

(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2019-98261
(P2019-98261A)

(43) 公開日 令和1年6月24日(2019.6.24)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)		
B01J	8/26	(2006.01)	B01J	8/26	3K064
B01J	8/00	(2006.01)	B01J	8/00	A 4G070
F23C	10/02	(2006.01)	F23C	10/02	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 15 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2017-232765 (P2017-232765)</p> <p>(22) 出願日 平成29年12月4日 (2017.12.4)</p> <p>(出願人による申告) 平成26年度、国立研究開発法人科学技術振興機構、国際科学技術共同研究推進事業「インドネシアにおけるバイオマス廃棄物の流動接触分解ガス化・液体燃料生産モデルシステムの開発」委託研究、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願</p>	<p>(71) 出願人 504145364 国立大学法人群馬大学 群馬県前橋市荒牧町四丁目2番地</p> <p>(74) 代理人 100126505 弁理士 佐貫 伸一</p> <p>(74) 代理人 100131392 弁理士 丹羽 武司</p> <p>(74) 代理人 100146330 弁理士 本間 博行</p> <p>(72) 発明者 野田 玲治 群馬県前橋市荒牧町四丁目2番地 国立大学法人群馬大学内</p> <p>(72) 発明者 上原 巧 群馬県前橋市荒牧町四丁目2番地 国立大学法人群馬大学内</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
--	--

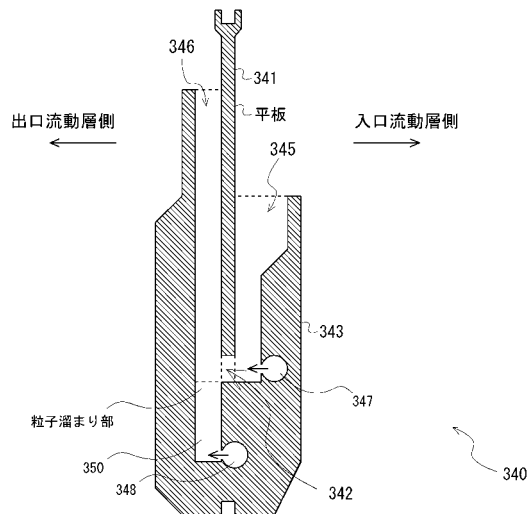
(54) 【発明の名称】 循環流動装置の動作方法、及び、ループシール

(57) 【要約】

【課題】 循環流動層において、層高差が変動しても粒子循環速度の変動を低減する。

【解決手段】 第1流動層と第2流動層との間で粒子が移動する循環流動装置の動作方法であって、前記第1流動層と前記第2流動層との間に設けられるループシールに、前記粒子の移動を促進するために供給されるガスを周期的に供給する、循環流動装置の動作方法とする。また、第1流動層と第2流動層との間で粒子が移動する循環流動装置の前記第1流動層と前記第2流動層との間に設けられるループシールであって、前記第1流動層側に設けられ、前記第1流動層から粒子が導入される通路であるダウンカマー部と、前記第2流動層側に設けられ、前記第2流動層に粒子が排出される通路であるライザー部と、前記第2流動層側であり前記ライザー部の下方に設けられる粒子溜まり部と、前記粒子溜まり部にガスを供給する吹込口とを備えるループシールとする。

【選択図】 図12



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

第 1 流動層と第 2 流動層との間で粒子が移動する循環流動装置の動作方法であって、前記第 1 流動層と前記第 2 流動層との間に設けられるループシールに、前記粒子の移動を促進するために供給されるガスを周期的に供給する、循環流動装置の動作方法。

【請求項 2】

前記ループシールに周期的に供給されるガスの周波数は、0.5 Hz 以下である、請求項 1 に記載の循環流動装置の動作方法。

【請求項 3】

第 1 流動層と第 2 流動層との間で粒子が移動する循環流動装置の前記第 1 流動層と前記第 2 流動層との間に設けられるループシールであって、

前記第 1 流動層側に設けられ、前記第 1 流動層から粒子が導入される通路であるダウンカマー部と、

前記第 2 流動層側に設けられ、前記第 2 流動層に粒子が排出される通路であるライザー部と、

前記第 2 流動層側であり前記ライザー部の下方に設けられる粒子溜まり部と、

前記粒子溜まり部にガスを供給する吹込口と、

を備えるループシール。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、循環流動装置の動作方法、および、ループシールに関する。

【背景技術】**【0002】**

粒子を複数の層の間で移動させる循環流動層を含む循環流動装置がある。循環流動層では高温（例えば、数十 から数百 程度）で使用されるため、層と層との間において、消耗の多い機械的な弁ではなく、非機械的パルプ弁が使用される。循環流動装置において、循環流動層は、粒子を導入する入口流動層と粒子を排出する出口流動層と 2 つの層の間で粒子を移動させるループシールとを備える。入口流動層と出口流動層との間は、平面状の仕切り板で仕切られている。ループシールは、入口流動層と出口流動層との間の仕切り板の開口部に設けられる。入口流動層に投入された粒子は、入口流動層と出口流動層との間に配置されるループシールによって出口流動層に送られる。循環流動装置の動作中、入口流動層及び出口流動層には、それぞれ、下部から空気が流れ、各層内で粒子は流動化している。入口流動層には粒子が導入され、出口流動層からは粒子が排出される。ループシールの役割は、空気と粒子とを一方向（入口流動層から出口流動層への方向）に流すことである。ループシールは、粒子を出口流動層に排出するライザーと、ライザーに粒子を流すダウンカマーとを含む。ダウンカマーには、入口流動層の粒子が入る。また、ループシールは、空気（ガス）の吹込口を備え、内部に空気（ガス）を吹き込む速度（ガス流速）を調節することで、粒子の循環を行う。ループシールにおける逆流は望ましくない。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0003】**

【特許文献 1】特開 2012 - 220099 号公報

【特許文献 2】特許第 3278161 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

循環流動層において、ループシールの内部に吹き込むガスの流速が一定である場合、粒子循環速度（単位断面積あたり単位時間にループシールを通過する粒子の量）の増加とと

10

20

30

40

50

もに、層高差（入口流動層の粒子の高さと出口流動層の粒子の高さとの差）が増加する。層高差による粒子循環量の影響は大きいため、循環流動層の安定操作（粒子循環量の安定）のために、層高差が変動しないようにすることが望ましい。また、循環流動層の安定操作（粒子循環量の安定）のために、粒子循環速度が層高差に依存しないことが望ましい。

