられる熱量と消費される熱量とが等しくなると、負圧式・排ガス循環系のＰＣＩプラントにおける熱収支のバランスがとれるので、以上の（１）式～（７）式により、以下の（８）式が、熱収支モデルとして得られる。

$\Sigma\Delta Q_{GAS}$（ｉ）＋ΔQ_{COAL}＋ΔＱ（顕熱）＋ΔＱ（潜熱）＝ΔQ_{HGG}＋ΔQ_{FAN}　・・・（８）

（８）式において、左辺が、負圧式・排ガス循環系のＰＣＩプラントで消費する熱量の合計であり、右辺が、負圧式・排ガス循環系のＰＣＩプラントに与えられる熱量の合計である。

また、$\Sigma\Delta Q_{GAS}$（ｉ）は、以下の（８ａ）式で表される。

$\Sigma\Delta Q_{GAS}$（ｉ）＝Σ[ガス（ｉ）の比熱×ガス（ｉ）の流量×（製品の温度－ガス（ｉ）の注入温度）]　・・・（８ａ）

ガス（ｉ）は、燃焼ガス、燃焼エア、希釈エア、進入エア、及びシールエアであり、これらのガスについての（８ａ）式の[]内の値の積算値を（８ａ）式で導出する。

尚、前述したように、製品の温度は、操業条件として与えられるものであり、ガスの比熱と注入温度は、環境条件として与えられるものである。また、燃焼ガスの流量［Nm^3／ｈｒ］、燃焼エアの流量［Nm^3／ｈｒ］、及び希釈エアの流量［Nm^3／ｈｒ］は、決定変数である。燃焼ガスの流量［Nm^3／ｈｒ］と燃焼エアの流量［Nm^3／ｈｒ］は、（５）式、（６）式により表現される。さらに、進入エアの流量［Nm^3／ｈｒ］とシールエアの流量［Nm^3／ｈｒ］は、環境条件として与えられるものである。

【００４０】

[[物質収支モデル]]

負圧式・排ガス循環系のＰＣＩプラントに注入されたガスと、負圧式・排ガス循環系の

ＰＣＩプラントで発生したガスは十分に混合し、これらのガスの注入量と発生量の和と同じ量のガスが煙突１１４を介して大気中に放出されることを定式化したものを物質収支モデルとして表現する。具体的には、以下の（９）式により物質収支モデルを表現する。

配管内の酸素濃度＝[（シールエアの流量＋進入エアの流量＋希釈エアの流量＋燃焼エアの流量×０．１）／放散ガスの流量]×２１　・・・（９）

前述したように、希釈エアの流量［Nm^3／ｈｒ］、及び燃焼エアの流量［Nm^3／ｈｒ］は、決定変数である。また、配管内の酸素濃度［体積％］は、操業条件として与えられるものであり、進入エアの流量［Nm^3／ｈｒ］とシールエアの流量［Nm^3／ｈｒ］は、環境条件として与えられるものである。さらに、放散ガスの流量［Nm^3／ｈｒ］は、（７ｂ）式及び（７ｃ）式により表される。尚、（９）式の右辺において、「燃焼エアの流量×０．１」は、燃焼反応で余ったエアの流量である。

【００４１】

バーナー一定負荷導出部２０３は、以上の（１）式～（９）式の全てを満足する計算を行って、決定変数（燃焼ガスの流量、燃焼エアの流量、及び希釈エアの流量）を導出する。具体的に、これらの決定変数の導出は、例えば、（８）式及び（９）式の反復計算を所定の収束条件を満足するまで行うことにより実現できる。すなわち、（１）式～（８）式で導出された燃焼ガスの流量・燃焼エアの流量を（９）式に与えて希釈エアの流量を導出し、導出した希釈エアの流量を（７ｃ）式に与えて（１）式～（８）式により燃焼ガスの流量・燃焼エアの流量を導出することを、各決定変数の解が収束するまで行う。

【００４２】

バーナー一定負荷導出部２０３は、以上のようにして導出した燃焼ガスの流量から、以下の（１０）式の計算を行ってバーナー負荷［％］を導出する。

バーナー負荷＝（燃焼ガスの流量／バーナーに供給できる燃焼ガスの流量の最大値）×１００　・・・（１０）

【００４３】

＜ＰＩＤ制御部２０４＞

ＰＩＤ制御部２０４は、ミル出口温度偏差導出部２０２から出力されたバーナー負荷の導出指令を入力すると、当該バーナー負荷の導出指令と共に入力したミル出口温度の測定値の目標値に対する偏差を入力として、比例動作、積分動作、及び微分動作を行い、操作量としてバーナー負荷を導出してバーナー負荷出力部２０７に出力することを繰り返して、ミル出口温度の測定値を目標値に近づける制御（ＰＩＤ制御）を行う。

【００４４】

＜ＦＦ制御部２０５＞

ＦＦ制御部２０５は、給炭量の目標値が（一時的に）変更されている場合に起動し、前述した物質・熱収支モデルの計算の結果に基づいて、給炭量の目標値に応じたバーナー負荷（の修正量）を操作量として導出する。このとき、物質・熱収支モデルの決定変数（燃焼ガスの流量、燃焼エアの流量、及び希釈エアの流量）については現在値を採用する。一方、環境条件については、半固定値として予め設定された値を採用する。給炭量の目標値が変更されたか否かは、例えば、負圧式・排ガス循環系のＰＣＩプラントの操業を管理する上位のコンピュータから送信される情報に基づいて行うことができる。

【００４５】

尚、給炭量とバーナー負荷（の修正量）との関係を表す情報を予め記憶してもよい。給炭量とバーナー負荷（の修正量）との関係を表す情報としては、例えば、給炭量とバーナー負荷（の修正量）との関係を表す関係式や、給炭量とバーナー負荷とを相互に関連付けたテーブルを用いることができる。尚、必ずしも、全ての条件について給炭量とバーナー負荷（の修正量）との関係を表す情報を記憶する必要はない。記憶されていない情報については記憶されている情報を用いて、線形補間又は非線形補間を行うことにより求めることができる。

