

(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2021-85634
(P2021-85634A)

(43) 公開日 令和3年6月3日(2021.6.3)

(51) Int.Cl.

F23K 3/02 (2006.01)

F1

F23K 3/02 D
F23K 3/02 302

テーマコード(参考)

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2019-216708 (P2019-216708)
(22) 出願日 令和1年11月29日 (2019.11.29)

(71) 出願人 514030104
三菱パワー株式会社
神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号
(74) 代理人 100112737
弁理士 藤田 考晴
(74) 代理人 100140914
弁理士 三苫 貴織
(74) 代理人 100136168
弁理士 川上 美紀
(74) 代理人 100172524
弁理士 長田 大輔

最終頁に続く

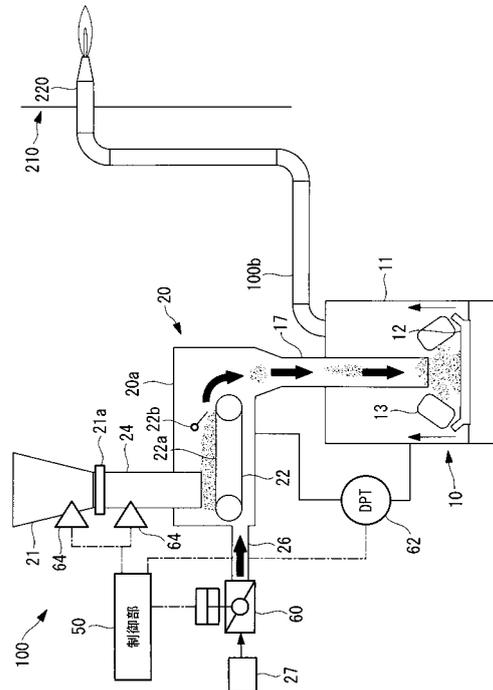
(54) 【発明の名称】 固体燃料粉砕システム及びこれを備えた発電プラント並びに固体燃料粉砕システムの制御方法

(57) 【要約】

【課題】粉砕機内から燃料供給機へ向かう搬送ガスの逆流を抑制しつつ、固体燃料を粉砕機へ安定的に供給することができる固体燃料粉砕システムを提供する。

【解決手段】固体燃料を貯留するバンカ21に接続されて下方へと延在するダウンスパウト24と、ダウンスパウト24の下方に接続され、固体燃料を供給する給炭機20と、給炭機20に接続されて下方へと延在する下部燃料配管17と、下部燃料配管17の下方に接続され、固体燃料を粉砕するミル10と、給炭機20内にシールエアを供給するシールエア供給配管26と、シールエア供給配管26から給炭機20内へ供給されるシールエアの流量を調整するシールエア流量調整弁60と、給炭機20内の圧力が、ミル10内の圧力よりも大きく、ダウンスパウト24内の固体燃料の給炭機20への排出が不安定となり始める圧力よりも小さくなるように、シールエア流量調整弁60を制御する制御部50とを備えている。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

固体燃料を貯留するパンカに接続されて鉛直方向下方側へと延在する上部燃料配管と、前記上部燃料配管の鉛直方向下方に接続され、前記固体燃料を所定の供給量で供給する燃料供給機と、

前記燃料供給機に接続されて鉛直方向下方側へと延在する下部燃料配管と、前記下部燃料配管の鉛直方向下方に接続され、前記固体燃料を粉砕する粉砕機と、

前記燃料供給機内にシールガスを供給するシールガス供給手段と、

前記シールガス供給手段から前記燃料供給機内へ供給される前記シールガスの流量を調整するシールガス流量調整手段と、

前記燃料供給機内の圧力が、前記粉砕機内の圧力よりも大きく、かつ、前記上部燃料配管内の前記固体燃料の前記燃料供給機への必要な排出量に対して所定範囲を超える変動を生じ始める圧力よりも小さくなるように、前記シールガス流量調整手段を制御する制御部と、

を備えている固体燃料粉砕システム。

【請求項 2】

前記燃料供給機内と前記粉砕機内との圧力差として給炭差圧を得る差圧取得手段を備え、

前記制御部は、前記給炭差圧に基づいて、前記シールガス流量調整手段を制御する請求項 1 に記載の固体燃料粉砕システム。

【請求項 3】

前記制御部は、前記上部燃料配管内の前記固体燃料が前記燃料供給機に向けて必要な移動量に対して所定範囲を超える変動を生じ始めたときの前記給炭差圧を目標給炭差圧として、前記シールガス流量調整手段を制御する請求項 1 又は 2 に記載の固体燃料粉砕システム。

【請求項 4】

前記制御部は、前記粉砕機の運転状態に応じて前記目標給炭差圧を更新する請求項 3 に記載の固体燃料粉砕システム。

【請求項 5】

前記給炭差圧取得手段は、前記燃料供給機内の圧力を検出する圧力センサを備えている請求項 1 から 4 のいずれかに記載の固体燃料粉砕システム。

【請求項 6】

前記上部燃料配管内の前記固体燃料の移動の有無を検出する流れ確認センサを備え、

前記制御部は、前記流れ確認センサの出力によって、前記上部燃料配管内の前記固体燃料の前記燃料供給機への必要な排出量に対して所定範囲を超える変動を生じ始めたタイミングを得る請求項 1 から 5 のいずれかに記載の固体燃料粉砕システム。

【請求項 7】

前記上部燃料配管内の前記固体燃料の必要な移動量に対して所定範囲を超える変動を生じたときに該固体燃料の移動を促す移動促進手段が設けられている請求項 1 から 6 のいずれかに記載の固体燃料粉砕システム。

【請求項 8】

前記燃料供給機内の温度を検出する温度センサを備え、

前記制御部は、前記温度センサによって検出された温度の上昇量に基づいて、前記粉砕機内から前記燃料供給機へと向かう逆流を判断する請求項 1 から 7 のいずれかに記載の固体燃料粉砕システム。

【請求項 9】

前記固体燃料は、バイオマス燃料とされ、

前記下部燃料配管には、前記粉砕機内から前記燃料供給機へ向かうガス流れを抑制するシール機構が設けられていない請求項 1 から 8 のいずれかに記載の固体燃料粉砕システム。

。

10

20

30

40

50

【請求項 10】

請求項 1 から 9 のいずれかに記載された固体燃料粉砕システムと、
前記固体燃料粉砕システムにて粉砕された前記固体燃料を燃焼させた熱で蒸気を生成するボイラと、
前記ボイラによって生成された蒸気を用いて発電する発電部と、
を備えている発電プラント。

【請求項 11】

固体燃料を貯留するバンカに接続されて鉛直方向下方側へと延在する上部燃料配管と、
前記上部燃料配管の鉛直方向下方に接続され、前記固体燃料を所定の供給量で供給する燃料供給機と、

10

前記燃料供給機に接続されて鉛直方向下方側へと延在する下部燃料配管と、
前記下部燃料配管の鉛直方向下方に接続され、前記固体燃料を粉砕する粉砕機と、
前記燃料供給機内にシールガスを供給するシールガス供給手段と、
前記シールガス供給手段から前記燃料供給機内へ供給される前記シールガスの流量を調整するシールガス流量調整手段と、
を備えている固体燃料粉砕システムの制御方法であって、

前記燃料供給機内の圧力が、前記粉砕機内の圧力よりも大きく、かつ、前記上部燃料配管内の前記固体燃料の前記燃料供給機への必要な排出量に対して所定範囲を超える変動を生じ始める圧力よりも小さくなるように、前記シールガス流量調整手段を制御する固体燃料粉砕システムの制御方法。

20

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本開示は、例えば固体燃料としてバイオマス燃料を使用する場合に用いて好適な固体燃料粉砕システム及びこれを備えた発電プラント並びに固体燃料粉砕システムの制御方法に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

従来、石炭やバイオマス燃料等の固体燃料（炭素含有固体燃料）は、ミル（粉砕機）で所定粒径範囲内の微粉状に粉砕して、燃焼装置へ供給される。ミルは、回転テーブルへ投入された石炭やバイオマス燃料等の固体燃料を、回転テーブルとローラの間で噛み砕くことで粉砕し、回転テーブルの外周から供給される搬送用ガス（一次空気）によって、粉砕されて微粉状となった燃料を分級機で所定粒径範囲のものを選別し、ボイラへ搬送して燃焼装置で燃焼させている。火力発電プラントでは、ボイラで燃焼して生成された燃焼ガスとの熱交換により蒸気を発生させ、該蒸気により蒸気タービンを回転駆動して、蒸気タービンに接続した発電機を回転駆動することで発電が行われる。

30

【0003】

炭素含有の固体燃料として、石炭単体による燃料供給に代えて、または石炭とともに供給する燃料として、木質系などのバイオマス燃料が用いられることがある。バイオマス燃料は、石炭に比べて、細かく粉砕し難い反面、燃料中の揮発分が多く、燃焼性が高いので比較的大きな粒径であっても好適に燃焼させることができる性質を有している。従って、バイオマス燃料を固体燃料として使用する場合、石炭の微粉燃料と比較して約 5 ~ 10 倍程度大きい粒径の状態でもミル出口からボイラに設けられた燃焼装置に供給されるのが通常である。

40

【0004】

ミルへの固体燃料の投入は、燃料供給量をベルトスピードで制御するコンベア機構を備えた給炭機（燃料供給機）を用いて行われる。給炭機の直上には、固体燃料を貯留するバンカが設けられている。給炭機とバンカの間には、略鉛直方向に延在する鋼管製のダウンスパウト（上部燃料配管）が設けられている。給炭機内のコンベア機構のベルトが動くことで、ダウンスパウトを介して、固体燃料がバンカから給炭機に払い出される。給炭機

50

で流量を制御された固体燃料は、略鉛直方向に延在する給炭管（下部燃料配管）を介してミルに投入される。

【0005】

一般的に、ミル内部で固体燃料（石炭及び／又はバイオマス燃料）を粉碎した微粉燃料は、搬送用ガスにてボイラの燃焼装置まで搬送管を介して気流搬送される。このため、ボイラの火炉圧力に、粉碎された固体燃料である微粉燃料が搬送管および燃焼装置を通過する際の圧力損失を加えた圧力にミル内部は加圧される。このため、ミル内部からミル上流側に設置された給炭機へは、粉碎した微粉燃料を伴う一次空気が給炭管の上流側へと逆流する場合があります。この逆流を防止するために、給炭機内の圧力がミル内の圧力以上となるように、給炭機へシールエア（シールガス）が供給される。