【 0 0 0 5 】

図 1 は、循環流動装置のループシールに一定速度のガスを吹き込んだ場合の層高差 h と粒子循環速度 G_s との関係のグラフの例を示す図である。図 1 のグラフの横軸は層高差 h であり、縦軸は粒子循環速度 G_s である。図 1 のグラフでは、層高差が大きくなるにつれて、粒子循環速度が速くなることが分かる。また、ループシールに吹き込むガスの流速が大きくなるほど、粒子循環速度が速くなることが分かる。層高差が変化しても、粒子循環速度が変動しないことが望ましい。

10

【 0 0 0 6 】

本発明は、循環流動層において、粒子を安定して効率よく移動させることを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

上記課題を解決するために、以下の手段を採用する。

即ち、第 1 の態様は、

第 1 流動層と第 2 流動層との間で粒子が移動する循環流動装置の動作方法であって、

前記第 1 流動層と前記第 2 流動層との間に設けられるループシールに、前記粒子の移動を促進するために供給されるガスを周期的に供給する、循環流動装置の動作方法とする。

20

第 2 の態様は、

第 1 流動層と第 2 流動層との間で粒子が移動する循環流動装置の前記第 1 流動層と前記第 2 流動層との間に設けられるループシールであって、

前記第 1 流動層側に設けられ、前記第 1 流動層から粒子が導入される通路であるダウンカメラ部と、

前記第 2 流動層側に設けられ、前記第 2 流動層に粒子が排出される通路であるライザー部と、

前記第 2 流動層側であり前記ライザー部の下方に設けられる粒子溜まり部と、

30

前記粒子溜まり部にガスを供給する吹込口と、

を備えるループシールとする。

【発明の効果】

【 0 0 0 8 】

本発明によれば、循環流動層において、粒子を安定して効率よく移動させることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 9 】

【図 1】図 1 は、循環流動装置のループシールに一定速度のガスを吹き込んだ場合の層高差 h と粒子循環速度 G_s との関係のグラフの例を示す図である。

40

【図 2】図 2 は、実施形態の循環流動装置の構成例を示す図である。

【図 3】図 3 は、ループシールの詳細を説明する図である。

【図 4】図 4 は、ループシールの吹込口にガスを供給するガス供給部の構成例を示す図である。

【図 5】図 5 は、情報処理装置のハードウェア構成例を示す図である。

【図 6】図 6 は、実施形態の循環流動装置の動作フローの例を示す図である。

【図 7】図 7 は、循環流動装置 100 で使用した粒子の粒径分布の例を示す図である。

【図 8】図 8 は、層高差変化による粒子循環速度の変化の吹込口依存性の例を示す図である。

【図 9】図 9 は、層高差変化による粒子循環速度の変化のガス速度依存性の例を示す図で

50

ある。

【図 1 0】図 1 0 は、層高差変化による粒子循環速度の変化のガス供給の周波数依存性の例を示す図である。

【図 1 1】図 1 1 は、粒子循環速度の層高差依存性を示す図である。

【図 1 2】図 1 2 は、ループシールの変形例を説明する図である。

【図 1 3】図 1 3 は、粒子循環速度の層高差依存性を示す図である。

【図 1 4】図 1 4 は、層高差変化による粒子循環速度の変化のガス供給のパルス幅依存性の例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

10

以下、図面を参照して実施形態について説明する。実施形態の構成は例示であり、発明の構成は、開示の実施形態の具体的構成に限定されない。発明の実施にあたって、実施形態に応じた具体的構成が適宜採用されてもよい。

【0011】

〔実施形態〕

（構成例）

図 2 は、本実施形態の循環流動装置の構成例を示す図である。図 2 の循環流動装置 1 0 0 は、フィーダ 1 1 0、入口流動層 1 2 0、出口流動層 1 3 0、ループシール 1 4 0、ガス導入部 1 6 1、ガス導入部 1 6 2、仕切り板 1 8 0 を備える。仕切り板 1 8 0 は、入口流動層 1 2 0 と出口流動層 1 3 0 とを仕切る平板である。仕切り板 1 8 0 には、開口部があり、当該開口部にはループシール 1 4 0 が設置される。入口流動層 1 2 0、出口流動層 1 3 0、ループシール 1 4 0、仕切り板 1 8 0 を総称して、循環流動層ともいう。当該循環流動層は、内部循環流動層である。

20

【0012】

フィーダ 1 1 0 は、循環流動装置 1 0 0 における処理対象の粒子を、入口流動層 1 2 0 に供給する。供給する粒子の量は、あらかじめ決められた量や、入口流動層 1 2 0、出口流動層 1 3 0 に存在する粒子の量などに基づいて、決められる。

【0013】

入口流動層 1 2 0 は、フィーダ 1 1 0 から粒子を導入される。入口流動層 1 2 0 は、ループシール 1 4 0 を介して、粒子を出口流動層 1 3 0 に送る。また、入口流動層 1 2 0 は、ガス導入部 1 6 1 から空気などのガスを供給され、入口流動層 1 2 0 内の粒子を流動化する。

30

【0014】

出口流動層 1 3 0 は、入口流動層 1 2 0 よりループシール 1 4 0 を介して、粒子を供給される。また、出口流動層 1 3 0 は、ガス導入部 1 6 2 から空気などのガスを供給され、出口流動層 1 3 0 内の粒子を流動化する。出口流動層 1 3 0 には、粒子を外部に排出する排出部が設けられてもよい。

【0015】

入口流動層 1 2 0 と出口流動層 1 3 0 との間は、仕切り板 1 8 0 によって仕切られている。入口流動層 1 2 0、出口流動層 1 3 0、仕切り板 1 8 0 は、例えば、金属板を加工することによって、形成される。

40

【0016】

ループシール 1 4 0 は、入口流動層 1 2 0 から粒子を導入され、出口流動層 1 3 0 に当該粒子を排出する。ループシール 1 4 0 には、空気などのガスを吹き込む吹込口が設けられ、粒子の導入、排出を促進する。ループシール 1 4 0 は、ビスなどにより仕切り板 1 8 0 の開口部に固定される。ループシール 1 4 0 の周囲には、仕切り板 1 8 0 に嵌合する凹部が設けられてもよい。ループシール 1 4 0 と仕切り板 1 8 0 とが一体化してもよい。

