

(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2020-179950

(P2020-179950A)

(43) 公開日 令和2年11月5日(2020.11.5)

(51) Int.Cl.  
B65G 53/16 (2006.01)

F I  
B65G 53/16

テーマコード(参考)  
3F047

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2019-82244 (P2019-82244)  
(22) 出願日 平成31年4月23日(2019.4.23)

(71) 出願人 504258527  
国立大学法人 鹿児島大学  
鹿児島県鹿児島市郡元一丁目21番24号  
(74) 代理人 100095407  
弁理士 木村 満  
(74) 代理人 100162259  
弁理士 末富 孝典  
(74) 代理人 100133592  
弁理士 山口 浩一  
(74) 代理人 100168114  
弁理士 山中 生太  
(72) 発明者 福原 稔  
鹿児島県鹿児島市郡元一丁目21番24号  
国立大学法人 鹿児島大学内

最終頁に続く

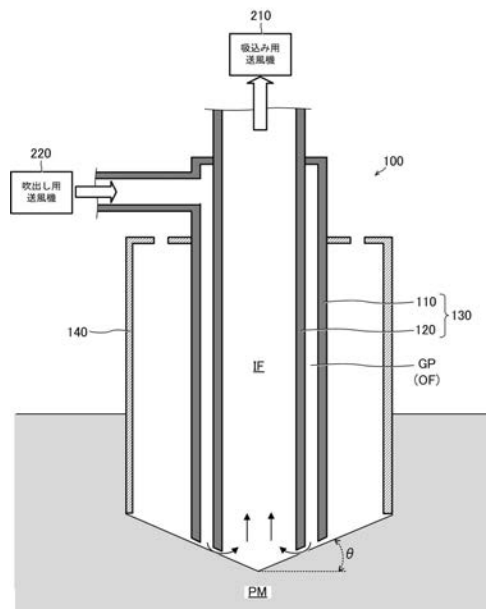
(54) 【発明の名称】 粉粒体移送装置、粉粒体移送方法、及び制御プログラム

(57) 【要約】

【課題】粉粒体を効率的に移送することができ、かつ粉粒体を移送する流路に閉塞又は脈流が生じにくい粉粒体移送装置、粉粒体移送方法、及び制御プログラムを提供する。

【解決手段】吹出し用送風機220は、外管110と内管120との隙間GPによって構成される外部流路OFに空気を吹込む。吸込み用送風機210は、内管120によって構成される内部流路IFから空気を吸込む。密度計測装置は、内部流路IFと連通した箇所において、空気と共に流れている粉粒体PMの密度を計測する。制御装置は、密度計測装置によって計測された密度が予め定められた下限値よりも小さい場合に、外部流路OFに吹込まれる空気の流量が減少し、密度計測装置によって計測された密度が予め定められた上限値よりも大きい場合には、外部流路OFに吹込まれる空気の流量が増大するように、吹出し用送風機220を制御する。

【選択図】 図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

中空の外管と、前記外管の内面との間に隙間を確保した状態で前記外管の内部に挿通されている中空の内管とによって構成された 2 重管を有し、前記 2 重管の先端部が、移送の対象である粉粒体と対向する位置に配置されるノズル部材と、

前記内管によって構成される内部流路と、前記外管と前記内管との間の前記隙間によって構成される外部流路との一方の流路に移送ガスを吹込み、かつ他方の流路から前記移送ガスを吸込むガス流形成装置と、

前記他方の流路又は前記他方の流路と連通した箇所において、前記移送ガスと共に流れている前記粉粒体の密度を計測する密度計測装置と、

前記密度計測装置によって計測された前記密度が予め定められた下限値よりも小さい場合に、前記ガス流形成装置によって前記一方の流路に吹込まれる前記移送ガスの流量が減少し、前記密度計測装置によって計測された前記密度が予め定められた上限値よりも大きい場合には、前記ガス流形成装置によって前記一方の流路に吹込まれる前記移送ガスの流量が増大するように、前記ガス流形成装置を制御する制御装置と、