10

【0006】

石炭など予め微粉を多く含む粒径分布の広い固体燃料であれば、ダウンスパウトやバンカに存在する固体燃料自体には、粉層と粒状層とが堆積した充填層を形成している。このダウンスパウトやバンカに存在する固体燃料の充填層により通過するシールエアに対して圧力損失が発生するため、給炭機よりも上流側（ダウンスパウト側）へのミル内部の粉碎した微粉燃料を伴う一次空気の逆流を防止することができる。

【0007】

これに対して、木質ペレット等のバイオマス燃料では、一定の形状で石炭よりも大きいサイズに成型されていて、固体燃料の燃料形状が大きく、かつ均一の傾向が強いことから、ダウンスパウトやバンカに充填した時の固体燃料間の隙間が、石炭よりも大きい状態になる。したがって、ダウンスパウト内に充填したバイオマス燃料層を通過するシールエア量が石炭の場合と同一であれば、シールエアの通過で発生する差圧（圧力損失）は石炭時よりも小さくなる。このため、石炭時と同様にバイオマス燃料をバンカから供給するには、加圧されたミル内部から給炭管と給炭機を経てバンカへ向かう粉碎された微粉燃料を伴う一次空気の逆流をダウンスパウトの手前で防止するためには、給炭機とバンカとの間の圧力損失を増加させる必要がある。またバイオマス燃料のダウンスパウトやバンカに充填した時の固体燃料間の隙間の状態は一定とは限らず変動する場合があります。このためには、ダウンスパウトの長さは余裕をもって大きくしたり、給炭機へ供給するシールエア量を常時にわたり余裕をもって多めに供給したりすることによって、必要な差圧（圧力損失）を確保することに対応できることが推測される。ただし、給炭機とバンカとの間の長さを長くすると、バンカの設置位置が高くなり、バンカ鉄骨の大型化する。また、シールエア量を常時に余裕をもって多めに増加させると、発電プラント設備のユーティリティ設備容量を増加させるためにコストアップになる。

20

30

【0008】

そこで、給炭機とミルとの間に、機械的なシール機構をとしてロータリバルブを設けることが提案されている（下記特許文献1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開2019-39617号公報

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかし、上記特許文献1では、ロータリバルブを導入することによる各種設備の増加や系統構成が複雑になるという課題がある。

【0011】

発明者らの考察により以下の事項が判明した。バイオマス燃料を使用するにあたり、給炭機へ供給するシールエア量は、増加させ続けて差圧（圧力損失）を上昇させ続けた場合、ダウンスパウト内の固体燃料層を通過するシールエアの流速が固体燃料層の流動化開始速度に達した段階で、ダウンスパウト内において固体燃料の流動化が発生する。これによ

50

り、シールエアの通過で発生する差圧（圧力損失）が低下してしまい、固体燃料の給炭機への排出量が不安定になる。このため、シールエア量を、余裕をもって単純に多めに増加させればよいわけではないことが明確になった。このため、シールエア量には、流動化による固体燃料の排出量の不安定化を抑制するための上限値が存在する。その一方で、前述のようにシールエア量には、ミル内部から粉碎した微粉燃料を伴う一次空気の逆流を抑制するために必要な下限値が存在する。すなわち、給炭機へ供給するシールエア量には適切な上限値と下限値が存在するという重要な知見を得るに至った。

【0012】

本開示は、このような事情に鑑みてなされたものであって、粉碎機から燃料供給機へ向かう粉碎した微粉燃料を伴う一次空気の逆流を抑制しつつ、固体燃料を粉碎機へ安定的に供給することができる固体燃料粉碎システム及びこれを備えた発電プラント並びに固体燃料粉碎システムの制御方法を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0013】

本開示の固体燃料粉碎システムは、固体燃料を貯留するバンカに接続されて鉛直方向下方側へと延在する上部燃料配管と、前記上部燃料配管の鉛直方向下方に接続され、前記固体燃料を所定の供給量で供給する燃料供給機と、前記燃料供給機に接続されて鉛直方向下方側へと延在する下部燃料配管と、前記下部燃料配管の鉛直方向下方に接続され、前記固体燃料を粉碎する粉碎機と、前記燃料供給機内にシールガスを供給するシールガス供給手段と、前記シールガス供給手段から前記燃料供給機内へ供給される前記シールガスの流量を調整するシールガス流量調整手段と、前記燃料供給機内の圧力が、前記粉碎機内の圧力よりも大きく、かつ、前記上部燃料配管内の前記固体燃料の前記燃料供給機への必要な排出量に対して所定範囲を超える変動を生じ始める圧力よりも小さくなるように、前記シールガス流量調整手段を制御する制御部と、を備えている。

20

【0014】

本開示の発電プラントは、上記の固体燃料粉碎システムと、前記固体燃料粉碎システムにて粉碎された前記固体燃料を燃焼させた熱で蒸気を生成するボイラと、前記ボイラによって生成された蒸気を用いて発電する発電部と、を備えている。

【0015】

本開示の固体燃料粉碎システムの制御方法は、固体燃料を貯留するバンカに接続されて鉛直方向下方側へと延在する上部燃料配管と、前記上部燃料配管の鉛直方向下方に接続され、前記固体燃料を所定の供給量で供給する燃料供給機と、前記燃料供給機に接続されて鉛直方向下方側へと延在する下部燃料配管と、前記下部燃料配管の鉛直方向下方に接続され、前記固体燃料を粉碎する粉碎機と、前記燃料供給機内にシールガスを供給するシールガス供給手段と、前記シールガス供給手段から前記燃料供給機内へ供給される前記シールガスの流量を調整するシールガス流量調整手段と、を備えている固体燃料粉碎システムの制御方法であって、前記燃料供給機内の圧力が、前記粉碎機内の圧力よりも大きく、かつ、前記上部燃料配管内の前記固体燃料の前記燃料供給機への必要な排出量に対して所定範囲を超える変動を生じ始める圧力よりも小さくなるように、前記シールガス流量調整手段を制御する。

30

40

【発明の効果】

【0016】

シールガス流量を制御することによって、粉碎機から燃料供給機へ向かう逆流を抑制しつつ、固体燃料を粉碎機へ安定的に供給することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本開示の一実施形態に係る固体燃料粉碎システムを備えた発電プラントを示した概略構成図である。

【図2】固体燃料供給システムを示した概略構成図である。

【図3A】固体燃料粉碎システムの起動時における固体燃料供給方法を示したフローチャ

50

ートである。

【図 3 B】固体燃料粉碎システムの起動時における固体燃料供給方法を示したフローチャートである。

【図 3 C】固体燃料粉碎システムの起動時における固体燃料供給方法を示したフローチャートである。

【図 4】固体燃料粉碎システムの起動時における各種状態を示したグラフである。

【図 5】本開示の固体燃料粉碎システムに加振装置を追加した概略構成図である。

【図 6】本開示の固体燃料粉碎システムにガス供給手段を追加した概略構成図である。

【図 7】本開示の変形例を示した概略構成図である。

【図 8】本開示の変形例を示した概略構成図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下に、本開示に係る一実施形態について、図面を参照して説明する。

本実施形態に係る発電プラント 1 は、固体燃料粉碎システム 100 とボイラ 200 とを備えている。

【0019】

固体燃料粉碎システム 100 は、一例としてバイオマス燃料とされた固体燃料（炭素含有固体燃料）を粉碎し、微粉燃料を生成してボイラ 200 のバーナ部（燃焼装置）220 へ供給する装置である。

【0020】

20

バイオマス燃料とは、再生可能な生物由来の有機性資源であり、例えば、間伐材、廃材木、流木、草類、廃棄物、汚泥、タイヤ及びこれらを原料としたリサイクル燃料（ペレットやチップ）などであり、ここに提示したものに限定されることはない。バイオマス燃料は、バイオマスの成育過程において二酸化炭素を取り込むことから、地球温暖化ガスとなる二酸化炭素を排出しないカーボンニュートラルとされるため、その利用が種々検討されている。

【0021】

ただし、固体燃料としては、バイオマス燃料と石炭との混合としても良く、あるいは石炭としても良い。また、図 1 に示した固体燃料粉碎システム 100 とボイラ 200 とを含む発電プラント 1 は、1 台の固体燃料粉碎システム 100 を備えるものであるが、1 台のボイラ 200 の複数のバーナ部 220 のそれぞれに対応する複数台の固体燃料粉碎システム 100 を備えるシステムとしてもよい。

30

【0022】

固体燃料粉碎システム 100 は、ミル（粉碎機）10 と、給炭機（燃料供給機）20 と、搬送用ガス供給部としての送風部 30 と、状態検出部 40 と、制御部 50 とを備えている。

なお、本実施形態では、上方とは鉛直上側の方向を、上部や上面などの“上”とは鉛直上側の部分を示している。また同様に“下”とは鉛直下側の部分を示している。

【0023】

ミル 10 は、ハウジング 11 と、回転テーブル 12 と、ローラ（粉碎ローラ）13 と、駆動部 14 と、回転式分級機 16 と、下部燃料配管 17 と、回転式分級機 16 を回転駆動させるモータ 18 とを備えている。

40

ハウジング 11 は、鉛直方向に延びる筒状に形成されるとともに、回転テーブル 12 とローラ 13 と回転式分級機 16 と、下部燃料配管 17 とを収容する筐体である。

ハウジング 11 の天井部 42 の中央部には、下部燃料配管 17 が取り付けられている。この下部燃料配管 17 は、パンカ 21 から導かれた固体燃料をハウジング 11 内に供給するものであり、ハウジング 11 の中心位置に上下方向に沿って配置され、下端部がハウジング 11 内部まで延設されている。

【0024】

ハウジング 11 の底面部 41 付近には駆動部 14 が設置され、この駆動部 14 から伝達さ

50

れる駆動力により回転する回転テーブル 12 が回転自在に配置されている。

回転テーブル 12 は、平面視円形の部材であり、下部燃料配管 17 の下端部が対向するように配置されている。回転テーブル 12 の上面は、例えば、中心部が低く、外側に向けて高くなるような傾斜形状をなし、外周部が上方に曲折した形状をなしていてもよい。下部燃料配管 17 は、固体燃料（本実施形態ではバイオマス燃料）を上方から下方の回転テーブル 12 に向けて供給し、回転テーブル 12 は供給された固体燃料をローラ 13 との間で粉碎するもので、粉碎テーブルとも呼ばれる。