【００４６】

＜バーナー負荷導出部２０６＞

バーナー負荷導出部２０６は、ＦＦ制御部２０５でバーナー負荷が導出された場合にのみ起動し、ＰＩＤ制御部２０４で導出されたバーナー負荷に、ＦＦ制御部２０５で導出されたバーナー負荷（の修正量）を加算して最終的なバーナー負荷を導出する。

＜バーナー負荷出力部２０７＞

バーナー負荷出力部２０７は、バーナー一定負荷導出部２０３又はバーナー負荷導出部２０６によりバーナー負荷が導出されると、当該バーナー負荷を示す情報を、熱ガス発生装置１０１に出力する。

熱ガス発生装置１０１に設けられたプログラマブルロジックコントローラ（ＰＬＣ）は、例えば、バーナーに供給されている燃料ガス及び燃焼エアの流量の測定値が、バーナー負荷出力部２０７から出力されたバーナー負荷から得られる目標値に近づくように、バーナーに供給する燃焼ガス・燃焼エアの流量を調整する弁の開度をそれぞれ調整するフィードバック制御を行う。

【００４７】

（動作フローチャート）

次に、図３のフローチャートを参照しながら、粉砕プラント温度制御装置２００の動作の一例を説明する。

まず、ステップＳ３０１において、ミル出口温度偏差導出部２０２は、ヒートアップを開始するタイミングになるまで待機する。そして、ヒートアップを開始するタイミングになると、ステップＳ３０２に進む。

【００４８】

次に、ステップＳ３０２において、ミル出口温度偏差導出部２０２は、ル出口温度の測定値から、ヒートアップ時のミル出口温度の目標値を減算して、ミル出口温度の測定値の目標値に対する偏差を導出する。

次に、ステップＳ３０３において、ＰＩＤ制御部２０４は、ステップＳ３０２で導出された偏差を入力として、比例動作、積分動作、及び微分動作を行い、操作量として当該偏差が０（ゼロ）になるバーナー負荷を導出する。

尚、ヒートアップ時には、ＦＦ制御部２０５は、バーナー負荷として０（ゼロ）を出力するか、バーナー負荷を導出しないことを示す情報を出力するので、バーナー負荷導出部２０６は、ＰＩＤ制御部２０４で導出されたバーナー負荷を最終的なバーナー負荷として採用する。

【００４９】

次に、ステップＳ３０４において、バーナー負荷出力部２０７は、ステップＳ３０３で導出されたバーナー負荷を示す情報を、熱ガス発生装置１０１に出力する。

次に、ステップＳ３０５において、ミル出口温度偏差導出部２０２は、ヒートアップが終了した（給炭を開始する）か否かを判定する。

この判定の結果、ヒートアップが終了していない（給炭を開始しない）場合には、ステップＳ３０２に戻り、ヒートアップが終了した（給炭を開始する）と判定されるまで、ステップＳ３０２～Ｓ３０５の処理を繰り返し行う。

【００５０】

一方、ヒートアップが終了した（給炭を開始する）場合には、ステップＳ３０６に進む。ステップＳ３０６に進むと、ミル出口温度偏差導出部２０２は、ミル出口温度の測定値から、粉砕時のミル出口温度の目標値を減算して、ミル出口温度の測定値の目標値に対する偏差を導出する。

次に、ステップＳ３０７において、ミル出口温度偏差導出部２０２は、ミル出口温度の測定値が、ミル出口温度の目標値まで低下したか否かを判定する。この判定の結果、ミル出口温度の測定値が、ミル出口温度の目標値まで低下した場合には、後述するステップＳ３１３に進む。

【００５１】

一方、ミル出口温度の測定値が、ミル出口温度の目標値まで低下し丁ない場合には、ステップＳ３０８に進む。前述したように、ヒートアップ時のミル出口温度の目標値は、粉

砕時のミル出口温度の目標値よりも高いので、少なくとも初めてステップＳ３０７の判定を行った際には、ミル出口温度の測定値が、ミル出口温度の目標値まで低下していないと判定される。

ステップＳ３０８に進むと、ミル出口温度偏差導出部２０２は、給炭を開始してから（ヒートアップが終了してから）一定時間が経過したか否かを判定する。この判定の結果、給炭を開始してから一定時間が経過した場合には、後述するステップＳ３１６に進む。

【００５２】

一方、給炭を開始してから一定時間が経過していない場合には、ステップＳ３０９に進む。ステップＳ３０９に進むと、バーナー一定負荷導出部２０３は、物質・熱収支モデルの計算（（１）式～（１０）式の計算）を行って、バーナー負荷を導出しているか否かを判定する。この判定の結果、バーナー負荷を導出している場合には、当該バーナー負荷に基づく空燃比制御が行われているので、後述するステップＳ３１２に進む。

【００５３】

一方、バーナー負荷を導出していない場合には、ステップＳ３１０に進み、バーナー一定負荷導出部２０３は、物質・熱収支モデルの計算（（１）式～（１０）式の計算）を行って、バーナー負荷を導出する。

次に、ステップＳ３１１において、バーナー負荷出力部２０７は、ステップＳ３１０で導出されたバーナー負荷を示す情報を、熱ガス発生装置１０１に出力する。

次に、ステップＳ３１２において、ミル出口温度偏差導出部２０２は、粉砕を終了するか否かを判定する。この判定は、例えば、負圧式・排ガス循環系のＰＣＩプラントの操業を管理する上位のコンピュータから送信される情報に基づいて行うことができる。

この判定の結果、粉砕を終了する場合には、図３のフローチャートによる処理を終了する。

【００５４】

一方、粉砕を終了しない場合には、ステップＳ３０６に戻る。

前述したように、ステップＳ３０７において、ミル出口温度の測定値が、ミル出口温度の目標値まで低下したと判定されると、ステップＳ３１３に進む。ステップＳ３１３に進むと、ＰＩＤ制御部２０４は、ステップＳ３０６で導出された偏差を入力として、比例動作、積分動作、及び微分動作を行い、フィードバック制御の操作量として、当該偏差が０（ゼロ）になるバーナー負荷を導出する。