【0017】

ガス導入部 1 6 1 は、入口流動層 1 2 0 に空気等のガスを供給し、入口流動層 1 2 0 内の粒子を流動化する。

50

【0018】

ガス導入部162は、出口流動層130に空気等のガスを供給し、出口流動層130内の粒子を流動化する。

【0019】

図3は、ループシールの詳細を説明する図である。ループシール140は、仕切り板180の開口部を塞ぐ平板141、第1部材143、第2部材144、吹込口147、吹込口148を含む。平板141には、開口部142が設けられ、入口流動層120側と出口流動層130側とが導通する。また、平板141と第1部材143とにより、ダウンカマー部145が形成され、平板141と第2部材144とにより、ライザー部146が形成される。ダウンカマー部145は、開口部142から入口流動層120側に設けられる粒子の通路である。ライザー部146は、開口部142から出口流動層130側に設けられる粒子の通路である。平板141、第1部材143、第2部材144は、例えば、金属、樹脂等によって形成される。

10

【0020】

第1部材143、第2部材144は、一体化して1つの部材としてもよい。また、第1部材143、第2部材144が、2以上の部材によって構成されてもよい。

【0021】

ダウンカマー部145は、入口流動層120側で、平板141の開口部142から上方に向かって設けられ、上端で粒子を導入できるように開放されている。ダウンカマー部145の通路は、上端から平板の開口部に向かう途中で徐々に細くなっている。また、ライザー部146は、出口流動層130側で、平板141の開口部142から上方に向かって設けられ、上端で粒子を排出できるように開放されている。ダウンカマー部145またはライザー部146には、空気の吹き込み口である吹込口147、吹込口148が設けられる。

20

【0022】

吹込口147は、ダウンカマー部145の下部に設けられ、横方向に向かって（開口部142の方向に向かって）、ガスを吹き込むことができる。吹込口148は、ライザー部146の底部に設けられ、ライザー部146の上方に向かって、ガスを吹き込むことができる。吹込口147、吹込口148から吹き込まれる空気は、粒子の導入、排出を促進する。吹込口は、ループシール140の他の箇所にも設けられてもよい。

30

【0023】

図4は、ループシールの吹込口にガスを供給するガス供給部の構成例を示す図である。ガス供給部200は、循環流動装置100に含まれてもよいし、循環流動装置100と別個の装置として存在してもよい。ガス供給部200は、電磁弁210、ニードルバルブ220、圧力タンク230、数値制御部240を含む。ループシール140の吹込口147等と電磁弁210は、ガス管等によって導通可能に接続される。電磁弁210とニードルバルブ220とは、ガス管等によって導通可能に接続される。ニードルバルブ220と圧力タンク230とは、ガス管等によって導通可能に接続される。圧力タンク230から排出されるガスは、ニードルバルブ220によって供給量を調整され、電磁弁210によって、供給するタイミングを調整される。

40

【0024】

電磁弁210は、ニードルバルブ220と吹込口147等との間で、弁を開閉することによって、圧力タンク230からのガス（空気など）の吹込口147等への供給を制御する。電磁弁210の弁の開閉は、数値制御部240によって制御される。電磁弁210の弁は、例えば、周期的（パルスの）に開閉される。電磁弁210の弁が開状態のままのとき、ガスは連続的に供給される。電磁弁210とすべての吹込口とが接続されて、すべての吹込口に同時にガスが供給されるようにしてもよいし、電磁弁と各吹込口との間に切替バルブを備え、ガスを供給する吹込口を任意に変更できるようにしてもよい。また、吹込口ごとにガス供給部200が設けられ、吹込口ごとにガスの供給が制御されてもよい。電磁弁210がパルスのように開閉することで、ガスがパルス供給される。ここでは、ガスのパ

50

ルス供給は、所定時間ガスが供給され、所定時間ガスの供給が停止することを繰り返すことをいう。ガスの供給が開始されガスの供給が停止し次のガスの供給が開始されるまでの時間を1周期とする。パルス供給の周期の逆数がパルス供給の周波数となる。

【0025】

ニードルバルブ220は、圧力タンク230からのガスの吹込口147等への供給量を制御する。

【0026】

圧力タンク230は、吹込口147等に供給するガスを排出する。圧力タンク230が排出するガスは、例えば空気である。

【0027】

数値制御部240は、電磁弁210の開閉のタイミングを制御する。数値制御部240は、例えば、コンピュータによって実現される。数値制御部240は、ニードルバルブ220を制御して、ガスの供給量(ガスの流速)を調整してもよい。

【0028】

数値制御部240は、PC(Personal Computer)、ワークステーション(WS、Work Station)のような専用または汎用のコンピュータ、あるいは、コンピュータを搭載した電子機器、スマートフォン、携帯電話、タブレット型端末、カーナビゲーション装置、PDA(Personal Digital Assistant)のような専用または汎用のコンピュータ等を使用して実現可能である。

【0029】

図5は、情報処理装置のハードウェア構成例を示す図である。図5に示す情報処理装置は、一般的なコンピュータの構成を有している。数値制御部240は、図5に示すような情報処理装置90によって実現される。図5の情報処理装置90は、プロセッサ91、メモリ92、記憶部93、入力部94、出力部95、通信制御部96を有する。これらは、互いにバスによって接続される。メモリ92及び記憶部93は、コンピュータ読み取り可能な記録媒体である。情報処理装置のハードウェア構成は、図5に示される例に限らず、適宜構成要素の省略、置換、追加が行われてもよい。

【0030】

情報処理装置90は、プロセッサ91が記録媒体に記憶されたプログラムをメモリ92の作業領域にロードして実行し、プログラムの実行を通じて各構成部等が制御されることによって、所定の目的に合致した機能を実現することができる。

【0031】

プロセッサ91は、例えば、CPU(Central Processing Unit)やDSP(Digital Signal Processor)である。

【0032】

メモリ92は、例えば、RAM(Random Access Memory)やROM(Read Only Memory)を含む。メモリ92は、主記憶装置とも呼ばれる。