【0025】

固体燃料が下部燃料配管 17 から回転テーブル 12 の中央へ向けて投入されると、回転テーブル 12 の回転による遠心力によって固体燃料は回転テーブル 12 の外周側へと導かれ、ローラ 13 との間に挟み込まれて粉碎される。粉碎された固体燃料は、搬送用ガス流路（以下「一次空気流路」という。）100a から導かれた搬送用ガス（以下「一次空気」という。）によって上方へと吹き上げられ、回転式分級機 16 へと導かれる。すなわち、回転テーブル 12 の外周には、一次空気流路 100a から流入する一次空気をハウジング 11 内の回転テーブル 12 の上方の空間に流出させる吹出口（図示省略）が設けられている。吹出口にはベーン（図示省略）が設置されており、吹出口から吹き出した一次空気に旋回力を与える。ベーンにより旋回力が与えられた一次空気は、旋回する速度成分を有する気流となって、回転テーブル 12 上で粉碎された固体燃料をハウジング 11 内の上方の回転式分級機 16 へと導く。なお、一次空気に混合した固体燃料の粉碎物のうち、所定粒径より大きいものは回転式分級機 16 により分級されて、または、回転式分級機 16 ま

10

20

【0026】

ローラ 13 は、下部燃料配管 17 から回転テーブル 12 に供給された固体燃料を粉碎する回転体である。ローラ 13 は、回転テーブル 12 の上面に押圧されて回転テーブル 12 と協働して固体燃料を粉碎する。

図 1 では、ローラ 13 が代表して 1 つのみ示されているが、回転テーブル 12 の上面を押圧するように、周方向に一定の間隔を空けて、複数のローラ 13 が対向して配置される。例えば、外周部上に 120° の角度間隔を空けて、3 つのローラ 13 が周方向に均等な間隔で配置される。この場合、3 つのローラ 13 が回転テーブル 12 の上面と接する部分（押圧する部分）は、回転テーブル 12 の回転中心軸からの距離が等距離となる。

30

【0027】

ローラ 13 は、ジャーナルヘッド 45 によって、上下に揺動可能となっており、回転テーブル 12 の上面に対して接近離間自在に支持されている。ローラ 13 は、外周面が回転テーブル 12 の上面に接触した状態で回転テーブル 12 が回転すると、回転テーブル 12 から回転力を受けて連れ回りするようになっている。下部燃料配管 17 から固体燃料が供給されると、ローラ 13 と回転テーブル 12 との間で固体燃料が押圧されて粉碎されて微粉燃料となる。

【0028】

ジャーナルヘッド 45 の支持アーム 47 は、中間部が水平方向に沿った支持軸 48 によって、ハウジング 11 の側面部に支持軸 48 を中心としてローラ上下方向に揺動可能に支持されている。また、支持アーム 47 の鉛直上側にある上端部には、押圧装置 49 が設けられている。押圧装置 49 は、ハウジング 11 に固定され、ローラ 13 を回転テーブル 12 に押し付けるように、支持アーム 47 等を介してローラ 13 に荷重を付与する。

40

【0029】

駆動部 14 は、回転テーブル 12 に駆動力を伝達し、回転テーブル 12 を中心軸回りに回転させる装置である。駆動部 14 は、回転テーブル 12 を回転させる駆動力を発生する。

【0030】

回転式分級機 16 は、ハウジング 11 の上部に設けられ中空状の略逆円錐形状の外形を有している。回転式分級機 16 は、その外周位置に上下方向に延在する複数のブレード 1

50

6 aを備えている。各ブレード16 aは、回転式分級機16の中心軸線周りに所定の間隔（均等間隔）で設けられている。また、回転式分級機16は、ローラ13により粉碎された固体燃料を所定粒径より大きいもの（以下、所定粒径を超える粉碎された固体燃料を「粗粉燃料」という。）と所定粒径以下のもの（以下、所定粒径以下の粉碎された固体燃料を「微粉燃料」という。）に分級する装置である。回転により分級する回転式分級機16は、ロータリセパレータとも呼ばれ、制御部50によって制御されるモータ18により回転駆動力を与えられ、ハウジング11の上下方向に延在する円筒軸（図示省略）を中心に下部燃料配管17の周りを回転する。

【0031】

回転式分級機16に到達した粉碎された固体燃料は、ブレード16 aの回転により生じる遠心力と、一次空気の気流による向心力との相対的なバランスにより、大きな径の粗粉燃料は、ブレード16 aによって叩き落とされ、回転テーブル12へと戻されて再び粉碎され、微粉燃料はハウジング11の天井部42にある出口19に導かれる。

回転式分級機16によって分級された微粉燃料は、出口19から供給流路100 bへ排出され、一次空気とともに後工程へと搬送される。供給流路100 bへ流出した微粉燃料は、ボイラ200のパーナ部220へ供給される。

【0032】

下部燃料配管17は、ハウジング11の上端を貫通するように上下方向に沿って下端部がハウジング11内部まで延設されて取り付けられ、下部燃料配管17の上部から投入される固体燃料を回転テーブル12の略中央領域に供給する。下部燃料配管17の上端は、給炭機（燃料供給機）20の下部に接続されている。給炭機20から供給された固体燃料は、下部燃料配管17を介してミル10へと供給される。

【0033】

給炭機20は、ケーシング20 a内に設けられた搬送部22と、モータ23とを備える。搬送部22の直上には、例えば鋼管製とされたダウンスパウト（上部燃料配管）24の下端が位置している。ダウンスパウト24は、その上端がバンカ21に接続されており、上下方向に延在している。

【0034】

搬送部22は、ベルトコンベア方式とされており、モータ23から与えられる駆動力によってダウンスパウト24の下端から排出される固体燃料を搬送する。搬送部22によって搬送された固体燃料は、ミル10に接続された下部燃料配管17に導かれる。

ミル10へ供給する固体燃料の供給量は、搬送部22のベルトコンベアのベルト速度で調整されてもよい。

【0035】

通常、ミル10の内部には、粉碎した固体燃料である微粉燃料を搬送するための一次空気が供給されて、圧力が高くなっている。バンカ21の直下にあるダウンスパウト24には、内部に固体燃料が積層状態で保持されている。本実施形態ではこの固体燃料層により、石炭のみならずバイオマス燃料を供給する際にも、ミル10側の一次空気と微粉燃料がミル10内部から下部燃料配管17を介して給炭機20を経由してバンカ21へと逆流しないよう、後述するような内部流体へのシール性が確保されるようにしている。

【0036】

粉碎前のバイオマス燃料（固体燃料）のチップやペレットは、石炭燃料（すなわち粉碎前の石炭の粒径は、例えば、粒径が2～50 mm程度）に比べて、粒径が一定であり（ペレットのサイズは、例えば、直径6～8 mm程度、長さは40 mm以下程度）、かつ、軽量である。このため、バイオマス燃料がダウンスパウト24内に貯留されている場合は、石炭燃料の場合に比べて、ダウンスパウト24内の固体燃料層において各バイオマス燃料間に形成される隙間が大きくなる。また、バイオマス燃料のダウンスパウト24内の固体燃料層において各バイオマス燃料間に形成される隙間の状態は一定とは限らず、変動する場合がある。

したがって、ダウンスパウト24内のバイオマス燃料のチップやペレットの間には隙間

10

20

30

40

50

があることから、ミル10内部から吹き上げる一次空気と微粉燃料が各バイオマス燃料間に形成される隙間を通過することで、ミル10内部から給炭機20へ向かう一次空気と微粉燃料の逆流が発生して、ミル10内部の圧力が低下する可能性がある。また、一次空気がパンカ21の貯留部へと吹き抜けると、バイオマス燃料のミル10への供給量の不安定化、給炭機20内部及びパンカ21上部での粉塵の発生、パンカ21、ダウンスバウト24及び給炭機20内部のバイオマス燃料の着火のおそれがある。また、ミル10内部の圧力が低下すると、微粉燃料のパーナ部220への搬送量が低下するなど、ミル10の安定した運転に種々の問題が生じる可能性がある。

【0037】

給炭機20に対して、シールエア供給配管26を介してシールエアファンなどのシールガス供給手段27が接続されている。これにより、給炭機20のケーシング20a内にシールエア（シールガス）が供給される。本実施形態では、シールエアは空気であり、後述するように、シールエアの供給量を制御部50によって制御することで、上述のミル10内部から給炭機20に向かう一次空気と微粉燃料が逆流を発生する問題を解決する。

【0038】

送風部30は、ローラ13により粉碎された固体燃料を乾燥させるとともに回転式分級機16へ供給するための一次空気をハウジング11の内部へ送風する装置である。

送風部30は、ハウジング11へ送風される一次空気を適切な温度に調整するために、本実施形態では、一次空気通風機31と、熱ガス流路30aと、冷ガス流路30bと、熱ガスダンパ30cと、冷ガスダンパ30dとを備えている。

【0039】

本実施形態では、熱ガス流路30aは、一次空気通風機31から送出された空気（外気）の一部を、例えば空気予熱器などの熱交換器（加熱器）34を通過して加熱せられた熱ガスとして供給する。熱ガス流路30aの下流側には熱ガスダンパ30c（第1送風部）が設けられている。熱ガスダンパ30cの開度は制御部50によって制御される。熱ガスダンパ30cの開度によって熱ガス流路30aから供給する熱ガスの流量が決定する。

【0040】

冷ガス流路30bは、一次空気通風機31から送出された空気の一部を常温の冷ガスとして供給する。冷ガス流路30bの下流側には冷ガスダンパ（第2送風部）30dが設けられている。冷ガスダンパ30dの開度は制御部50によって制御される。冷ガスダンパ30dの開度によって冷ガス流路30bから供給する冷ガスの流量が決定する。

【0041】

一次空気の流量は、本実施形態では、熱ガス流路30aから供給する熱ガスの流量と冷ガス流路30bから供給する冷ガスの流量の合計の流量となり、一次空気の温度は、熱ガス流路30aから供給する熱ガスと冷ガス流路30bから供給する冷ガスの混合比率で決まり、制御部50によって制御される。

また、熱ガス流路30aから供給する熱ガスに、図示しないガス再循環通風機を介してボイラ200から排出された燃焼ガスの一部を導き、混合気とすることで、一次空気流路100aから流入する一次空気の酸素濃度を調整してもよい。