次に、ステップＳ３１４において、ＦＦ制御部２０５は、給炭量の目標値が変更されているか否かを判定する。この判定の結果、給炭量の目標値が変更されていない場合には、ステップＳ３１５、Ｓ３１６を省略して後述するステップＳ３１７に進む。

一方、給炭量の目標値が変更されている場合には、ステップＳ３１５に進み、ＦＦ制御部２０５は、フィードフォワード制御の操作量として、給炭量の目標値に応じたバーナー負荷（の修正量）を導出する。

【００５５】

次に、ステップＳ３１６において、バーナー負荷導出部２０６は、ステップＳ３１３で導出されたバーナー負荷に、ステップＳ３１５で導出されたバーナー負荷（の修正量）を加算して最終的なバーナー負荷を導出する。

そして、前述したステップＳ３１１に進む。ステップＳ３１６からステップＳ３１１に進んだ場合には、ステップＳ３１１において、バーナー負荷出力部２０７は、ステップＳ３１６で導出されたバーナー負荷を示す情報を、熱ガス発生装置１０１に出力する。

【００５６】

また、前述したように、ステップＳ３０８において、給炭を開始してから一定時間が経過したと判定された場合には、ステップＳ３１７に進む。ステップＳ３１７に進むと、ミル出口温度偏差導出部２０２は、ミル出口温度の目標値を変更するタイミングになったか否かを判定する。

この判定の結果、ミル出口温度の目標値を変更するタイミングになった場合には、ステップＳ３１８に進む。ステップＳ３１８に進むと、ミル出口温度偏差導出部２０２は、ミ

ル出口温度の測定値を目標値にし、ミル出口温度の測定値の最新の目標値に対する偏差を導出する。そして、前述したステップＳ３１３に進む。

【００５７】

ステップＳ３１８からステップＳ３１３に進んだ場合には、ステップＳ３１３において、ＰＩＤ制御部２０４は、ステップＳ３１８で導出された偏差を入力として、比例動作、積分動作、及び微分動作を行い、フィードバック制御の操作量として、当該偏差が０（ゼロ）になるバーナー負荷を導出する。

一方、ステップＳ３１７の判定の結果、ミル出口温度の目標値を変更するタイミングになっていない場合には、ステップＳ３１８を省略してステップＳ３１３に進む。ステップＳ３１７からステップＳ３１３に進んだ場合には、ステップＳ３１３において、ＰＩＤ制御部２０４は、ステップＳ３１８で既に導出されている最新の偏差を入力として、比例動作、積分動作、及び微分動作を行い、フィードバック制御の操作量として、当該偏差が０（ゼロ）になるバーナー負荷を導出する。

【００５８】

（第１の実施例）

図４～図６は、給炭を開始してから、ミル出口温度が目標値に低下するまでの間、物質・熱収支モデルの計算で得られたバーナー負荷に基づいて空燃比制御を行うことによる効果を示すものである。

具体的に、図４は、ミル出口温度と経過時間との関係の一例を示す図であり、図４（ａ）が実施例を示し、図４（ｂ）が比較例を示す図である。図５は、バーナー負荷と経過時間との関係の一例を示す図であり、図５（ａ）が実施例を示し、図５（ｂ）が比較例を示す図である。図６は、ミル入口温度と経過時間との関係の一例を示す図であり、図６（ａ）が実施例を示し、図６（ｂ）が比較例を示す図である。

図４の縦軸のミル出口温度は、粉砕時の目標値（製品の温度の目標値）を０（ゼロ）としたときの値である。図６の縦軸のミル入口温度は、ミル１０５（機械）の耐熱温度を０（ゼロ）としたときの値である。

【００５９】

図４（ａ）、図５（ａ）、図６（ａ）に示す実施例では、給炭を開始してから、ミル出口温度が粉砕時の目標値に低下するまでの間、バーナー負荷の目標値を、物質・熱収支モデルの計算で得られたバーナー負荷（一定）にした。そして、ミル出口温度が粉砕時の目標値になると、ＰＩＤ制御（フィードバック制御）を行った。

図４（ｂ）、図５（ｂ）、図６（ｂ）に示す比較例では、給炭を開始すると同時に、ＰＩＤ制御（フィードバック制御）を行った。

【００６０】

図４（ａ）において、グラフ４０１はミル出口温度の測定値であり、グラフ４０２はミル出口温度の粉砕時の目標値である。また、図４（ｂ）において、グラフ４０３はミル出口温度の測定値であり、グラフ４０４はミル出口温度の粉砕時の目標値である。

図５（ａ）において、グラフ５０１はバーナー負荷の実績値であり、グラフ５０２はバーナー負荷の指令値である。また、図５（ｂ）において、グラフ５０３はバーナー負荷の実績値であり、グラフ５０４はバーナー負荷の指令値である。

図６において、グラフ６０１、６０２は共にミル入口温度の測定値である。

【００６１】

図４（ｂ）、図５（ｂ）に示す比較例のように、給炭を開始すると同時に、ＰＩＤ制御（フィードバック制御）を行うと、ミル出口温度の応答が遅いために、ミル出口温度がフィードバック制御によりバーナー負荷が大きくなっても、ミル出口温度は製品の温度の目標値に留まることができず、低下をし続けた。そして、図６（ｂ）に示すように、バーナー負荷が大きくなることによりミル入口温度が上昇し、ミル１０５（機械）の耐熱温度を上回る虞があったため、途中で手動介入を行い、バーナー負荷を５０［％］で一定となるようにした（図５（ｂ）のグラフ５０４のバーナー負荷が５０［％］で一定となっている部分を参照）。その後、ＰＩＤ制御（フィードバック制御）を再開したが、図４（ｂ）に