【0033】

記憶部93は、例えば、EPROM(Erasable Programmable ROM)、ハードディスクドライブ(HDD、Hard Disk Drive)である。また、記憶部93は、リムーバブルメディア、即ち可搬記録媒体を含むことができる。リムーバブルメディアは、例えば、USB(Universal Serial Bus)メモリ、あるいは、CD(Compact Disc)やDVD(Digital Versatile Disc)のようなディスク記録媒体である。記憶部93は、二次記憶装置とも呼ばれる。

【0034】

記憶部93は、各種のプログラム、各種のデータ及び各種のテーブルを読み書き自在に記録媒体に格納する。記憶部93には、オペレーティングシステム(Operating System: OS)、各種プログラム、各種テーブル等が格納される。記憶部93に格納される情報は、メモリ92に格納されてもよい。また、メモリ92に格納される情報は、記憶部93に格納されてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 5 】

オペレーティングシステムは、ソフトウェアとハードウェアとの仲介、メモリ空間の管理、ファイル管理、プロセスやタスクの管理等を行うソフトウェアである。オペレーティングシステムは、通信インタフェースを含む。通信インタフェースは、通信制御部 9 6 を介して接続される他の外部装置等とデータのやり取りを行うプログラムである。外部装置等には、例えば、他のコンピュータ、外部記憶装置等が含まれる。

【 0 0 3 6 】

入力部 9 4 は、キーボード、ポインティングデバイス、ワイヤレスリモコン、タッチパネル等を含む。また、入力部 9 4 は、カメラのような映像や画像の入力装置や、マイクロフォンのような音声の入力装置を含むことができる。

10

【 0 0 3 7 】

出力部 9 5 は、LCD (Liquid Crystal Display)、EL (Electroluminescence) パネル、CRT (Cathode Ray Tube) ディスプレイ、PDP (Plasma Display Panel) 等の表示装置、プリンタ等の出力装置を含む。また、出力部 9 5 は、スピーカのような音声の出力装置を含むことができる。

【 0 0 3 8 】

通信制御部 9 6 は、他の装置と接続し、情報処理装置 9 0 と他の装置との間の通信を制御する。通信制御部 9 6 は、例えば、LAN (Local Area Network) インタフェースボード、無線通信のための無線通信回路、有線通信のための通信回路である。LAN インタフェースボードや無線通信回路は、インターネット等のネットワークに接続される。

20

【 0 0 3 9 】

(動作例)

図 6 は、本実施形態の循環流動装置の動作フローの例を示す図である。循環流動装置 1 0 0 の入口流動層 1 2 0、出口流動層 1 3 0 には、あらかじめ、所定量の粒子が導入されている。

【 0 0 4 0 】

S 1 0 1 では、循環流動装置 1 0 0 のガス導入部 1 6 1 は、入口流動層 1 2 0 の底部からガスを供給して、入口流動層 1 2 0 内の粒子を流動化する。また、ガス導入部 1 6 2 は、出口流動層 1 3 0 の底部からガスを供給して、出口流動層 1 3 0 内の粒子を流動化する。ガスは、例えば、空気である。ガスを供給すると粒子は流動化する。粒子の流動化の状態が安定するまで時間がかかるため、例えば、ガスを供給開始してから 2 分間待機する。

30

【 0 0 4 1 】

S 1 0 2 では、ガス供給部 2 0 0 は、循環流動装置 1 0 0 のループシール 1 4 0 の吹込口 1 4 7 等に、ガス (例えば、空気) を供給する。供給量は、ニードルバルブ 2 2 0 で調整され、供給のタイミングは、数値制御部 2 4 0 によって制御された電磁弁 2 1 0 によって制御される。電磁弁 2 1 0 は、例えば、周期的に弁を開閉することで、周期的にガスを供給する。ガスが供給されると、ガスが供給された吹込口 1 4 7 等からガスが排出される。ガスが排出されると、粒子の入口流動層 1 2 0 から出口流動層 1 3 0 への移動が促進される。

【 0 0 4 2 】

S 1 0 3 では、フィーダ 1 1 0 は、所定の割合で、入口流動層 1 2 0 に粒子を供給する。S 1 0 2 で、吹込口 1 4 7 等からガスが供給されると、入口流動層 1 2 0 の粒子が減少する。粒子が減少すると、入口流動層 1 2 0 の粒子の高さ (粒子の液面の高さ) が低くなり、出口流動層 1 3 0 に粒子が供給されにくくなるため、フィーダ 1 1 0 により入口流動層 1 2 0 に粒子を供給する。フィーダ 1 1 0 による粒子の供給は、連続的であっても間欠的であってもよい。S 1 0 2 及び S 1 0 3 の動作は、入れ替わっても同時であってもよい。

40

【 0 0 4 3 】

S 1 0 4 では、循環流動装置 1 0 0 の動作が安定するまで、待機する。ループシール 1 4 0 の吹込口 1 4 7 等へのガスの供給開始直後は、粒子循環速度が安定しないため、しば

50

らく待機する。待機時間は、例えば、6分である。

【0044】

S105では、循環流動装置100は、ループシール140を通過する粒子の量を測定することにより、粒子循環速度を算出する。粒子の量の測定は、周知の方法が用いられる。粒子の測定方法に限定はない。

【0045】

ここで、ループシール140の吹込口147等へのガスの供給の条件、フィードによる粒子の供給の条件等を変更して、S102以降の動作を繰り返すことで、他の条件における粒子循環速度を算出することができる。条件を変更して粒子循環速度を算出することで、粒子循環速度の変動が小さくなるようなよりよい条件（ガスの供給タイミングなど）を求めることができる。

10

【0046】

（測定結果の例）

ここでは、循環流動装置100による粒子循環速度の測定結果の例を示す。

【0047】

使用粒子

図7は、循環流動装置100で使用した粒子の粒径分布の例を示す図である。図7のグラフでは、横軸は使用した粒子の粒径、縦軸は、粒子の割合を示す。ここでは、粒子として、ガラスビーズを使用した。当該粒子の最小流動化速度 u_{mf} は、 0.042 m/s 、空隙率は、 0.433 、粒子真密度は、 2480 kg/m^3 である。また、平均粒径は、 $196 \mu\text{m}$ である。