【0042】

本実施形態では、ハウジング11の状態検出部40により、計測または検出したデータを制御部50に送信する。本実施形態の状態検出部40は、例えば、差圧計測手段であり、一次空気流路100aからミル10内部へ一次空気が流入する部分及びミル10内部から供給流路100bへ一次空気及び微粉燃料が排出する出口19との差圧をミル10内の差圧として計測する。例えば、回転式分級機16の分級性能により、ミル10内部を回転式分級機16付近と回転テーブル12付近の間で循環する粉碎された固体燃料の循環量の増減とこれに対するミル10内の差圧の上昇低減が変化する。すなわち、ミル10の内部に供給する固体燃料に対して、出口19から排出させる微粉燃料を調整して管理することができるので、微粉燃料の粒度がパーナ部220の燃焼性に影響しない範囲で、ミル10へ投入された固体燃料の供給量に対応した量の微粉燃料をボイラ200に設けられたパー

10

20

30

40

50

ナ部 2 2 0 に安定して供給することができる。

【 0 0 4 3 】

また、本実施形態の状態検出部 4 0 は、例えば、温度計測手段であり、ローラ 1 3 により粉碎された固体燃料を回転式分級機 1 6 へ吹き上げるためにハウジング 1 1 の内部に供給する一次空気の温度と、ハウジング 1 1 の内部において出口 1 9 までの一次空気の温度を検出して、上限温度を超えないように送風部 3 0 を制御する。なお、一次空気は、ハウジング 1 1 内において、粉碎物を乾燥しながら搬送することによって冷却されるので、ハウジング 1 1 の上部空間から出口 1 9 での温度は、例えば約 6 0 ~ 8 0 度程度となる。

【 0 0 4 4 】

制御部 5 0 は、固体燃料粉碎システム 1 0 0 の各部を制御する装置である。制御部 5 0 は、例えば、駆動部 1 4 に駆動指示を伝達することによりミル 1 0 の運転に対する回転テーブル 1 2 の回転速度を制御してもよい。制御部 5 0 は、例えば回転式分級機 1 6 のモータ 1 8 へ駆動指示を伝達して回転速度を制御することで、分級性能を調整することにより、ミル 1 0 内の差圧を所定の範囲に適正化して微粉燃料の供給を安定化させることができる。また、制御部 5 0 は、例えば給炭機 2 0 のモータ 2 3 へ駆動指示を伝達することにより、搬送部 2 2 が固体燃料を搬送して下部燃料配管 1 7 へ供給する固体燃料の供給量を調整することができる。また、制御部 5 0 は、開度指示を送風部 3 0 に伝達することにより、熱ガスダンパ 3 0 c および冷ガスダンパ 3 0 d の開度を制御して一次空気の流量と温度を制御することができる。

【 0 0 4 5 】

制御部 5 0 は、例えば、C P U (Central Processing Unit)、R A M (Random Access Memory)、R O M (Read Only Memory)、及びコンピュータ読み取り可能な記憶媒体等から構成されている。そして、各種機能を実現するための一連の処理は、一例として、プログラムの形式で記憶媒体等に記憶されており、このプログラムを C P U が R A M 等に読み出して、情報の加工・演算処理を実行することにより、各種機能が実現される。なお、プログラムは、R O M やその他の記憶媒体に予めインストールしておく形態や、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体に記憶された状態で提供される形態、有線又は無線による通信手段を介して配信される形態等が適用されてもよい。コンピュータ読み取り可能な記憶媒体とは、磁気ディスク、光磁気ディスク、C D - R O M、D V D - R O M、半導体メモリ等である。

【 0 0 4 6 】

次に、固体燃料粉碎システム 1 0 0 から供給される微粉燃料を用いて燃焼を行って蒸気を発生させるボイラ 2 0 0 について説明する。

【 0 0 4 7 】

ボイラ 2 0 0 は、火炉 2 1 0 とバーナ部 2 2 0 とを備えている。

バーナ部 2 2 0 は、供給流路 1 0 0 b から供給される微粉燃料を含む一次空気と、押込気通風機 (F D F : Feed Draft Fan) 3 2 から送出される空気 (外気) を熱交換器 3 4 で加熱して供給される二次空気とを用いて微粉燃料を燃焼させて火炎を形成する装置である。微粉燃料の燃焼は火炉 2 1 0 内で行われ、高温の燃焼ガスは、蒸発器、過熱器、エコノマイザなどの熱交換器 (図示省略) を通過した後にボイラ 2 0 0 の外部に排出される。

【 0 0 4 8 】

ボイラ 2 0 0 から排出された燃焼ガスは、環境装置 (脱硝装置、電気集塵機など : 図示せず) で所定の処理を行うとともに、例えば空気予熱器などの熱交換器 3 4 で一次空気通風機 3 1 から送出される空気と押込気通風機 3 2 から送出される空気との熱交換が行われ、誘引通風機 (I D F : Induced Draft Fan) 3 3 を介して煙突 (図示省略) へと導かれて外気へと放出される。熱交換器 3 4 において燃焼ガスにより加熱された一次空気通風機 3 1 から送出される空気は、前述した熱ガス流路 3 0 a に供給される。

ボイラ 2 0 0 の各熱交換器への給水は、エコノマイザ (図示省略) において加熱された後に、蒸発器 (図示省略) および過熱器 (図示省略) によって更に加熱されて高温高圧の蒸気が生成され、発電部である蒸気タービン (図示省略) へと送られて蒸気タービンを回

10

20

30

40

50

転駆動し、蒸気タービンに接続した発電機（図示省略）を回転駆動して発電が行われ、発電プラント1を構成する。

【0049】

[固体燃料の供給システムの構成]

次に、図2を用いて、パンカ21から給炭機20を介してミル10へ固体燃料を供給する構成について詳細に説明する。なお、図1で説明した同様の構成については同一符号を用いてその説明を省略する。また、図1で示した回転式分級機16など図1で説明した構成が省略されている部分もあるが、固体燃料の供給システムを説明する上で省略されているだけであり、図1で説明した構成は本実施形態では設けられているものとする。

【0050】

図2に示されているように、シールエア供給配管26には、給炭機20のケーシング20a内に供給されるシールエアの流量を弁内に設けたダンパ開度などにより調整するシールエア流量調整弁（シールガス流量調整手段）60が設けられている。シールエア流量調整弁60の開度は、制御部50によって制御される。

【0051】

給炭機20とミル10の間には、これらの圧力の差圧である給炭差圧を計測するための差圧計（差圧取得手段）62が設けられている。差圧計62によって、給炭機20内の圧力とミル10のハウジング11内の圧力との差が計測される。差圧計62の出力は、制御部50へと送信される。なお、差圧計62に代えて、給炭機20に設けた圧力センサの計測値とミル10に設けた圧力センサの計測値との差分から給炭差圧を取得するようにしても良い。

【0052】

パンカ21及びダウンスパウト24のそれぞれに対して、音響センサ（流れ確認センサ）64が設けられている。音響センサ64によって、ダウンスパウト24内の固体燃料が給炭機20に向けて移動し始める音を取得し、そのタイミングを得ることができる。音響センサ64の出力は、制御部50へと送信される。なお、音響センサ64を、パンカ21及びダウンスパウト24のいずれか一方に設けることとしても良い。また、音響センサに代えて、移動する固体燃料が接触したことを検出する接触センサや、固体燃料が移動することによって変化する温度を検出する温度センサ（例えば放射温度計）を設けても良い。音響センサなどにより、ダウンスパウト24内の固体燃料が給炭機20に向けて移動する状態を判断することもできる。すなわち、ダウンスパウト24内の固体燃料の必要な移動量に対して所定範囲（例えば必要な移動量の $\pm 10\%$ 以上 $\pm 50\%$ 以下の間でミル10の運用に対して設定した閾値）を超える変動がなく安定して移動している状況かどうかを判断することもできる。

また、パンカ21下部のダウンスパウト24への接続部には、固体燃料の排出または停止を行うためのコールゲート21aを設けてもよい。

【0053】

制御部50は、給炭機20内の圧力がミル10内の圧力よりも大きくなるようにシールエア流量調整弁60の開度を制御する。また、制御部50は、ダウンスパウト24内の固体燃料の給炭機20内に向けての排出が必要な移動量に対して所定範囲を超える変動が発生して不安定となる給炭機20内の圧力よりも小さくなるようにシールエア流量調整弁60の開度を制御する。以下に、その具体的制御方法を説明する。

【0054】

図3A、図3B及び図3Cには、固体燃料粉碎システム100の起動時における固体燃料供給システムのフローチャートが示されている。

以下の一連の制御は、制御部50によって行われる。

ステップ1に示すように、ミル10の起動前は、シールエア流量調整弁60の開度は初期開度とされている。初期開度としては、任意の開度を用いることができる。このときのダウンスパウト24内を移動（通過）する石炭やバイオマス燃料などの固体燃料の流量は0である。つまり、起動時に固体燃料を排出するためのコールゲート21aは開いている

10

20

30

40

50

ものの、ダウンスパウト 24 内に堆積した固体燃料は、給炭機 20 の搬送部 22 が停止しているため、ミル 10 へ排出されずに静止したままである。また、一次空気通風機 31 も停止されているので、ミル 10 内に供給される一次空気の流量は 0 とされている。

【 0055 】

ステップ 2 にて、一次空気通風機 31 を起動するとともに、シールエアファン 27 を起動する。このときの固体燃料の流量は 0、ミル 10 内に供給する一次空気の流量は X でミル圧力 P m を所定圧力に昇圧し、ミル 10 内に供給された一次空気は供給流路 100 b などを通じてミル 10 の外部へ流出して、ミル 10 内の圧力は所定圧力にて維持される。これにより、図 4 に示すように、シールエア量が增大することで、給炭機圧力 P f が徐々に増大し、これに伴い給炭機内 ミル内間の給炭差圧 P が徐々に増大する。なお、図 4 において、s 2 はステップ 2 を意味し、同様に s 7 等もステップ 7 等を意味する。

10

【 0056 】

< 操作 1 >

ステップ 3 にて、差圧計 62 によって給炭機 20 内の給炭機圧力 P f とミル 10 内のミル圧力 P m との大小を比較する。給炭機圧力 P f がミル圧力 P m 以上であれば、ステップ 6 へ進む。