示すように、ミル出口温度の下降は止まらなかった。一方、図５（ｂ）に示すように、ＰＩＤ制御（フィードバック制御）を再開すると、バーナー負荷が再び急激に上昇した。この結果、図６（ｂ）に示すように、ミル入口温度が上昇し、ミル１０５（機械）の耐熱温度を５０［℃］上回る値になった。そこで、粉砕を継続できないと判断し、操業を中断した。

【００６２】

一方、本実施例では、ミル出口温度が製品温度の目標値付近まで低下してからＰＩＤ制御（フィードバック制御）を行うので、ミル出口温度の偏差が小さい状態でＰＩＤ制御（フィードバック制御）を行うことができ、制御出力の変化量が小さくなる。このため、図５（ａ）に示すように、ミル出口温度は、製品温度の目標値付近の値まで低下した後、当該製品温度の目標値付近の値に略収束すると共に、図６（ａ）に示すように、ミル入口温度は、ミル１０５（機械）の耐熱温度を下回る値まで上昇した後、当該ミル１０５（機械）の耐熱温度を下回る値に速やかに収束した。

【００６３】

（第２の実施例）

図７～図１０は、給炭量の目標値が変更されているときに、物質・熱収支モデルに基づくフィードフォワード制御をフィードバック制御と併用することによる効果を示すものである。

具体的に、図７は、ミル出口温度及び給炭量と経過時間との関係の一例を示す図であり、図７（ａ）が実施例を示し、図７（ｂ）が比較例を示す図である。図４と同様に、図７の縦軸のミル出口温度は、粉砕時の目標値（製品の温度の目標値）を０（ゼロ）としたときの値である。図８は、バーナー負荷と経過時間との関係の一例を示す図であり、図８（ａ）が実施例を示し、図８（ｂ）が比較例を示す図である。図９は、バーナー負荷と給炭量との関係の一例を示す図である。図１０は、製品の温度（ミル出口温度）の目標値からのずれ量の一例を示す図である。尚、図９、図１０は、図７、図８に示すデータを用いて作成されたものである。

【００６４】

図７（ａ）、図８（ａ）に示す実施例では、給炭量の設定値（グラフ７０１）が変更されている間だけ、ＦＦ制御部２０５を動作させ、ＰＩＤ制御部２０４で導出されたバーナー負荷に、ＦＦ制御部２０５で導出されたバーナー負荷（の修正量）を加算して最終的なバーナー負荷とした。

図７（ａ）において、グラフ７０１は、給炭量の設定値であり、グラフ７０２は、ミル出口温度の測定値であり、図７（ｂ）において、グラフ７０３は、給炭量の設定値であり、グラフ７０４は、ミル出口温度の測定値である。また、図８において、グラフ８０１、８０２は共にバーナー負荷の実績値である。

図７（ｂ）、図８（ｂ）に示す比較例のように、給炭量の設定値が変更されているときにＰＩＤ制御（フィードバック制御）のみを行い、物質・熱収支モデルに基づくフィードフォワード制御を行わないと、給炭量の設定値が変更されたときにミル出口温度を補償しきれずに、ミル出口温度の測定値が目標値に対し約４．５［℃］の温度変化を示した（図１０の「ＦＦ制御なし」も参照）。

【００６５】

一方、図７（ａ）、図８（ａ）に示す本実施例のように、給炭量の設定値が変更されているときにＰＩＤ制御（フィードバック制御）に加えて、物質・熱収支モデルに基づくフィードフォワード制御を行うと、給炭量の設定値が変更されたときでもミル出口温度を適切に補償することができ、ミル出口温度の測定値の目標値に対するバラつき範囲は約１．５［℃］程度になり、ミル出口温度の制御の精度を向上させることができることが分かる（図１０の「ＦＦ制御あり」も参照）。

【００６６】

また、図９に示すように、比較例では、ミル出口温度のバラつきが大きくなるためバーナー負荷と給炭量の設定値との相関が低いのに対し（図９の「ＦＦ制御なし」を参照）、

本実施例では、ミル出口温度にバラつきが小さくなるためバーナー負荷と給炭量の設定値との相関が高くなる（図９の「ＦＦ制御あり」を参照）。これは、物質・熱収支モデルに基づくフィードフォワード制御を行うことにより、ミル出口温度の制御の制御性が改善されていることを示す。

【００６７】

（まとめ）

以上のように本実施形態では、ヒートアップ時には、ミル出口温度の測定値の目標値に対する偏差に基づいてＰＩＤ制御を行い、ヒートアップが終了して給炭を開始すると、ミル出口温度が目標値まで低下するまでの間、操業条件の目標値に応じた一定の流量の燃焼ガス（バーナー負荷）を熱ガス発生装置１０１に与えて熱風を発生させる。そして、ミル出口温度が目標値に低下すると、ミル出口温度の測定値の目標値に対する偏差に基づいてＰＩＤ制御を再開する。したがって、給炭が開始してもＰＩＤ制御を継続する場合のように、ミル出口温度の下降が止まらなくなることを抑制することができ、ミル出口温度を高精度に制御することができる。また、ミル出口温度の下降が止まらなくなることに伴って熱ガス発生装置１０１に与える熱量（バーナー負荷）が過大になることを抑制することができ、ミル１０５の温度が、その耐熱温度よりも高い温度になることを防止することができる。

【００６８】

また、本実施形態では、負圧式・排ガス循環系のＰＣＩプラントに与える熱量と、負圧式・排ガス循環系のＰＣＩプラントで消費される熱量とのバランスをとる熱収支の計算と、負圧式・排ガス循環系のＰＣＩプラントに注入されるガスの流量と、負圧式・排ガス循環系のＰＣＩプラントで発生するガスの流量との和と、負圧式・排ガス循環系のＰＣＩプラントから排出されるガスの流量とのバランスをとる物質収支の計算と、を行って（物質・熱収支モデルの計算を行って）、操業条件（給炭量・製品の温度・バグ出口排ガス流量・酸素濃度）を目標値に維持するために熱ガス発生装置１０１に与える必要がある燃焼ガスの流量（バーナー負荷）を導出する。したがって、負圧式・排ガス循環系のＰＣＩプラントの仕様、操業条件、及び環境条件に応じて、ミル出口温度を目標値にするために一定にすべきバーナー負荷を正確に導出することができる。