20

【0048】

層高差変化による粒子循環速度の変化の吹込口依存性

図8は、層高差変化による粒子循環速度の変化の吹込口依存性の例を示す図である。ここでは、ループシール140にガスを、連続供給した場合と、 0.5 Hz でパルス供給した場合について比較している。ここでは、吹込口から排出するガスの速度を最小流動化速度 u_{mf} の8倍 ($8u_{mf}$) とした。また、ガスの吹き込み口として、吹込口147、吹込口148を使用した場合についても比較している。連続供給した場合は、パルス供給した場合に比べて、層高差変化による粒子循環速度の変化が大きくなっている。即ち、連続供給の場合、層高差が変化すると、粒子循環速度も大きく変化することを示している。これに対し、パルス供給の場合、連続供給に比べ、値が小さくなっている。即ち、パルス供給の場合、層高差が変化しても、粒子循環速度が大きく変化しないことを示している。また、パルス供給において、吹込口148を使用した場合、層高差変化による粒子循環速度の変化は、吹込口147を使用した場合と同程度である。吹込口147から吹き込む空気は、吹込口147から空気を吹き込む方向の先の壁の影響などにより、ライザー部146の方向のみならずダウンカマー部145の方向にも流れるおそれがある。ダウンカマー部145の方向に空気が流れると粒子が逆流する。一方、吹込口148から吹き込む空気は、ダウンカマー部145にはほとんど流れない。よって、吹込口148を使用することがより好ましい。

30

【0049】

層高差変化による粒子循環速度の変化のガス速度依存性

図9は、層高差変化による粒子循環速度の変化のガス速度依存性の例を示す図である。ここでは、ループシール140にガスを、連続供給した場合と、 0.5 Hz でパルス供給した場合について比較している。ここでは、吹込口148を使用した。連続供給した場合は、パルス供給した場合に比べて、層高差変化による粒子循環速度の変化が大きくなっている。また、パルス供給において、ガス速度を $2u_{mf}$ とした場合に、層高差変化による粒子循環速度の変化が最も小さくなっている。

40

【0050】

層高差変化による粒子循環速度の変化の、ガス供給の周波数依存性

図10は、層高差変化による粒子循環速度の変化のガス供給の周波数依存性の例を示す

50

図である。ここでは、ループシール 140 にガスを、連続供給した場合と、パルス供給した場合について比較している。ここでは、吹込口 148 を使用した。ここでは、吹込口から排出するガスの速度を最小流動化速度 u_{mf} の 8 倍 ($8u_{mf}$) とした。パルス供給の場合、パルス供給の周波数を、1.0 Hz、0.5 Hz、0.25 Hz、0.1 Hz と変化させた。パルス供給の周波数が低いほど、層高差変化による粒子循環速度の変化が小さくなっていることが分かる。粒子循環速度の変動を抑制するために、パルス供給の周波数を、0.5 Hz 以下にすることが好ましい。

【0051】

粒子循環速度の層高差依存性

図 11 は、粒子循環速度の層高差依存性を示す図である。ここでは、ループシール 140 にガスを、連続供給した場合と、パルス供給した場合について比較している。ここでは、吹込口 148 を使用した。ここでは、吹込口から排出するガスの速度を最小流動化速度 u_{mf} の 8 倍 ($8u_{mf}$) とした。パルス供給の場合、周波数を 0.5 Hz とした。連続供給に比べ、パルス供給の方が、層高差の変化に対する粒子循環速度の変化が小さいことが分かる。即ち、パルス供給の方が、粒子循環速度の変動が小さくなることが分かる。

10

【0052】

まとめ

以上から、ループシール 140 にガスを供給する際、連続供給するよりも、パルス供給することで、粒子循環速度が安定することが分かる。よって、循環流動装置 100 において、ループシール 140 にガスをパルス供給することが望ましい。

20

【0053】

(変形例)

図 12 は、ループシールの変形例を説明する図である。図 12 のループシール 340 は、循環流動装置 100 において、ループシール 140 の代わりに使用される。ループシール 340 は、仕切り板 180 の開口部を塞ぐ平板 341、第 1 部材 343、吹込口 347、吹込口 348 を含む。平板 341 には、開口部 342 が設けられ、入口流動層 120 側と出口流動層 130 側とが導通する。また、平板 341 と第 1 部材 343 とにより、ダウンカマー部 345、ライザー部 346、粒子溜まり部 350 が形成される。ダウンカマー部 345 は、開口部 342 から入口流動層 120 側に設けられる粒子の通路である。ライザー部 346 は、開口部 342 から出口流動層 130 側に設けられる粒子の通路である。粒子溜まり部 350 は、ライザー部 346 の下方に設けられる。平板 341、第 1 部材 343、例えば、金属、樹脂等によって形成される。第 1 部材 343 は、2 以上の部材によって構成されてもよい。

30

【0054】

ダウンカマー部 345 は、入口流動層 120 側で、平板 341 の開口部 342 から上方に向かって設けられ、上端で粒子を導入できるように開放されている。ダウンカマー部 345 の通路は、上端から平板の開口部に向かう途中で徐々に細くなっている。ダウンカマー部 345 には、空気の吹き込み口である吹込口 347 が設けられる。

【0055】

ライザー部 346 は、出口流動層 130 側で、平板 341 の開口部 342 から上方に向かって設けられ、上端で粒子を排出できるように開放されている。ライザー部 346 の下部には、粒子溜まり部 350 が設けられる。

40

【0056】

粒子溜まり部 350 は、出口流動層 130 側で、平板 341 の開口部 342 から上方に向かって設けられるライザー部 346 の下部に下方に向かって設けられる。粒子溜まり部 350 には、ライザー部 346 内で上昇しなかった粒子が溜まる。粒子溜まり部 350 の下部には、空気の吹き込み口である吹込口 348 が設けられる。

【0057】

吹込口 347 は、ダウンカマー部 345 の下部に設けられ、横方向に向かって（開口部 342 の方向に向かって）、ガスを吹き込むことができる。吹込口 348 は、粒子溜まり