を備える、粉粒体移送装置。

**【請求項 2】**

前記密度計測装置が、

前記他方の流路又は前記他方の流路と連通した箇所において、前記移送ガスと共に流れている前記粉粒体を撮影するカメラと、

前記カメラによって撮影されて得られた画像を解析することにより、前記粉粒体の前記密度を求める画像解析部と、

を有する、請求項 1 に記載の粉粒体移送装置。

**【請求項 3】**

前記ガス流形成装置が、前記外部流路に前記移送ガスを吹込み、かつ前記内部流路から前記移送ガスを吸込み、

前記内部流路の、前記移送ガスの流れに垂直な断面積を A、前記外部流路の、前記移送ガスの流れに垂直な断面積を B としたとき、 $B / A$  で定義される断面積比が 0.6 を超える、

請求項 1 又は 2 に記載の粉粒体移送装置。

**【請求項 4】**

中空の外管と、前記外管の内面との間に隙間を確保した状態で前記外管の内部に挿通されている中空の内管とによって構成された 2 重管を有し、前記 2 重管の先端部が、移送の対象である粉粒体と対向する位置に配置されるノズル部材、

を用いる粉粒体移送方法であって、

前記内管によって構成される内部流路と、前記外管と前記内管との間の前記隙間によって構成される外部流路との一方の流路への移送ガスの吹込みと、他方の流路からの前記移送ガスの吸込みとを開始する開始ステップと、

前記他方の流路又は前記他方の流路と連通した箇所において、前記移送ガスと共に流れている前記粉粒体の密度を計測し、計測した前記密度が予め定められた下限値よりも小さい場合に、前記一方の流路に吹込む前記移送ガスの流量を減少させ、計測した前記密度が予め定められた上限値よりも大きい場合には、前記一方の流路に吹込む前記移送ガスの流量を増大させる吹込みガス流量制御ステップと、

を含む、粉粒体移送方法。

**【請求項 5】**

中空の外管と、前記外管の内面との間に隙間を確保した状態で前記外管の内部に挿通されている中空の内管とによって構成された 2 重管を有し、前記 2 重管の先端部が、移送の対象である粉粒体と対向する位置に配置されるノズル部材と、

前記内管によって構成される内部流路と、前記外管と前記内管との間の前記隙間によって構成される外部流路との一方の流路に移送ガスを吹込み、かつ他方の流路から前記移送

10

20

30

40

50

ガスを吸込むガス流形成装置と、

前記他方の流路又は前記他方の流路と連通した箇所において、前記移送ガスと共に流れている前記粉粒体の密度を計測する密度計測装置と、

を備える粉粒体移送装置における、前記ガス流形成装置を制御するコンピュータに、

前記密度計測装置によって計測された前記密度が予め定められた下限値よりも小さい場合に、前記ガス流形成装置によって前記一方の流路に吹込まれる前記移送ガスの流量が減少し、前記密度計測装置によって計測された前記密度が予め定められた上限値よりも大きい場合には、前記ガス流形成装置によって前記一方の流路に吹込まれる前記移送ガスの流量が増大するように、前記ガス流形成装置を制御する制御機能、

を実現させる、制御プログラム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、粉粒体移送装置、粉粒体移送方法、及び制御プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1に開示されているように、空気の流れを利用して粉粒体を移送する粉粒体移送装置が知られている。この粉粒体移送装置は、中空の外管と、外管の内面との間に隙間を確保した状態で外管の内部に挿通されている中空の内管とで構成された2重管を備える。2重管の先端部は、粉粒体と対向する位置に配置される。

20

【0003】

外管と内管との間の隙間によって構成される外部流路に空気が吹込まれ、内管によって構成される内部流路から、空気が吸込まれる。これにより、外部流路に吹込まれた空気が2重管の先端部から粉粒体に当てられ、空気が当てられた粉粒体及びその空気が、2重管の先端部から内部流路に吸込まれる。内部流路に吸込まれた粉粒体は、空気によって移送先まで移送される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】実開平04-56130号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記粉粒体移送装置においては、内部流路を流れる粉粒体の密度が大きすぎると、内部流路に閉塞又は脈流が生じることがある。一方、内部流路を流れる粉粒体の密度が小さすぎると、閉塞及び脈流は生じにくい、粉粒体を効率的に移送することができない。