【００６９】

また、本実施形態では、給炭量と、バーナー負荷（の修正量）との関係を、物質・熱収支モデルの計算に基づいて導出し、給炭量の設定値が変更されている間は、給炭量の設定値に応じたバーナー負荷（の修正量）を、ＰＩＤ制御により得られたバーナー負荷に加算してフィードフォワード制御を行った。したがって、給炭量の変更がある場合でも、ミル出口温度を目標値に高精度に近づけることができる。

【００７０】

（変形例）

本実施形態では、負圧式・排ガス循環系のＰＣＩプラントに粉砕プラント温度制御装置２００を適用したが、負圧式・排ガス循環系のＰＣＩプラント以外の負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントにも粉砕プラント温度制御装置２００を適用することができる。例えば、セメントを製造するための負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントにも粉砕プラント温度制御装置２００を適用することができる。

【００７１】

また、本実施形態では、バーナー一定負荷導出部２０３は、操業条件の目標値と環境条件を物質・熱収支モデルに入力して反復計算を行った結果から、バーナー負荷を導出する場合を例に挙げて説明した。しかしながら、必ずしもこのようにする必要はない。例えば、操業条件の目標値と環境条件に応じたバーナー負荷を、物質・熱収支モデルを用いて導出することを、操業条件の目標値と環境条件とを異ならせて実行し、その結果から、操業条件の目標値及び環境条件とバーナー負荷との関係を表す情報を導出して予め記憶しておいてもよい。操業条件の目標値及び環境条件とバーナー負荷との関係を表す情報は、これらの関係を表す関係式でも、これらを相互に関連付けたテーブルであってもよい。操業条

件の目標値及び環境条件とバーナー負荷との関係を表す情報をテーブルとした場合、必ずしも、全ての条件について、操業条件の目標値及び環境条件とバーナー負荷との関係を表す情報を記憶する必要はない。記憶されていない情報については記憶されている情報を用いて、線形補間又は非線形補間を行うことにより求めることができる。

【００７２】

また、本実施形態では、ミル出口温度が目標値まで低下するまでの間、操業条件の目標値に応じた一定の流量の燃焼ガス（バーナー負荷）を熱ガス発生装置１０１に与えて熱風を発生させるようにした。しかしながら、必ずしもミル出口温度が目標値に厳密に一致するまでこのような動作を行う必要はない。すなわち、ミル出口温度が目標値付近の所定値まで低下する間、操業条件の目標値に応じた一定の流量の燃焼ガス（バーナー負荷）を熱ガス発生装置１０１に与えて熱風を発生させるようにしてもよい。

また、前述したように、給炭量の設定値が変更されている間は、物質・熱収支モデルの計算に基づくフィードフォワード制御を行うことが好ましいが、必ずしも、この制御を行わなくてもよい。

また、本実施形態では、ＰＩＤ制御を行うようにしたが、ミル出口温度の測定値を目標値に近づける制御であれば、どのような制御を行ってもよい。

【００７３】

尚、以上説明した本発明の実施形態は、コンピュータがプログラムを実行することによって実現することができる。また、前記プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体及び前記プログラム等のコンピュータプログラムプロダクトも本発明の実施形態として適用することができる。記録媒体としては、例えば、フレキシブルディスク、ハードディスク、光ディスク、光磁気ディスク、ＣＤ－ＲＯＭ、磁気テープ、不揮発性のメモリカード、ＲＯＭ等を用いることができる。

また、以上説明した本発明の実施形態は、何れも本発明を実施するにあたっての具体化の例を示したものに過ぎず、これらによって本発明の技術的範囲が限定的に解釈されてはならないものである。すなわち、本発明はその技術思想、またはその主要な特徴から逸脱することなく、様々な形で実施することができる。

【００７４】

（請求項との関係）

［請求項１、７］

熱風発生装置は、例えば、熱ガス発生装置１０１により実現される。

粉砕機は、例えば、ミル１０５により実現される。

捕集機は、例えば、バグフィルター１０７により実現される。

温度計は、例えば、ミル出口温度計１１０により実現される。

経路は、例えば、図１において、熱ガス発生装置１０１とミル１０５、ミル１０５とバグフィルター１０７、バグフィルター１０７とダンパー１１２、ダンパー１１２と循環ファン１１３、循環ファン１１３と循環系圧力調整弁１１６、循環系圧力調整弁１１６と熱ガス発生装置１０１をそれぞれ繋ぐ配管により実現される。

ヒートアップ時ガス流量制御手段（工程）は、例えば、ＰＩＤ制御部２０４が図３のステップＳ３０２、Ｓ３０３の処理を行い、バーナー負荷出力部２０７が図３のステップＳ３０４の処理を行うことにより実現される。

給炭開始時ガス流量制御手段（工程）は、例えば、バーナー一定負荷導出部２０３が図３のステップＳ３１０の処理を行い、バーナー負荷出力部２０７が図３のステップＳ３１１の処理を行うことにより実現される。

定常時ガス流量制御手段（工程）は、例えば、ＰＩＤ制御部２０４が図３のステップＳ３１３の処理を行い、バーナー負荷出力部２０７が図３のステップＳ３１１の処理を行うことにより実現される。

［請求項２、８］

負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントにおける熱収支の計算は、例えば、（８）式の計算により実現される。

負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントにおけるガスの収支の計算は、例えば、（９）式の計算により実現される。