50

部 3 5 0 の下部に設けられ、横方向に向かって、ガスを吹き込むことができる。吹込口 3 4 7、吹込口 3 4 8 から吹き込まれる空気は、粒子の導入、排出を促進する。吹込口は、ループシール 3 4 0 の他の箇所に設けられてもよい。例えば、吹込口が、吹込口 1 4 8 と同様に、粒子溜まり部 3 5 0 の底部に設けられ、粒子溜まり部 3 5 0、ライザー部 3 4 6 の上方に向かって、ガスを吹き込むようにしてもよい。

【 0 0 5 8 】

(変形例の測定結果の例)

粒子循環速度の層高差依存性

図 1 3 は、粒子循環速度の層高差依存性を示す図である。ここでは、ループシール 1 4 0 の吹込口 1 4 8、ループシール 3 4 0 の吹込口 3 4 8 にガスをパルス供給した場合について比較している。ここでは、吹込口から排出するガスの速度を最小流動化速度 u_{mf} の 8 倍 ($8 u_{mf}$) とした。パルス供給の周波数を 0.5 Hz とした。ループシール 1 4 0 に比べ、ループシール 3 4 0 の方が、粒子循環速度が大きくなっていることが分かる。即ち、粒子溜まり部 3 5 0 を有するループシール 3 4 0 の方が、粒子を効率よく移動させることができる。よって、ループシール 3 4 0 の吹込口 3 4 8 を使用することがより望ましい。なお、出口流動層の粒子の高さがライザー部 3 4 6 の上端に達しない場合には、出口流動層の粒子の高さを、ライザー部 3 4 6 における粒子の高さ (出口流動層の下端からの高さ) としている。

10

【 0 0 5 9 】

層高差変化による粒子循環速度の変化の、ガス供給のパルス幅依存性

20

図 1 4 は、層高差変化による粒子循環速度の変化のガス供給のパルス幅依存性の例を示す図である。ここでは、ループシール 3 4 0 の吹込口 3 4 8 にガスを連続供給、パルス幅を変えてパルス供給した場合について比較している。ここでは、吹込口から排出するガスの速度を最小流動化速度 u_{mf} の 8 倍 ($8 u_{mf}$) とした。パルス供給の場合、パルス供給の周波数を 0.5 Hz (周期 2 s) とした。パルス供給の場合、1 周期でガスを供給する時間 (パルス幅) を、1 s、0.5 s、0.3 s と変化させた。パルス供給のパルス幅が小さいほど、層高差変化による粒子循環速度の変化が小さくなっていることが分かる。粒子循環速度の変動を抑制するために、パルス供給のパルス幅を、0.3 s 以下にすることが好ましい。

【 0 0 6 0 】

30

(実施形態の作用、効果)

循環流動装置 1 0 0 は、入口流動層 1 2 0 の粒子を、ループシール 1 4 0 (またはループシール 3 4 0) を介して、出口流動層 1 3 0 に移動する。ループシール 1 4 0 (またはループシール 3 4 0) にガスがパルス供給 (周期的に供給) されることで、循環流動装置 1 0 0 における粒子循環速度の変動を、ガスの連続供給に比べ、抑えることができる。また、ループシール 3 4 0 のようにライザー部 3 4 6 の下方に粒子溜まり部 3 5 0 を設けることで、循環流動装置 1 0 0 における粒子循環速度をより大きくすることができる。粒子溜まり部 3 5 0 を設けることにより、入口流動層 1 2 0 と出口流動層 1 3 0 との間で粒子の移動をより効率よく行うことができる。

【 0 0 6 1 】

40

以上の実施形態、変形例は、可能な限りこれらを組み合わせて実施され得る。

【 符号の説明 】

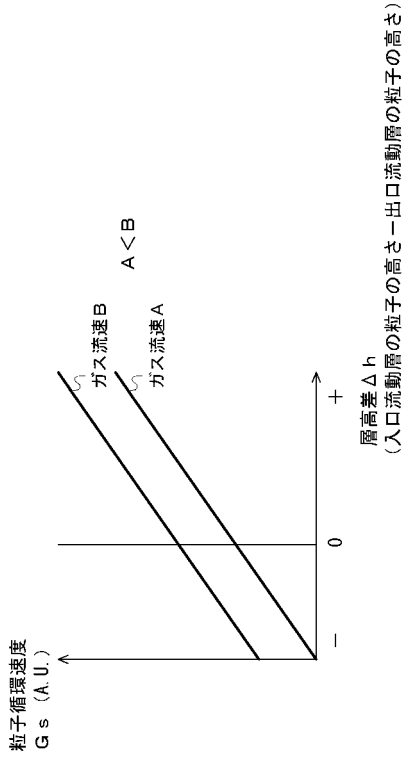
【 0 0 6 2 】

- 9 0 : 情報処理装置
- 9 1 : プロセッサ
- 9 2 : メモリ
- 9 3 : 記憶部
- 9 4 : 入力部
- 9 5 : 出力部
- 9 6 : 通信制御部

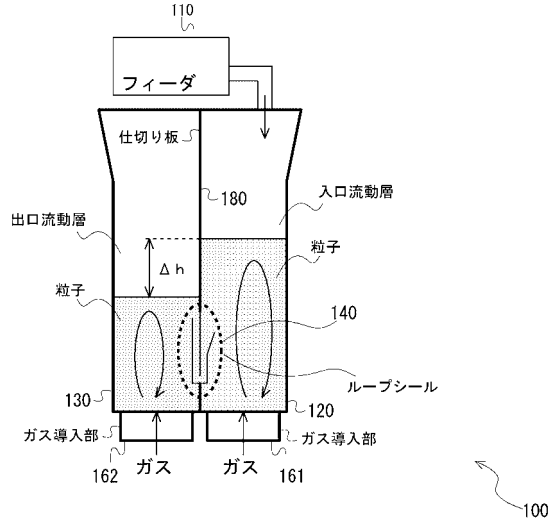
50

1 0 0	: 循環流動装置	
1 1 0	: フィーダ	
1 2 0	: 入口流動層	
1 3 0	: 出口流動層	
1 4 0	: ループシール	
1 4 1	: 平板	
1 4 2	: 開口部	
1 4 3	: 第 1 部材	
1 4 4	: 第 2 部材	
1 4 5	: ダウンカマー部	10
1 4 6	: ライザー部	
1 4 7	: 吹込口	
1 4 8	: 吹込口	
1 6 1	: ガス導入部	
1 6 2	: ガス導入部	
1 8 0	: 仕切り板	
2 0 0	: ガス供給部	
2 1 0	: 電磁弁	
2 2 0	: ニードルバルブ	
2 3 0	: 圧力タンク	20
2 4 0	: 数値制御部	
3 4 0	: ループシール	
3 4 1	: 平板	
3 4 2	: 開口部	
3 4 3	: 第 1 部材	
3 4 5	: ダウンカマー部	
3 4 6	: ライザー部	
3 4 7	: 吹込口	
3 4 8	: 吹込口	
3 5 0	: 粒子溜まり部	30