【0006】

本発明の目的は、粉粒体を効率的に移送することができ、かつ粉粒体を移送する流路に閉塞又は脈流が生じにくい粉粒体移送装置、粉粒体移送方法、及び制御プログラムを提供することである。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明に係る粉粒体移送装置は、

中空の外管と、前記外管の内面との間に隙間を確保した状態で前記外管の内部に挿通されている中空の内管とによって構成された2重管を有し、前記2重管の先端部が、移送の対象である粉粒体と対向する位置に配置されるノズル部材と、

前記内管によって構成される内部流路と、前記外管と前記内管との間の前記隙間によって構成される外部流路との一方の流路に移送ガスを吹込み、かつ他方の流路から前記移送ガスを吸込むガス流形成装置と、

前記他方の流路又は前記他方の流路と連通した箇所において、前記移送ガスと共に流れ

50

ている前記粉粒体の密度を計測する密度計測装置と、

前記密度計測装置によって計測された前記密度が予め定められた下限値よりも小さい場合に、前記ガス流形成装置によって前記一方の流路に吹込まれる前記移送ガスの流量が減少し、前記密度計測装置によって計測された前記密度が予め定められた上限値よりも大きい場合には、前記ガス流形成装置によって前記一方の流路に吹込まれる前記移送ガスの流量が増大するように、前記ガス流形成装置を制御する制御装置と、

を備える。

【0008】

前記密度計測装置が、

前記他方の流路又は前記他方の流路と連通した箇所において、前記移送ガスと共に流れている前記粉粒体を撮影するカメラと、

前記カメラによって撮影されて得られた画像を解析することにより、前記粉粒体の前記密度を求める画像解析部と、

を有していてもよい。

【0009】

前記ガス流形成装置が、前記外部流路に前記移送ガスを吹込み、かつ前記内部流路から前記移送ガスを吸込み、

前記内部流路の、前記移送ガスの流れに垂直な断面積をA、前記外部流路の、前記移送ガスの流れに垂直な断面積をBとしたとき、 $B/A$ で定義される断面積比が0.6を超えていてもよい。

【0010】

本発明に係る粉粒体移送方法は、

中空の外管と、前記外管の内面との間に隙間を確保した状態で前記外管の内部に挿通されている中空の内管とによって構成された2重管を有し、前記2重管の先端部が、移送の対象である粉粒体と対向する位置に配置されるノズル部材、

を用いる粉粒体移送方法であって、

前記内管によって構成される内部流路と、前記外管と前記内管との間の前記隙間によって構成される外部流路との一方の流路への移送ガスの吹込みと、他方の流路からの前記移送ガスの吸込みとを開始する開始ステップと、

前記他方の流路又は前記他方の流路と連通した箇所において、前記移送ガスと共に流れている前記粉粒体の密度を計測し、計測した前記密度が予め定められた下限値よりも小さい場合に、前記一方の流路に吹込む前記移送ガスの流量を減少させ、計測した前記密度が予め定められた上限値よりも大きい場合には、前記一方の流路に吹込む前記移送ガスの流量を増大させる吹込みガス流量制御ステップと、

を含む。

【0011】

本発明に係る制御プログラムは、

中空の外管と、前記外管の内面との間に隙間を確保した状態で前記外管の内部に挿通されている中空の内管とによって構成された2重管を有し、前記2重管の先端部が、移送の対象である粉粒体と対向する位置に配置されるノズル部材と、

前記内管によって構成される内部流路と、前記外管と前記内管との間の前記隙間によって構成される外部流路との一方の流路に移送ガスを吹込み、かつ他方の流路から前記移送ガスを吸込むガス流形成装置と、

前記他方の流路又は前記他方の流路と連通した箇所において、前記移送ガスと共に流れている前記粉粒体の密度を計測する密度計測装置と、

を備える粉粒体移送装置における、前記ガス流形成装置を制御するコンピュータに、

前記密度計測装置によって計測された前記密度が予め定められた下限値よりも小さい場合に、前記ガス流形成装置によって前記一方の流路に吹込まれる前記移送ガスの流量が減少し、前記密度計測装置によって計測された前記密度が予め定められた上限値よりも大きい場合には、前記ガス流形成装置によって前記一方の流路に吹込まれる前記移送ガスの流