［請求項３、９］

原料量変更時ガス流量導出手段（工程）は、例えば、ＦＦ制御部２０５が図３のステップＳ３１５の処理を行うことにより実現される。

定常時ガス流量制御手段（工程）は、例えば、ＰＩＤ制御部２０４が図３のステップＳ３１３の処理を行い、バーナー負荷導出部２０６が図３のステップＳ３１６の処理を行い、バーナー負荷出力部２０７が図３のステップＳ３１１の処理を行うことにより実現される。

［請求項４、１０］

熱風発生装置により発生する熱量と、排ガスを循環させるためのファンで発生する熱量との和は、例えば、（８）式の右辺により実現される。

ガスのそれぞれをミル出口温度の目標値まで加熱するのに必要な熱量と、原料を前記ミル出口温度まで加熱するのに必要な熱量と、原料に含まれる水分を液相から気相にするのに必要な熱量と、原料に含まれる水分をミル出口温度まで加熱するのに必要な熱量との和は、例えば、（８）式の左辺により実現される。

負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントの配管内に存在する空気の流量の合計値は、例えば、（９）式の「（シールエアの流量＋進入エアの流量＋希釈エアの流量＋燃焼エアの流量×０．１）」により実現される。

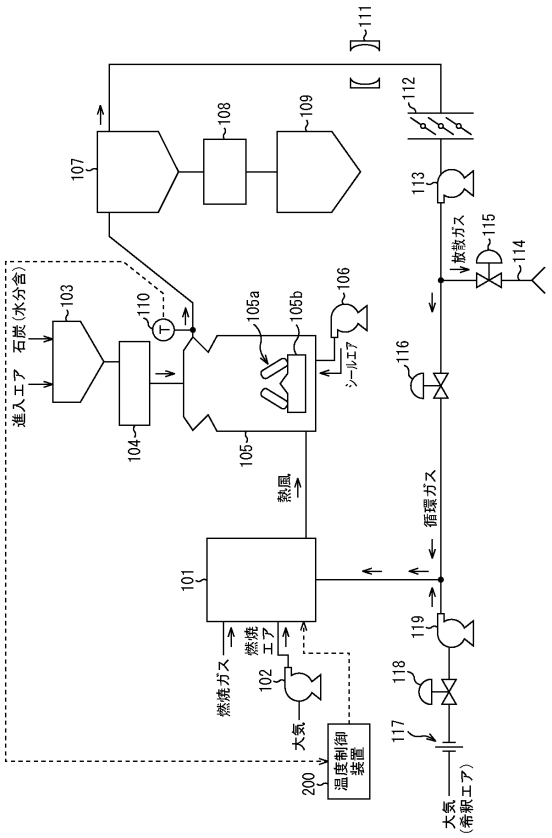
負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントに注入されるガスの流量と負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントで発生するガスの流量と負圧式・排ガス循環系の粉砕プラントで発生する水蒸気の流量との合計値は、例えば、（９）式の「放散ガスの流量」により実現される。

【符号の説明】

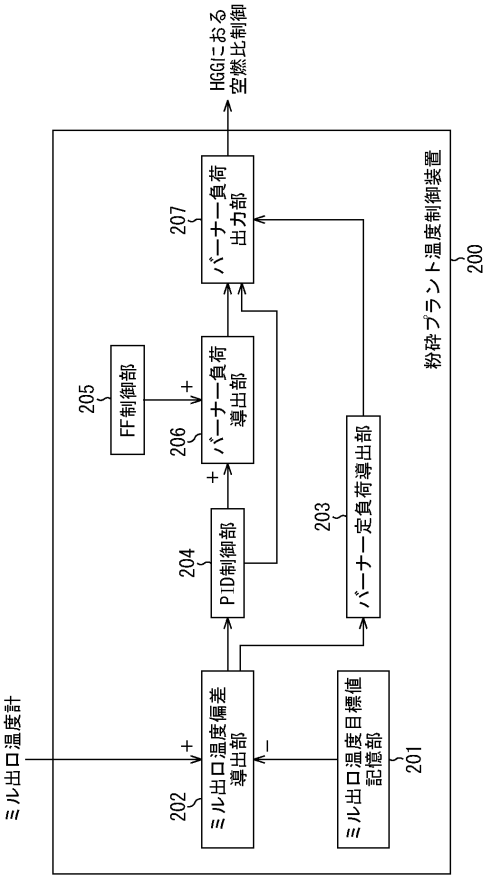
【００７５】

１０１　熱ガス発生装置
１０３　バンカー
１０４　給炭機
１０５　ミル
１０７　バグフィルター
１１０　ミル出口温度計
２００　粉砕プラント温度制御装置
２０１　ミル出口温度目標値記憶部
２０２　ミル出口温度偏差導出部
２０３　バーナー一定負荷導出部
２０４　ＰＩＤ制御部
２０５　ＦＦ制御部
２０６　バーナー負荷導出部
２０７　バーナー負荷出力部

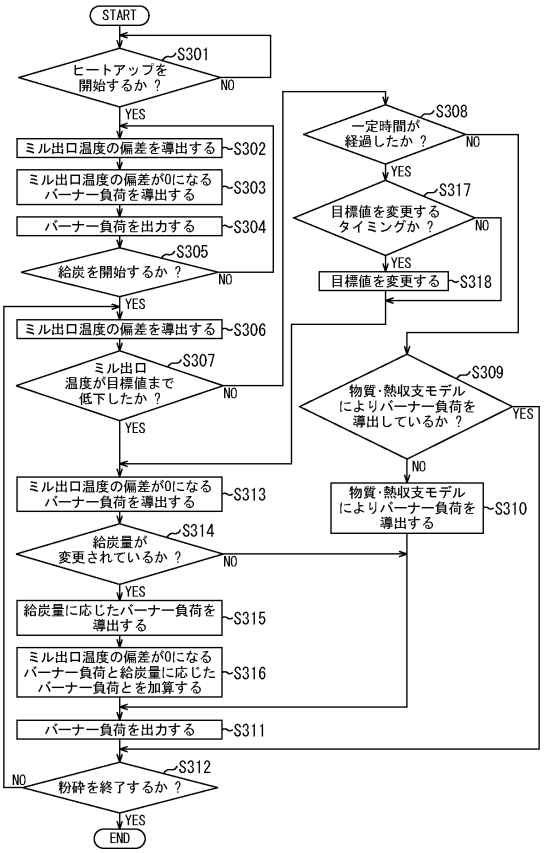
【図１】


111
112
108
109
107
113
放散ガス
115
114
進入エア
石炭（水分含）
103
110
105a
105b
106
シールエア
116
104
105
熱風
循環ガス
101
119
燃焼ガス
燃焼エア
102
118
大気
117
200
温度制御装置
大気（希釈エア）