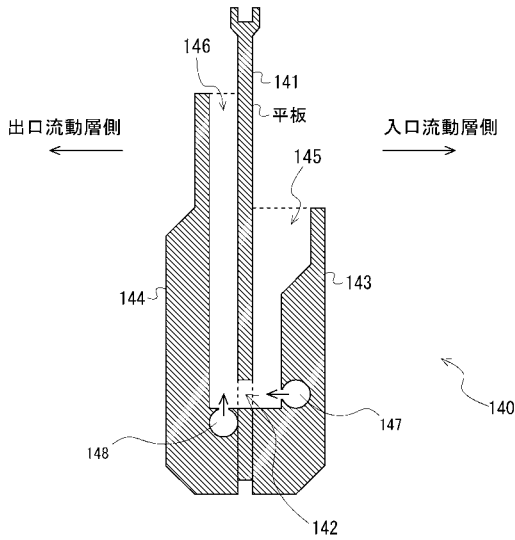
【 図 1 】



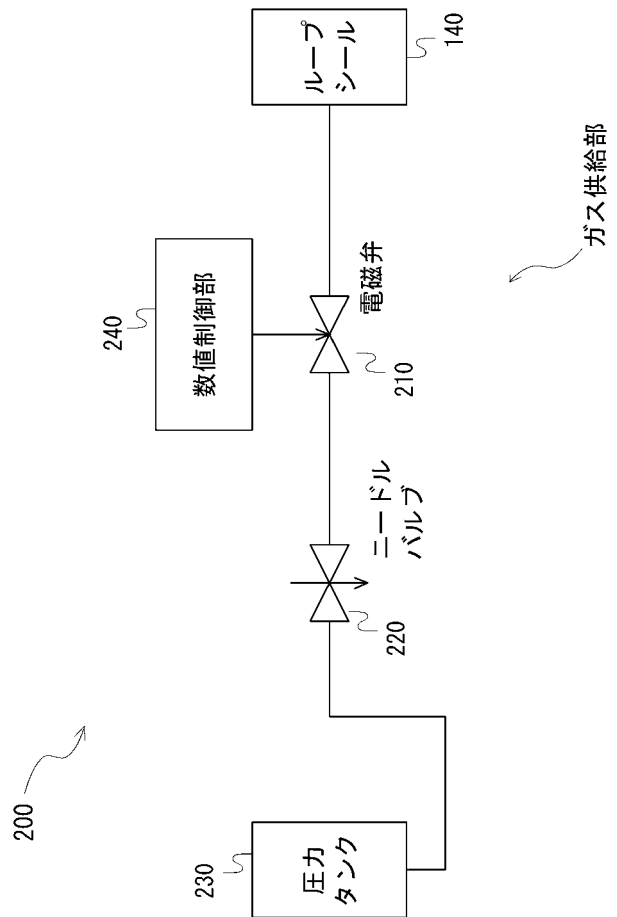
【 図 2 】



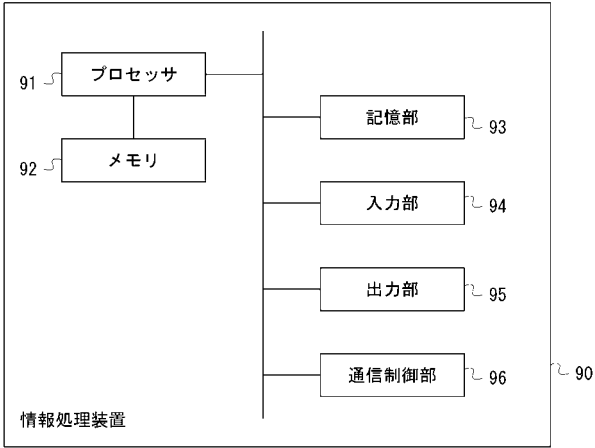
【 図 3 】



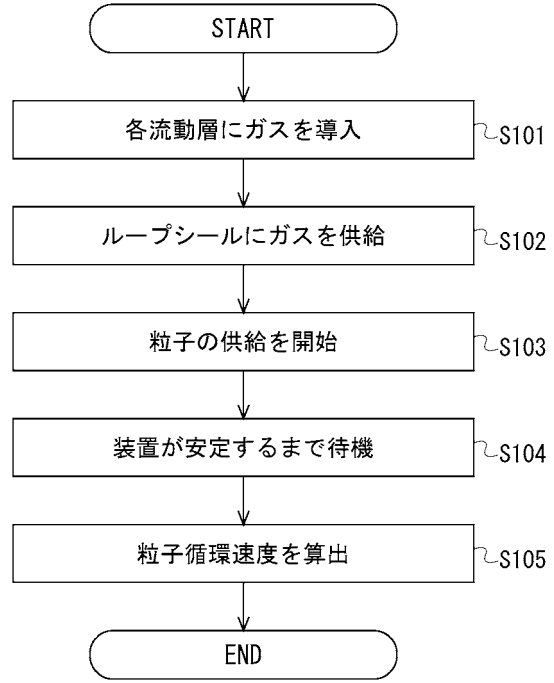
【 図 4 】



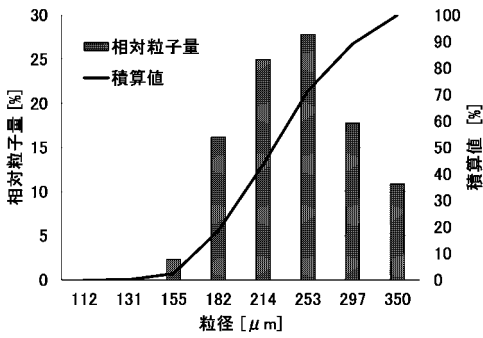
【 図 5 】



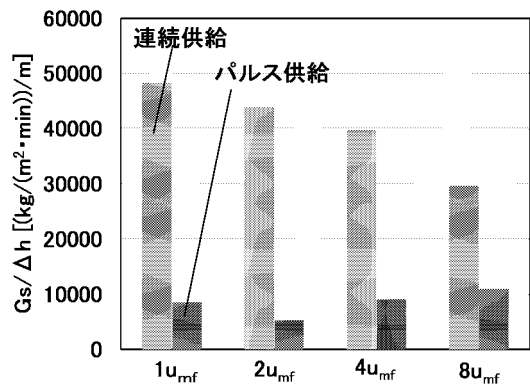
【 図 6 】



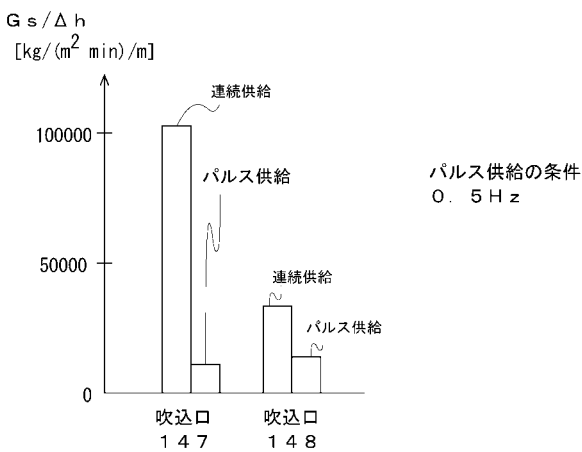
【 図 7 】



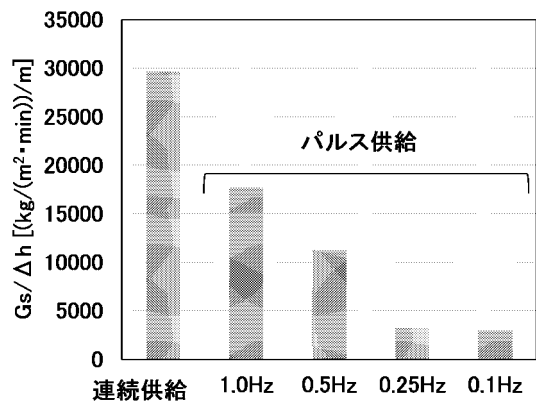