10

20

30

40

50

量が増大するように、前記ガス流形成装置を制御する制御機能、  
を実現させる。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、他方の流路又は他方の流路と連通した箇所における粉粒体の密度が、予め定められた下限値よりも小さい場合に、一方の流路に吹込まれる移送ガスの流量が減少する。これに伴い、一方の流路から吹出されて他方の流路に吸込まれる移送ガスの量も減少するので、他方の流路を流れる粉粒体の密度が高められる。この結果、粉粒体を効率的に移送することができる。

【0013】

一方、他方の流路又は他方の流路と連通した箇所における粉粒体の密度が、予め定められた上限値よりも大きい場合には、一方の流路に吹込まれる移送ガスの流量が増大する。これに伴い、一方の流路から吹出されて他方の流路に吸込まれる移送ガスの量も増大するので、他方の流路を流れる粉粒体の密度が低減される。このため、粉粒体を移送する流路である他方の流路に、閉塞又は脈流が生じにくい。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】実施形態に係る粉粒体移送装置の構成を示す概念図。

【図2】実施形態に係るノズル部材の構成を示す断面図。

【図3】実施形態に係る密度計測装置の構成を示す概念図。

【図4】実施形態に係る移送制御のフローチャート。

【図5】ノズル効率と流量比との関係を表すグラフ。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、図面を参照し、実施形態に係る粉粒体移送装置について説明する。図中、同一又は対応する部分に同一の符号を付す。

【0016】

図1に示すように、本実施形態に係る粉粒体移送装置700は、容器610に收容されている粉粒体PMを、回収タンク620へと移送するものである。粉粒体PMの移送には、移送ガスとしての空気が用いられる。

【0017】

粉粒体移送装置700は、容器610から粉粒体PMを空気と一緒に吸込むノズル部材100と、ノズル部材100を通して吸込まれた粉粒体PM及び空気から、粉粒体PMを分離させるサイクロンセパレータ630と、サイクロンセパレータ630によって分離された粉粒体PMを回収タンク620に案内するホッパー640とを備える。

【0018】

また、粉粒体移送装置700は、ノズル部材100から粉粒体PM及び空気を吸込むための気流を形成する吸込み用送風機210と、ノズル部材100から空気を噴出させるための気流を形成する吹出し用送風機220とを備える。吸込み用送風機210は、サイクロンセパレータ630に接続されており、吹出し用送風機220は、ノズル部材100に接続されている。

【0019】

また、粉粒体移送装置700は、吸込み用送風機210とサイクロンセパレータ630との間の空気の流路に配置された吸込み用バルブ651と、吹出し用送風機220とノズル部材100との間の空気の流路に配置された吹出し用バルブ652とを備える。吸込み用バルブ651と吹出し用バルブ652の各々は、空気の流れを許容する開状態と、空気の流れを阻止する閉状態とに切り換えが可能である。

【0020】

図2を参照し、ノズル部材100の構成及び作用について説明する。図2に示すように、ノズル部材100は、2重管130を有する。2重管130は、中空の外管110と、

10

20

30

40

50

外管 110 の内面との間に隙間 GP を確保した状態で外管 110 の内部に挿通されている中空の内管 120 とによって構成される。

【0021】

外管 110 と内管 120 の各々は、長さ方向に直交する断面が円形に形成されている。2重管 130 は、上下方向に延在しており、2重管 130 の先端部、具体的には下端部は、粉粒体 PM と対向する位置に配置されている。

【0022】

吹出し用送風機 220 は、外管 110 と内管 120 との間の隙間 GP によって構成される外部流路 OP に、移送ガスである空気を吹込む。吸込み用送風機 210 は、内管 120 によって構成される内部流路 IF から、図 1 に示したサイクロンセパレータ 630 を介して、移送ガスである空気を吸込む。

10

【0023】

吸込み用送風機 210 及び吹出し用送風機 220 は、内部流路 IF と外部流路 OF の一方の流路に移送ガスを吹込み、かつ他方の流路から移送ガスを吸込むガス流形成装置の一例である。