給炭機圧力 P f がミル圧力 P m よりも小さい場合は、ステップ 4 へ進み、制御部 50 の指令によってシールエア流量調整弁 60 の開度が開方向へと操作される。これにより、給炭機 20 内へ多くのシールエア量が供給されるようになり、給炭機圧力 P f が増大する。そして、ステップ 5 に示すように、給炭機圧力 P f がミル圧力 P m 以上になるまで、操作 1 を続ける。

20

【 0057 】

給炭機圧力 P f がミル圧力 P m 以上になった後に、ステップ 7 へ進む。ステップ 7 にて、固体燃料の給炭機 20 への投入を開始する。具体的には、給炭機 20 の搬送部 22 を起動し、ダウンスパウト 24 内で滞留していた固体燃料を切り出す。切り出された固体燃料は搬送部 22 のベルトコンベア 22 a に積載され、固体燃料の存在をパドルスイッチ 22 b で確認することができる。ベルトコンベア 22 a で搬送された固体燃料は下部燃料配管 17 へと排出される。このときの固体燃料の流量は Y、ミル 10 内に供給する一次空気の流量は X' である。一次空気の流量は、ミル 10 へ投入される固体燃料の流量に応じて増加する。したがって、一次空気通風機 31 を起動時にミル 10 内に供給する一次空気の流量 X に対して、一次空気の流量 X' は、X X' の関係となる。図 4 に示されているように、ステップ 7 での固体燃料流量は、搬送部 22 上の固体燃料が供給されることになり、僅かに増加する。

30

【 0058 】

< 操作 2 >

ステップ 8 では、音響センサ 64 を用いて、ダウンスパウト 24 内に充填された固体燃料の移動の有無を確認する。固体燃料が移動を開始して給炭機 20 へ向けて排出を開始すれば、音響センサ 64 にて音の変化を検出し、制御部 50 にて移動開始のタイミングを得る。固体燃料の移動が確認されれば、ステップ 11 へと進む。

固体燃料の移動が確認されない場合は、ステップ 9 へ進み、シールエア流量調整弁 60 の開度を減ずる方向へ制御を行う。これにより、給炭機 20 へ供給されるシールエアが減少して給炭機 20 内の圧力が低下することになり、ダウンスパウト 24 内に充填された固体燃料が移動しやすくなる。ステップ 10 に示すように、固体燃料の移動が開始するまで、シールエア流量調整弁 60 の開度を徐々に減少させる。音響センサ 64 によって固体燃料の移動の開始が確認されると、シールエア流量調整弁 60 の開度はその時点での開度を維持したまま、ステップ 11 へと進む。なお、固体燃料が移動を開始した給炭機圧力 P f よりも昇圧され続けると、ダウンスパウト 24 内の固体燃料層を通過するシールエアの流速が固体燃料層の流動化開始速度に達すると、ダウンスパウト 24 内において固体燃料の流動化が発生し、シールエアの通過で発生する差圧（圧力損失）が低下してしまう。この前兆としてダウンスパウト 24 内の固体燃料から給炭器 20 への排出が必要な移動量に対

40

50

して所定範囲を超える変動が発生して不安定となり始める。更に給炭機圧力 P_f が昇圧され続けると、ダウンスパウト 24 内の固体燃料が流動化して、固体燃料の給炭器 20 への排出が停止することがある。

【0059】

図 4 には、上述の操作 2 の間 (s_7 から s_{11} までの間) では、シールエア量の減少に伴い給炭機圧力 P_f が漸次減少し、これにより、給炭機内 - ミル内間の給炭差圧 P が減少することが示されている。

【0060】

ステップ 11 にて固体燃料のダウンスパウト 24 内の移動が確認されると、ステップ 12 へと進み、再び操作 1 を行う。すなわち、差圧計 62 によって給炭機圧力 P_f とミル圧力 P_m との大きさを比較する。給炭機圧力 P_f がミル圧力 P_m 以上であれば、ステップ 15 へ進む。給炭機圧力 P_f がミル圧力 P_m よりも小さい場合は、ステップ 13 に進み、制御部 50 の指令によってシールエア流量調整弁 60 の開度が開方向へと操作される。これにより、給炭機 20 内へ多くのシールエア量が供給されるようになり、給炭機圧力 P_f が増大する。そして、ステップ 14 に示すように、給炭機圧力 P_f がミル圧力 P_m 以上になるまで、操作 1 を続ける。

10

【0061】

給炭機圧力 P_f がミル圧力 P_m 以上になったことを確認すると、ステップ 15 へ進み、このときの給炭機内 - ミル内間の給炭差圧 P である P_0 を初期設定値として制御部 50 のメモリに設定する。

20

【0062】

< 操作 4 >

ステップ 16 では、発電プラントの発電要求量の変化に伴い、ミル 10 へ供給される固体燃料の流量を変化させ、要求負荷まで増大させていく。このときの燃料流量は $Y+$ となり、これに応じて増大する一次空気の風量は $X+$ となる。つまり、図 4 に示されているように、 s_{16} 以降に燃料流量が増大するとともにミル圧力 P_m が増大する。

【0063】

< 操作 3 (操作 4) >

ステップ 17 及びステップ 18 では、操作 4 の中で操作 3 を行う。すなわち、ステップ 17 では、差圧計 62 によって給炭機圧力 P_f とミル圧力 P_m との大きさを比較する。給炭機圧力 P_f がミル圧力 P_m 以上であれば、ステップ 20 へ進む。

30

給炭機圧力 P_f がミル圧力 P_m よりも小さい場合は、ステップ 18 に進み、制御部 50 の指令によってシールエア流量調整弁 60 の開度が調整操作される。この調整操作は、給炭機内 - ミル内間の給炭差圧 P の初期設定値 P_0 (目標値) となるようにシールエア流量調整弁 60 の開度を操作する。そして、ステップ 19 に示すように、給炭機内 - ミル内間の給炭差圧 P が初期設定値 P_0 になるまで、操作 3 を続ける。給炭機内 - ミル内間の給炭差圧 P が初期設定値 P_0 となると、ステップ 20 へ進む。

【0064】

ステップ 20 では、給炭機内 - ミル内間の給炭差圧 P の初期設定値は P_0 のままとされる。

40

【0065】

< 操作 2 (操作 4) >

ステップ 21 及びステップ 22 では、操作 4 の中で操作 2 を行う。

ステップ 21 では、音響センサ 64 を用いて、ダウンスパウト 24 内に充填された固体燃料の移動を確認する。固体燃料が移動を開始して給炭機 20 へ向けて排出を開始すれば、音響センサ 64 にて音の変化を検出し、制御部 50 にて移動開始のタイミングを得る。固体燃料の移動が確認されれば、ステップ 28 へと進む。

固体燃料の移動が確認されない場合は、ステップ 22 へ進み、シールエア流量調整弁 60 の開度を減ずる方向へ制御を行う。これにより、給炭機 20 へ供給されるシールエアが減少して給炭機 20 内の圧力が低下することになり、ダウンスパウト 24 内に充填された

50

固体燃料が移動しやすくなる。ステップ 23 に示すように、固体燃料の移動が開始するまで、シールエア流量調整弁 60 の開度を徐々に減少させる。

図 4 に示すように、s 22 以降ではシールエア流量調整弁 60 の開度を減少させるので、シールエア量が減少し、これに伴い給炭機圧力 P_f も減少する。したがって、給炭機内 - ミル内間の給炭差圧 P も減少する。

【 0066 】

ステップ 24 にて、音響センサ 64 によって固体燃料の移動の開始が確認されると、シールエア流量調整弁 60 の開度はその時点での開度を維持したまま、ステップ 28 へと進む。

ステップ 24 にて、音響センサ 64 によって固体燃料の移動の開始が確認されない場合は、ステップ 25 へ進む。このときのように固体燃料の移動の開始が確認されない状態が図 4 の燃料流量に示されている（図 4 の s 22 から s 26 までの間を参照）。そして、ステップ 25 では、ダウンスパウト 24 内における固体燃料の移動を促進する移動促進措置を実施する。具体的には、図 5 に示すように、ダウンスパウト 24 やバンカ 21 に振動や衝撃力を与える加振装置（移動促進手段）66 を動作させる。加振装置としては、エアノック、パイプレータ、叩き座などを用いることができる。加振装置 66 は、制御部 50 の指令によって動作することができる。加振装置 66 に代えて、図 6 に示すように、ダウンスパウト 24 内やバンカ 21 内に固体燃料の移動を促進する空気（ガス）を供給する空気ノズルなどのガス供給手段（移動促進手段）68 を用いても良い。

【 0067 】

そして、ステップ 26 にて、音響センサ 64 によって固体燃料の移動の開始が確認されると、ステップ 28 へと進む。

ステップ 26 にて、音響センサ 64 によって固体燃料の移動の開始が確認されない場合は、ステップ 27 へ進み、コールゲート 21a を閉じるなどして、バンカ 21 からの固体燃料の排出を停止し、固体燃料の移動が開始されない原因を調査して除去の対策を実施する。

【 0068 】

ステップ 28 では、給炭機内 - ミル内間の給炭差圧 P の設定値を、初期設定値 P_0 から給炭量が増加した状態で、ダウンスパウト 24 内の固体燃料の必要な移動量に対して所定範囲を超える変動がなく、固体燃料の供給が安定して継続されている給炭差圧である P_1 に更新する。このようにして、図 4 に示すように、初期設定値 P_0 よりも小さい給炭差圧設定値 P_1 へと更新される。

【 0069 】

そして、ステップ 29 へ進み、上述した操作 4 を繰り返す。これにより、要求負荷まで燃料流量を増大させていく。要求負荷到達後も所定の給炭差圧設定値を維持するように操作 4 を繰り返す。

【 0070 】

操作 4 を行っている間に、規定時間、規定回数内にシールエア流量調整弁 60 の開度が収束しない場合、すなわち固体燃料の移動開始が確認されない場合は、ステップ 30 へ進み、コールゲート 21a を閉じるなどして、バンカ 21 からの固体燃料の供給を停止し、固体燃料の移動が開始されない原因を調査して除去の対策を実施する。

操作 4 を行っている間に、規定時間、規定回数内にシールエア流量調整弁 60 の開度が収束する場合は、操作 4 を繰り返す（ステップ 31）。

【 0071 】

ミル 10 を停止する場合は、図 4 に示すように、一次空気量を減少させることによってミル圧力 P_m を徐々に低下させ、これと同時にシールエア量も徐々に低下させる。そして、燃料流量も低下させてミル 10 を停止させる。シールエアは、ミル 10 停止後、供給を停止してもよいし、ミル 10 の再起動に備えて供給を継続してもよい。