【 図 9 】



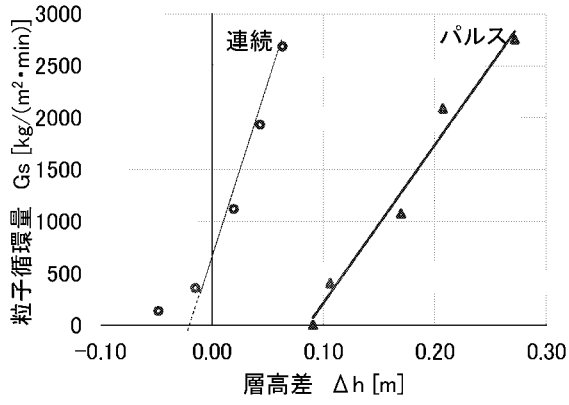
【 図 8 】



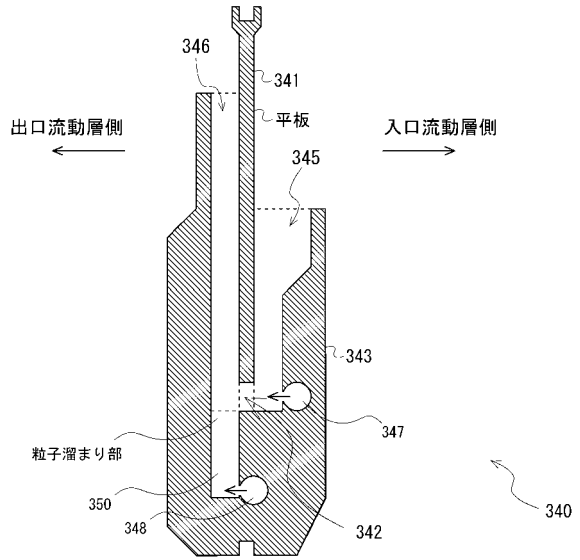
【 図 10 】



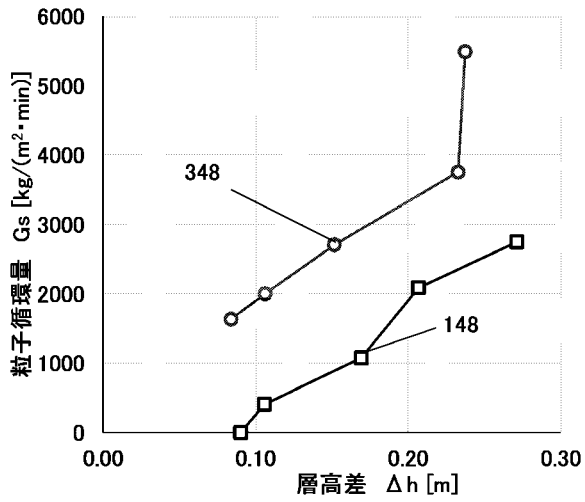
【 図 1 1 】



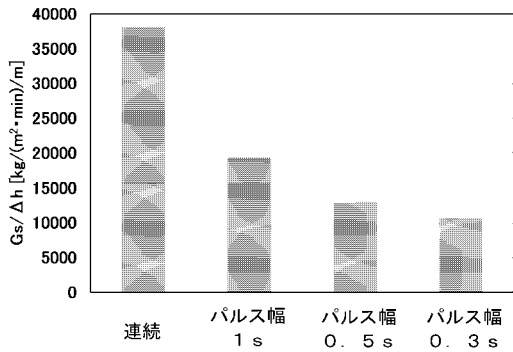
【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



フロントページの続き

(72)発明者 金子 稚菜

群馬県前橋市荒牧町四丁目2番地 国立大学法人群馬大学内

Fターム(参考) 3K064 AC01 AC05 BA01

4G070 AA01 BB33 CA06 CA07 CA16 CA25 CB02 CC20 DA11