【0024】

上記構成によれば、外部流路 OF に吹込まれた空気が、2重管 130 の先端部から粉粒体 PM に当てられる。空気が当てられた粉粒体 PM 及びその空気は、2重管 130 の先端部から内部流路 IF に吸込まれる。外部流路 OF から粉粒体 PM への空気の噴出が、内部流路 IF への粉粒体 PM 及び空気の吸込みを促進する。このため、粉粒体 PM の移送の能率を高めることができる。

20

【0025】

なお、内部流路 IF に吸込まれた粉粒体 PM 及び空気は、図 1 に示したサイクロンセパレータ 630 に流入し、サイクロンセパレータ 630 において粉粒体 PM と空気とが分離される。そして、粉粒体 PM は、図 1 に示した回収タンク 620 に流下する一方、空気は、吸込み用送風機 210 によって外部に排出される。

【0026】

また、ノズル部材 100 は、2重管 130 の先端部への粉粒体 PM の供給を調整する粉粒体供給調整器 140 を有する。粉粒体供給調整器 140 は、2重管 130 と同心状に外管 110 の外面を取り囲む筒状に形成されており、2重管 130 と同様、上下方向に延在している。粉粒体供給調整器 140 の、粉粒体 PM に対面する先端部は開口している。また、粉粒体供給調整器 140 の先端部とは反対の後端部も、空気の流通が可能ないように開口している。

30

【0027】

粉粒体供給調整器 140 の先端部は、2重管 130 の先端部よりも上方に位置する。つまり、2重管 130 は、粉粒体供給調整器 140 よりも下方に突出している。粉粒体供給調整器 140 の先端部の位置は、その粉粒体供給調整器 140 の先端部と、2重管 130 の先端部とを結ぶ線分が、水平面に対して粉粒体 PM の安息角と等しい角度だけ傾斜するように、調整されている。

【0028】

なお、2重管 130 においては、内管 120 が外管 110 よりも下方に突出している。そして、外管 110 の先端部と、内管 120 の先端部とを結ぶ線分も、水平面に対して角度だけ傾斜している。

40

【0029】

以上のように、粉粒体供給調整器 140 及び外管 110 によって、安息角と等しい角度の傾斜が粉粒体 PM に形成される。これにより、粉粒体 PM が重力によって安息角に沿って内管 120 に向かって流れ込む。このため、内管 120 の先端部に向けて粉粒体 PM が連続的に供給され、粉粒体 PM の移送の能率を高めることができる。

【0030】

図 1 に戻って、説明を続ける。粉粒体移送装置 700 は、吸込み用送風機 210 によっ

50

て吸込まれる空気の流量（以下、吸込み空気流量という。）を計測する流量計測装置 300 を備える。流量計測装置 300 は、サイクロンセパレータ 630 と吸込み用送風機 210 との間の、空気の流路に配置されている。

【0031】

ノズル部材 100 の先端からサイクロンセパレータ 630 までの流路に粉粒体 PM が詰まった場合には、たとえ吸込み用送風機 210 が作動していても、吸込み用送風機 210 によって吸込まれる吸込み空気流量が著しく低下する。そこで、流量計測装置 300 によって計測された吸込み空気流量の値によって、粉粒体 PM の詰まりが発生しているか否かを検知することができる。

【0032】

また、粉粒体移送装置 700 は、図 2 に示した内部流路 IF と連通した箇所において、空気と共に流れている粉粒体 PM の密度を計測する密度計測装置 400 を備える。密度計測装置 400 は、ノズル部材 100 からサイクロンセパレータ 630 に至る流路、具体的には、図 2 に示した内部流路 IF と、サイクロンセパレータ 630 とを接続する接続管 660 の脇に配置されている。

【0033】

図 3 に示すように、密度計測装置 400 は、撮像素子を有するカメラ 410 と、カメラ 410 によって撮影されて得られた画像を解析する画像解析部 420 とを備える。接続管 660 の一部は、カメラ 410 の撮像素子が捉える光、具体的には、可視光に対して透明な透明部材 661 によって構成されている。