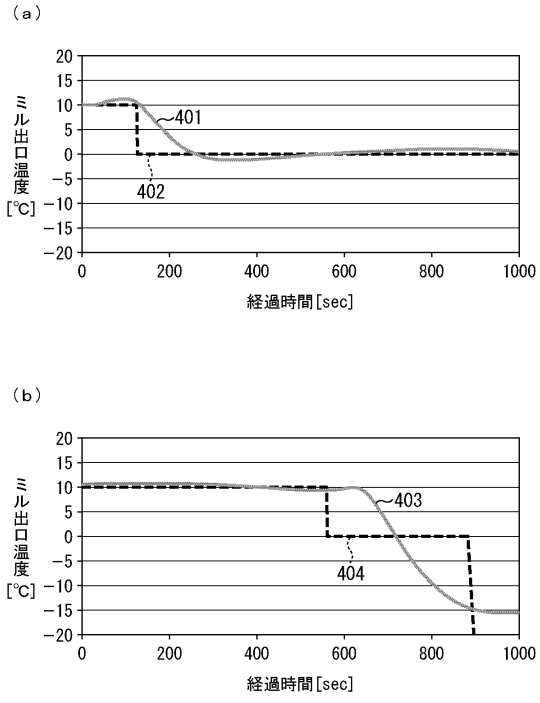
【図２】


HGGIにおける空燃比制御
207
バーナー負荷出力部
粉砕プラント温度制御装置
200
205
FF制御部
206
バーナー負荷導出部
204
PID制御部
203
バーナー定負荷導出部
ミル出口温度計
202
ミル出口温度偏差導出部
ミル出口温度目標値記憶部
201

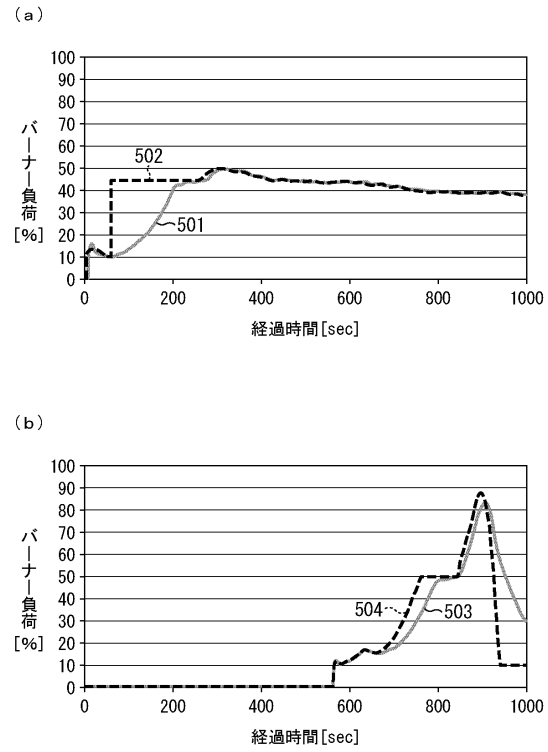
【図３】


START
S301
ヒートアップを開始するか ？
NO
YES
ミル出口温度の偏差を導出する
S302
ミル出口温度の偏差が0になるバーナー負荷を導出する
S303
バーナー負荷を出力する
S304
S305
給炭を開始するか ？
NO
YES
ミル出口温度の偏差を導出する
S306
S307
ミル出口温度が目標値まで低下したか ？
NO
YES
ミル出口温度の偏差が0になるバーナー負荷を導出する
S313
S314
給炭量が変更されているか ？
NO
YES
給炭量に応じたバーナー負荷を導出する
S315
ミル出口温度の偏差が0になるバーナー負荷と給炭量に応じたバーナー負荷とを加算する
S316
バーナー負荷を出力する
S311
S312
粉砕を終了するか ？
NO
YES
END
S308
一定時間が経過したか ？
NO
YES
S317
目標値を変更するタイミングか ？
NO
YES
目標値を変更する
S318
S309
物質・熱収支モデルによりバーナー負荷を導出しているか ？
YES
NO
物質・熱収支モデルによりバーナー負荷を導出する
S310

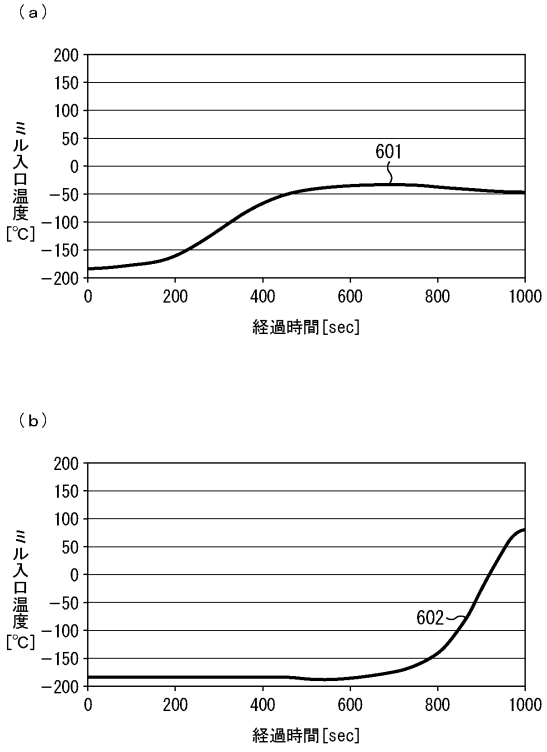
【図４】


（a）
炉温口圧ミル
[℃]
20
15
10
5
0
−5
−10
−15
−20
0
200
400
600
800
1000
経過時間[sec]
401
402
（b）
炉温口圧ミル
[℃]
経過時間[sec]
403
404