【 0072 】

本実施形態によれば、以下の作用効果を奏する。

10

20

30

40

50

給炭機 20 内の圧力がミル 10 内の圧力よりも大きくなるようにシールエア流量を制御することで、ミル 10 内部から給炭機 20 へ向かう微粉燃料を伴う一次空気の逆流を抑制することができる。

給炭機 20 内の圧力がダウンスパウト 24 内の固体燃料の給炭機 20 への排出が、固体燃料の必要な移動量に対して所定範囲を超える変動を生じて不安定になる給炭差圧よりも小さくなるようにシールエア流量を制御することとしたので、ダウンスパウト 24 から給炭機 20 へと固体燃料を安定して供給することができる。また、バイオマス燃料のように石炭に比べてダウンスパウト 24 内の固体燃料充填層による圧力損失が小さい固体燃料であっても、ミル 10 内部から給炭機 20 へ向かう微粉燃料を伴う一次空気が逆流して、ダウンスパウト 24 内の固体燃料がバンカ 21 側に向けて吹き上げられることを抑制することができる。

10

【0073】

給炭機 20 内とミル 10 内との給炭差圧 P に基づいて制御することとしたので、負荷に応じて給炭機 20 内の圧力が変動した場合でも適切に対応することができる。

【0074】

ダウンスパウト 24 内の固体燃料の給炭機 20 への排出が、固体燃料の必要な移動量に対して所定範囲を超える変動を生じて不安定になり始めたときの給炭機 20 内の圧力とミル 10 内の圧力との給炭差圧 P_0 , P_1 を目標給炭差圧として制御することとしたので、ダウンスパウト 24 内の固体燃料が移動するのに必要十分なシールエアを供給することができる。これにより、シールエアを供給するための付帯設備や動力を削減することができる。また、ダウンスパウト 24 よりも上流側（バンカ 21 側）にシールエア中の酸素が導かれることを抑制することができるので、バンカ 21 内の固体燃料の酸化や燃焼を可及的に回避することができる。

20

【0075】

ミル 10 の運転状態に応じてミル 10 内の圧力が変化する。これに応じて目標給炭差圧を更新（例えば P_0 から P_1 に更新）することとした。例えば、ミル 10 の負荷が増大してミル 10 内の圧力が増加し、これに応じて給炭機 20 内の圧力を増加させると、ダウンスパウト 24 内の固体燃料の移動が停止することがある。この場合には、給炭機 20 内の圧力を下げて再びダウンスパウト 24 内の固体燃料が移動するようにする。このときの給炭機 20 内の圧力を用いて目標給炭差圧を P_1 に更新することで、給炭量が増加した状態で固体燃料の供給が必要な移動量に対して所定範囲を超えて変動を生じることなく安定して継続することができる。

30

【0076】

下部燃料配管 17 にミル 10 内部から給炭機 20 へ向かう一次空気の流れを抑制する機械的なシール機構（例えばロータリバルブ）が設けられていないので、シール機構及びこれに伴う設備を省略でき、簡便な構成を実現することができる。特にバイオマス燃料のように石炭に比べてダウンスパウト 24 内の固体燃料充填層による圧力損失が小さい固体燃料であっても、シールエア流量を適正に制御することによって、下部燃料配管 17 に機械的なシール機構を省略することができる。

【0077】

なお、本実施形態は、以下のように変形することができる。

40

図 7 に示すように、差圧計 62 に加えて、給炭機 20 内の圧力を計測するマノメータ（圧力センサ）70 を設けることとしても良い。マノメータ 70 によって給炭機 20 内の圧力を得ることで、給炭機 20 内とミル 10 内との給炭差圧とは別に、給炭機 20 の状態を得ることができる。これにより、各種の計器の誤差や各圧力センサの検出管の閉塞等による計器誤動作の有無を確認することができる。

【0078】

また、図 8 に示すように、給炭機 20 内の温度を検出する温度センサ 72 を設けても良い。ミル 10 の出口 19 での一次空気の温度は、例えば約 60 ~ 80 度程度であることから、ミル 10 内部から給炭機 20 へ向かう一次空気の流れの逆流が発生すると、給炭機 2

50

0内の温度が上昇する。制御部50は、温度センサ72によって検出された温度の上昇量に基づいて、ミル10から給炭機20へと向かう微粉燃料を伴う一次空気の逆流の有無を判断することができる。

【0079】

以上説明した各実施形態に記載の固体燃料粉砕システム及びこれを備えた発電プラント並びに固体燃料粉砕システムの制御方法は、例えば以下のように把握される。

【0080】

本開示の固体燃料粉砕システム(100)は、固体燃料を貯留するバンカ(21)に接続されて鉛直方向下方側へと延在する上部燃料配管(24)と、前記上部燃料配管(24)の鉛直方向下方に接続され、前記固体燃料を所定の供給量で供給する燃料供給機(20)と、前記燃料供給機(20)に接続されて鉛直方向下方側へと延在する下部燃料配管(17)と、前記下部燃料配管(17)の鉛直方向下方に接続され、前記固体燃料を粉砕する粉砕機(10)と、前記燃料供給機(20)内にシールガスを供給するシールガス供給手段(27)と、前記シールガス供給手段(27)から前記燃料供給機(20)内へ供給される前記シールガスの流量を調整するシールガス流量調整手段(60)と、前記燃料供給機(20)内の圧力が、前記粉砕機(10)内の圧力よりも大きく、かつ、前記上部燃料配管(24)内の前記固体燃料の前記燃料供給機(20)への必要な排出量に対して所定範囲を超える変動を生じ始める圧力よりも小さくなるように、前記シールガス流量調整手段(60)を制御する制御部(50)と、を備えている。

【0081】

燃料供給機内の圧力が粉砕機内の圧力よりも大きくなるようにシールガス流量を制御することで、粉砕機内部から燃料供給機へ向かう逆流を抑制することができる。

燃料供給機内の圧力が上部燃料配管内の固体燃料の燃料供給機への供給が固体燃料の必要な移動量に対して所定範囲を超える変動を生じて不安定となり始める給炭差圧よりも小さくなるようにシールガス流量を制御することとしたので、上部燃料配管から燃料供給機へと固体燃料を安定して供給することができる。また、上部燃料配管内の固体燃料がバンカ側に向けて吹き上げられることを抑制することができる。

シールガス流量調整手段としては、例えば、開度を任意に調整することができる制御ダンパを用いることができる。

【0082】

さらに、本開示の固体燃料粉砕システム(100)によれば、前記燃料供給機(20)内と前記粉砕機(10)内との圧力差として給炭差圧を得る差圧取得手段(62)を備え、前記制御部(50)は、前記給炭差圧に基づいて、前記シールガス流量調整手段(60)を制御する。

【0083】

燃料供給機内と粉砕機内との差圧である給炭差圧に基づいて制御することとしたので、負荷に応じて粉砕機内の圧力が変動した場合でも適切に対応することができる。

差圧取得手段としては、例えば、差圧センサを用いても良いし、燃料供給機に設けた圧力センサと粉砕機に設けた圧力センサとの検出値から差圧を得ることとしても良い。

【0084】

さらに、本開示の固体燃料粉砕システム(100)によれば、前記制御部(50)は、前記上部燃料配管(24)内の前記固体燃料が前記燃料供給機(20)に向けて必要な移動量に対して所定範囲を超える変動を生じ始めたときの前記給炭差圧を目標給炭差圧として、前記シールガス流量調整手段(60)を制御する。

【0085】

上部燃料配管内の固体燃料の燃料供給機への供給が不安定となり始めたときの燃料供給機内の圧力と粉砕機内の圧力との差圧を目標給炭差圧として制御することとしたので、上部燃料配管内の固体燃料が移動するのに必要十分なシールガスを供給することができる。これにより、シールガスを供給するための付帯設備や動力を削減することができる。また、シールガスに酸素が含有されている場合(例えばシールガスとして空気を用いた場合)

10

20

30

40

50

には、上部燃料配管よりも上流側（パンカ側）に酸素が導かれることを抑制することができるので、パンカ内の固体燃料の酸化や着火を可及的に回避することができる。

【0086】

さらに、本開示の固体燃料粉碎システム（100）によれば、前記制御部（50）は、前記粉碎機（10）の運転状態に応じて前記目標給炭差圧を更新する。

【0087】

粉碎機の運転状態に応じて粉碎機内の圧力が変化する。これに応じて目標給炭差圧を更新することとした。例えば、粉碎機の負荷が増大して粉碎機内の圧力が増加し、これに応じて燃料供給機内の圧力を増加させると、上部燃料配管内の固体燃料の移動が停止することがある。この場合には、燃料供給機内の圧力を下げて再び上部燃料配管内の固体燃料が移動するようにする。このときの燃料供給機内の圧力を用いて目標給炭差圧を更新する。

10

【0088】

さらに、本開示の固体燃料粉碎システム（100）によれば、前記給炭差圧取得手段（62）は、前記燃料供給機（20）内の圧力を検出する圧力センサ（70）を備えている。

【0089】

圧力センサによって燃料供給機内の圧力を得ることで、燃料供給機内と粉碎機内との給炭差圧とは別に、燃料供給機の状態を得ることができる。これにより、各種の計器の誤差や動作不良を確認することができる。

圧力センサとしては、例えばマノメータを用いることができる。

20

【0090】

さらに、本開示の固体燃料粉碎システム（100）によれば、前記上部燃料配管（24）内の前記固体燃料の移動の有無を検出する流れ確認センサ（64）を備え、前記制御部（50）は、前記流れ確認センサ（64）の出力によって、前記上部燃料配管（24）内の前記固体燃料の前記燃料供給機（20）への必要な排出量に対して所定範囲を超える変動を生じ始めたタイミングを得る。

【0091】

流れ確認センサによって、上部燃料配管内の固体燃料が燃料供給機に向けて移動し始めるタイミングを得ることができる。

流れ確認センサとしては、例えば、固体燃料の移動音を検出する音響センサ、移動した固体燃料が接触したことを検出する接触センサ、固体燃料が移動することによって変化する温度を検出する温度センサ（例えば放射温度計）を挙げることができる。