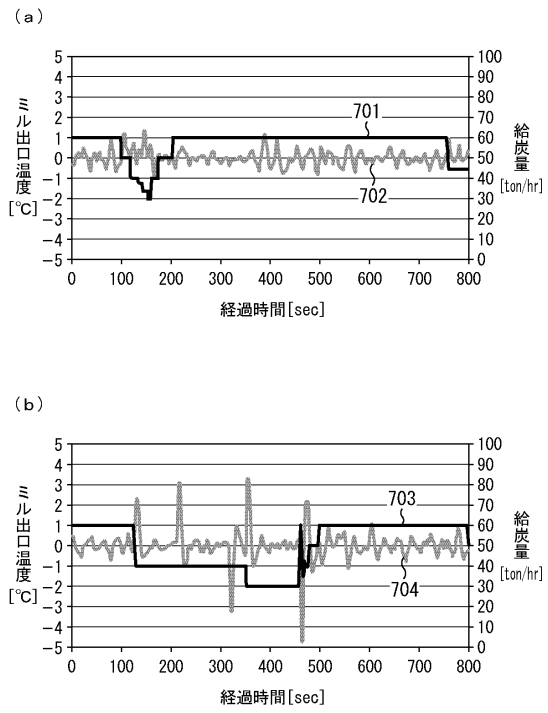
【図５】


（ａ）
バーナー負荷[%]
502
501
経過時間[sec]
（ｂ）
バーナー負荷[%]
504
503
経過時間[sec]

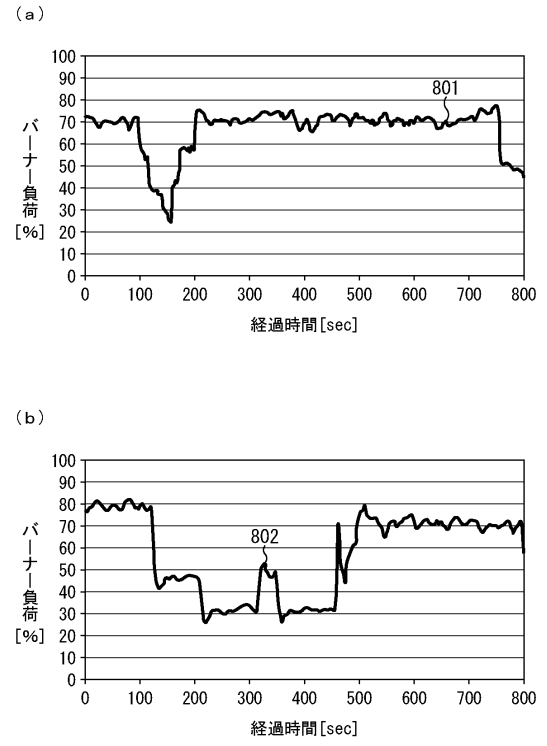
【図６】


（ａ）
ミル入口温度[℃]
601
経過時間[sec]
（ｂ）
ミル入口温度[℃]
602
経過時間[sec]

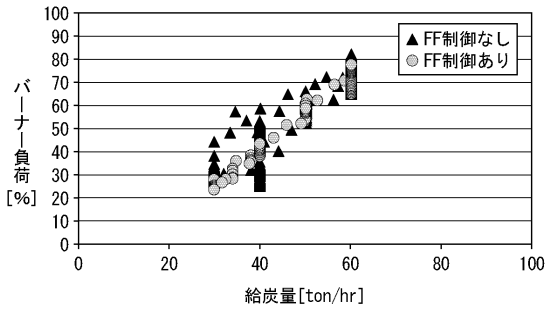
【図７】


（ａ）
ミル出口温度[℃]
給炭量[ton/hr]
701
702
経過時間[sec]
（ｂ）
ミル出口温度[℃]
給炭量[ton/hr]
703
704
経過時間[sec]

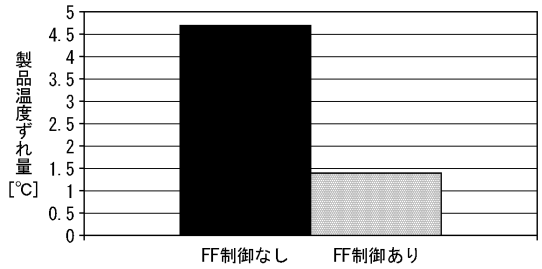
【図８】


（ａ）
バーナー負荷[%]
801
経過時間[sec]
（ｂ）
バーナー負荷[%]
802
経過時間[sec]

【図９】


▲FF制御なし
FF制御あり
バーナー負荷[%]
給炭量[ton/hr]
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
0
20
40
60
80
100

【図１０】


製品温度ずれ量[℃]
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
4.5
5
FF制御なし
FF制御あり

フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭６２－２７６３１７（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０１１／１３１２７８（WO，Ａ１）
特開昭５７－２０４２４５（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－０３９５１５（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－０００９６８（ＪＰ，Ａ）
特開昭６０－１２２０５９（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－０４９９６５（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－２４４２４６（ＪＰ，Ａ）
特許第２５１６２１４（ＪＰ，Ｂ２）
特開昭６３－０２００４８（ＪＰ，Ａ）
特開２００６－１０２６６６（ＪＰ，Ａ）
特公平０７－１２２５１４（ＪＰ，Ｂ２）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ０２Ｃ　２５／００
Ｂ０２Ｃ　２１／００
Ｆ２３Ｃ　９９／００
Ｆ２３Ｇ　５／０３３