30

【0092】

さらに、本開示の固体燃料粉碎システム（100）によれば、前記上部燃料配管（24）内の前記固体燃料の必要な移動量に対して所定範囲を超える変動を生じたときに該固体燃料の移動を促す移動促進手段（66）が設けられている。

【0093】

上部燃料配管内の固体燃料の移動が停止したときに、移動促進手段によって固体燃料の移動を促すことができる。

移動促進手段としては、例えば、上部燃料配管やパンカに振動や衝撃力を与える加振装置や、上部燃料配管内やパンカ内に移動促進用のガスを供給するガス供給手段を用いることができる。

40

【0094】

さらに、本開示の固体燃料粉碎システム（100）によれば、前記燃料供給機（20）内の温度を検出する温度センサ（72）を備え、

前記制御部（50）は、前記温度センサ（72）によって検出された温度の上昇量に基づいて、前記粉碎機（10）内から前記燃料供給機（20）へと向かう逆流を判断する。

【0095】

粉碎機から燃料供給機へと向かう搬送用ガスの逆流が発生すると、粉碎機内から排出される搬送用ガスの熱により燃料供給機内の温度が上昇する。温度センサによってこの温度

50

上昇量を得ることで、搬送用ガスの逆流を判断することができる。

【0096】

さらに、本開示の固体燃料粉碎システム(100)によれば、前記固体燃料は、バイオマス燃料とされ、前記下部燃料配管(17)には、前記粉碎機(10)内から前記燃料供給機(20)へ向かうガス流れを抑制するシール機構が設けられていない。

【0097】

下部燃料配管に粉碎機(10)内部から燃料供給機(20)へ向かう搬送用ガスの流れを抑制する機械的なシール機構(例えばロータリバルブ)が設けられていないので、シール機構及びこれに伴う設備を省略でき、簡便な構成を実現することができる。

【0098】

また、本開示の発電プラント(1)は、上記のいずれかに記載された固体燃料粉碎システム(100)と、前記固体燃料粉碎システム(100)にて粉碎された前記固体燃料を燃焼させた熱で蒸気を生成するボイラ(200)と、前記ボイラ(200)によって生成された蒸気を用いて発電する発電部と、を備えている。

【0099】

また、本開示の固体燃料粉碎システム(100)の制御方法は、固体燃料を貯留するバンカ(21)に接続されて鉛直方向下方側へと延在する上部燃料配管(24)と、前記上部燃料配管(24)の鉛直方向下方に接続され、前記固体燃料を所定の供給量で供給する燃料供給機(20)と、前記燃料供給機(20)に接続されて鉛直方向下方側へと延在する下部燃料配管(17)と、前記下部燃料配管(17)の鉛直方向下方に接続され、前記固体燃料を粉碎する粉碎機(10)と、前記燃料供給機(20)内にシールガスを供給するシールガス供給手段(27)と、前記シールガス供給手段(27)から前記燃料供給機(20)内へ供給される前記シールガスの流量を調整するシールガス流量調整手段(60)と、を備えている固体燃料粉碎システム(100)の制御方法であって、前記燃料供給機(20)内の圧力が、前記粉碎機(10)内の圧力よりも大きく、かつ、前記上部燃料配管(24)内の前記固体燃料の前記燃料供給機(20)への必要な排出量に対して所定範囲を超える変動を生じ始める圧力よりも小さくなるように、前記シールガス流量調整手段(60)を制御する。

【符号の説明】

【0100】

- 1 発電プラント
- 10 ミル(粉碎機)
- 11 ハウジング
- 12 回転テーブル
- 13 ローラ(粉碎ローラ)
- 14 駆動部
- 16 回転式分級機(分級部)
- 16a ブレード
- 17 下部燃料配管
- 18 モータ
- 19 出口
- 20 給炭機(燃料供給機)
- 20a (給炭機の)ケーシング
- 21 バンカ
- 21a コールゲート
- 22 搬送部(燃料供給機)
- 22a ベルトコンベア
- 22b パドルスイッチ
- 23 モータ(燃料供給機)
- 24 ダウンスパウト(上部燃料配管)

10

20

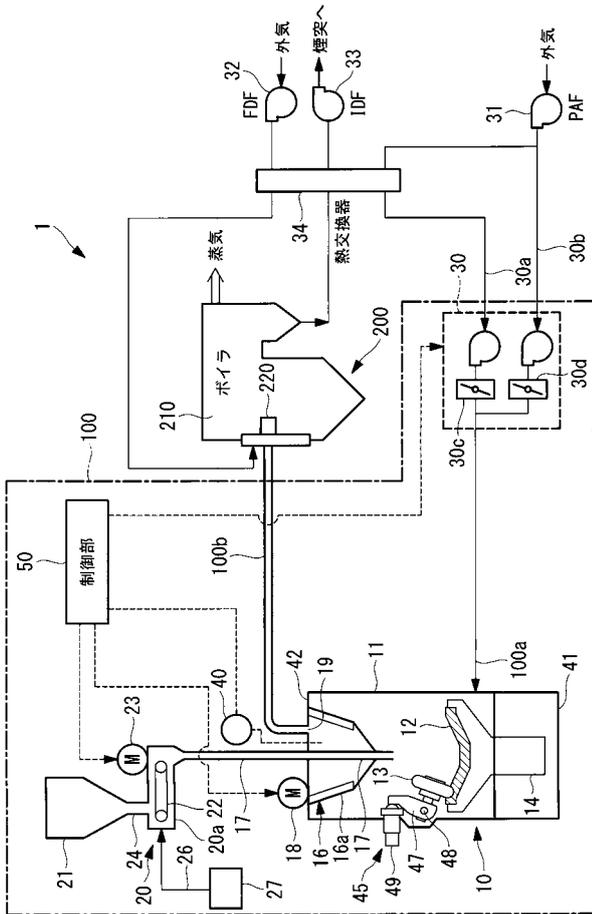
30

40

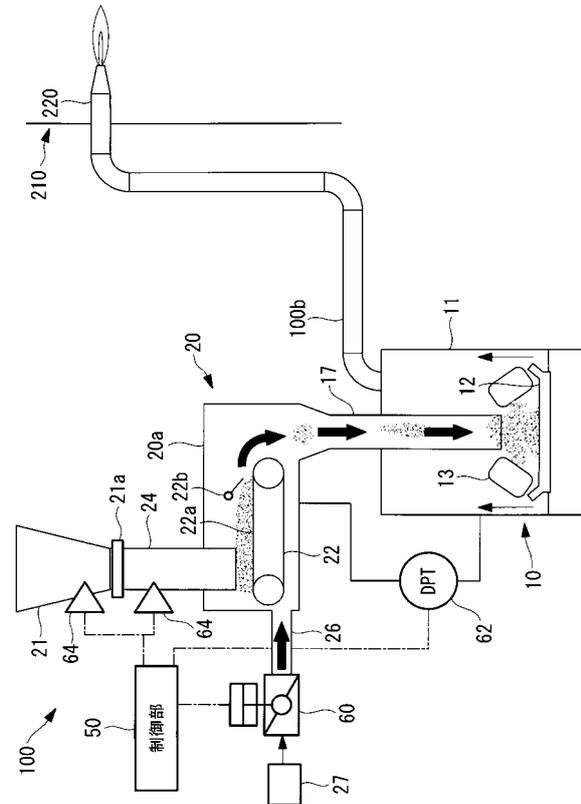
50

2 6	シールエア供給配管	
2 7	シールエアファン（シールガス供給手段）	
3 0	送風部（搬送用ガス供給部）	
3 0 a	熱ガス流路	
3 0 b	冷ガス流路	
3 0 c	熱ガスダンパ（第 1 送風部）	
3 0 d	冷ガスダンパ（第 2 送風部）	
3 1	一次空気通風機	
4 0	状態検出部（温度検出手段、差圧検出手段）	
4 1	底面部	10
4 2	天井部	
4 5	ジャーナルヘッド	
4 7	支持アーム	
4 8	支持軸	
4 9	押圧装置	
5 0	制御部（判定部）	
6 0	シールエア流量調整弁（シールガス流量調整手段）	
6 2	差圧計（差圧取得手段）	
6 4	音響センサ（流れ確認センサ）	
6 6	加振装置（移動促進手段）	20
6 8	ガス供給手段（移動促進手段）	
7 0	マノメータ（圧力センサ）	
7 2	温度センサ	
1 0 0	固体燃料粉碎システム	
1 0 0 a	一次空気流路（搬送用ガス流路）	
1 0 0 b	供給流路	
2 0 0	ボイラ	
2 1 0	火炉	
2 2 0	バーナ部	

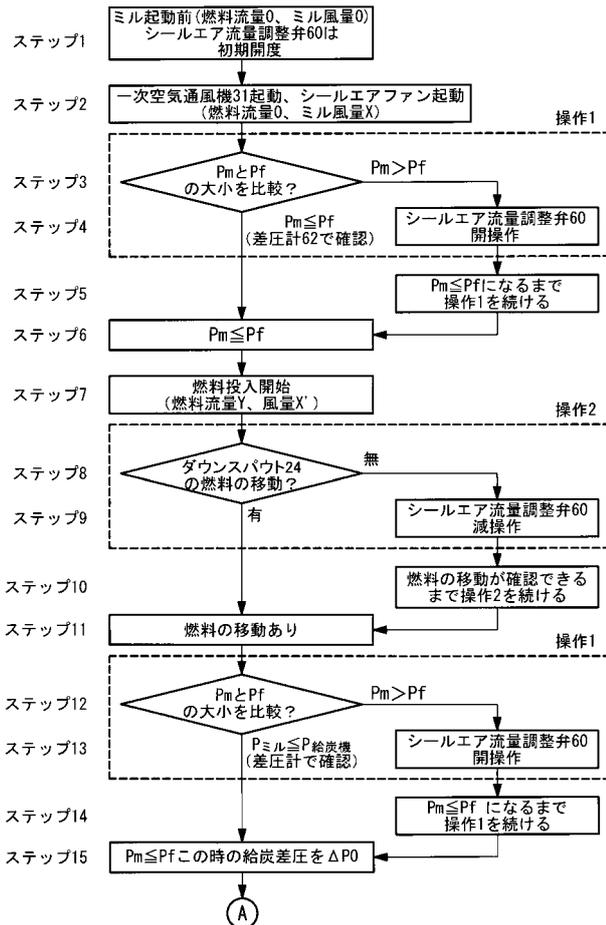
【 図 1 】



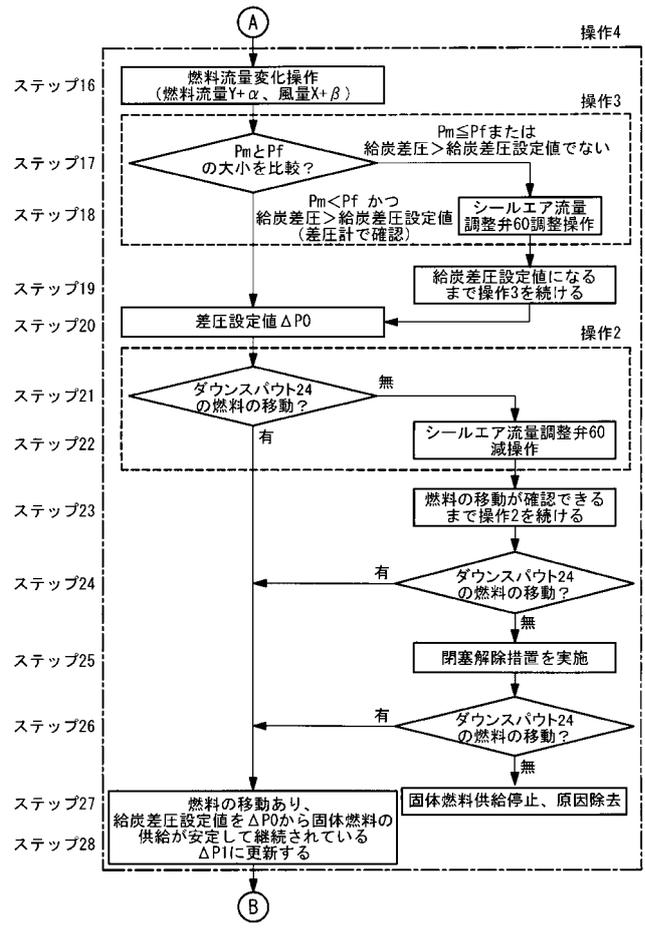
【 図 2 】



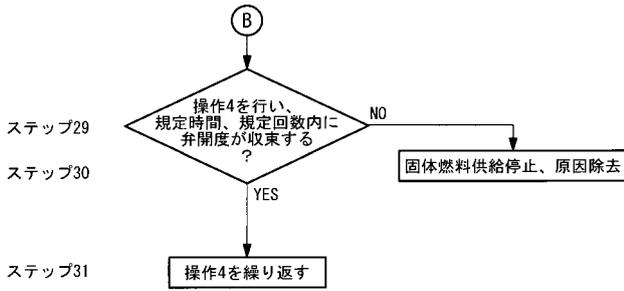
【 図 3 A 】



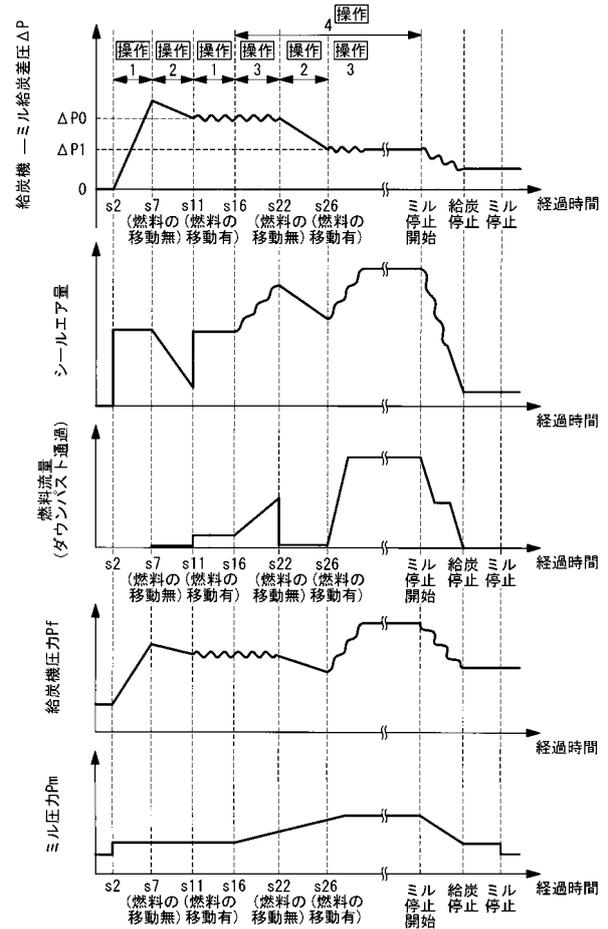
【 図 3 B 】



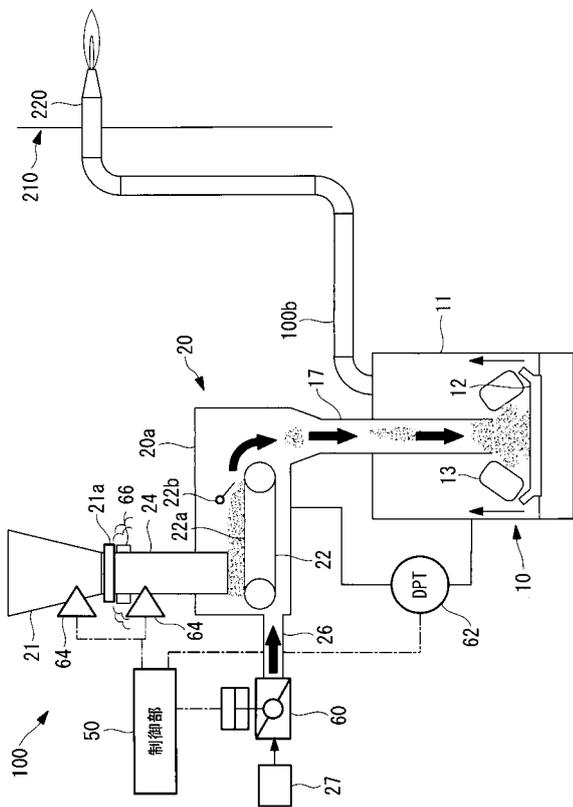
【 図 3 C 】



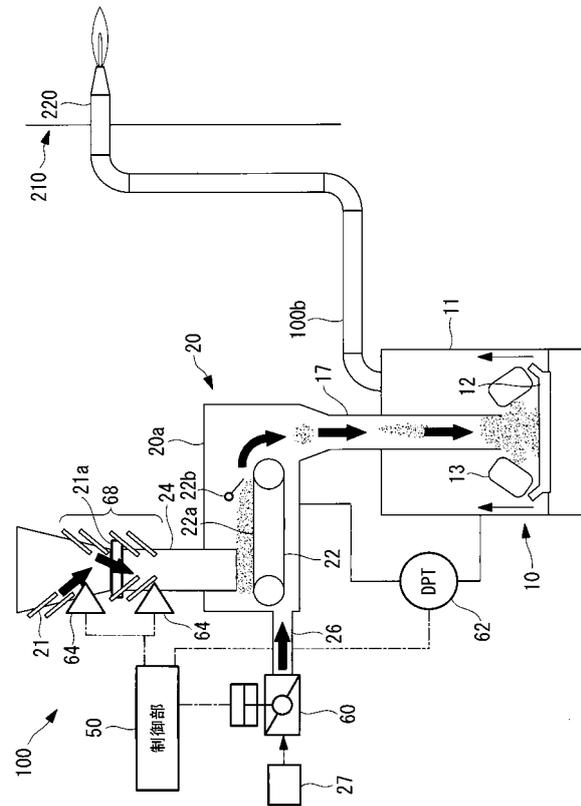
【 図 4 】



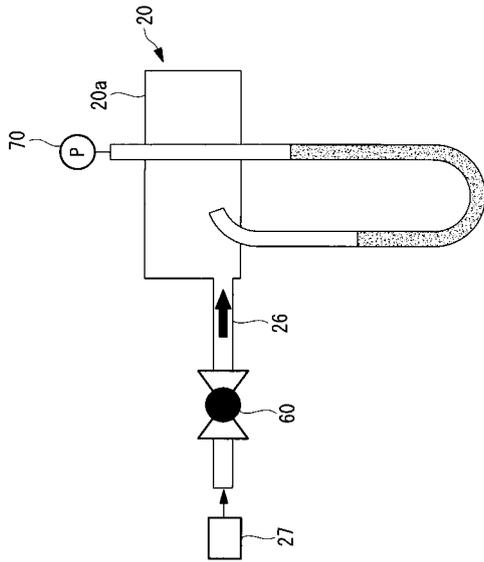
【 図 5 】



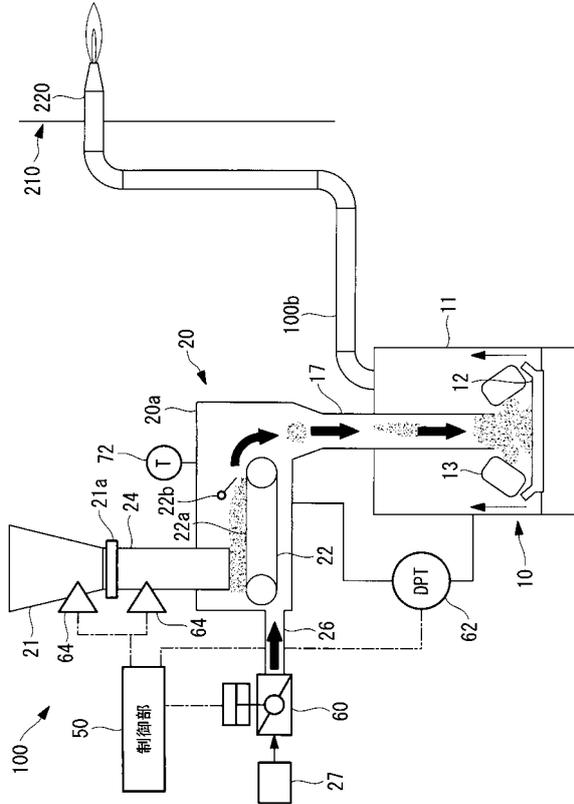
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

- (72)発明者 澤 昇吾
神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内
- (72)発明者 植田 優也
神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内
- (72)発明者 内田 英睦
神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内
- (72)発明者 山口 聡太郎
神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内