【0034】

カメラ 410 は、接続管 660 を空気と共に流れている粉粒体 PM を、透明部材 661 を通して撮影する。カメラ 410 による撮影は、予め定められたサンプリング周波数で繰り返し行われる。画像解析部 420 は、カメラによって撮影されて得られた画像を解析することにより、粉粒体 PM の密度、具体的には、単位体積あたりの粒子の数を表す物理量を求める。なお、画像解析部 420 が行う画像の解析には、画像濃度を求める処理、2 値化、背景差分といったデジタル画像処理が含まれる。

【0035】

図 1 に戻って、説明を続ける。粉粒体移送装置 700 は、容器 610 から回収タンク 620 へと粉粒体 PM を移送するために、吸込み用送風機 210、吸込み用バルブ 651、吹出し用送風機 220、及び吹出し用バルブ 652 を制御する移送制御を行う制御装置 500 を備える。

【0036】

制御装置 500 は、移送制御において、吸込み用送風機 210 の回転数を一定に保ったまま、流量計測装置 300 及び密度計測装置 400 の計測結果を用いて、吹出し用送風機 220 の回転数を制御する。

【0037】

制御装置 500 は、制御プログラム 510 を記憶している。以下、制御装置 500 が制御プログラム 510 を実行することで実現される移送制御について、具体的に説明する。

【0038】

図 4 に示すように、まず、制御装置 500 は、粉粒体 PM の移送を開始する旨のユーザの指示を受けて、吸込み用バルブ 651 及び吹出し用バルブ 652 を開き、かつ吸込み用送風機 210 及び吹出し用送風機 220 の作動を開始させる（ステップ S11）。

【0039】

これにより、吹出し用送風機 220 によって外部流路 OF に吹込まれた空気が、2 重管 130 の先端部から粉粒体 PM に当てられ、空気が当てられた粉粒体 PM 及びその空気が、2 重管 130 の先端部から内部流路 IF に吸込まれる。

【0040】

内部流路 IF に吸込まれた粉粒体 PM 及び空気は、サイクロンセパレータ 630 に流入し、サイクロンセパレータ 630 において粉粒体 PM と空気とが分離される。そして、粉

10

20

30

40

50

粒体 P M は、回収タンク 6 2 0 に流下する一方、空気は、吸込み用送風機 2 1 0 によって外部に排出される。このようにして、粉粒体 P M の移送が開始する。つまり、ステップ S 1 1 は、粉粒体 P M の移送を開始する開始ステップの一例である。

【 0 0 4 1 】

次に、制御装置 5 0 0 は、粉粒体 P M の流れが定常化するのに要する時間として予め定められた一定時間だけ待機する（ステップ S 1 2 ）。

【 0 0 4 2 】

次に、制御装置 5 0 0 は、密度計測装置 4 0 0 によって計測された粉粒体 P M の密度が、効率的な移送を保證するために予め定められた下限値以上であり、かつ、閉塞及び脈流を抑制するために予め定められた上限値以下であるか否かを判定する（ステップ S 1 3 ）

10

【 0 0 4 3 】

制御装置 5 0 0 は、ステップ S 1 3 で粉粒体 P M の密度が下限値よりも小さい場合は（ステップ S 1 3 ; 粉粒体の密度 < 下限値）、吸込み用送風機 2 1 0 の回転数を一定に保ったまま、吹出し用送風機 2 2 0 の回転数を低下させることにより、吹出し用送風機 2 2 0 によって外部流路 O F に吹込まれる空気の量（以下、吹込み空気流量という。）を減少させる（ステップ S 1 4 ）。

【 0 0 4 4 】

これにより、外部流路 O F から吹出されて内部流路 I F に吸込まれる空気の量も減少するので、内部流路 I F を流れる粉粒体 P M の密度が高められる。この結果、粉粒体 P M を効率的に移送することができるようになる。

20

【 0 0 4 5 】

一方、制御装置 5 0 0 は、ステップ S 1 3 で粉粒体 P M の密度が上限値よりも大きい場合は（ステップ S 1 3 ; 粉粒体の密度 > 上限値）、吸込み用送風機 2 1 0 の回転数を一定に保ったまま、吹出し用送風機 2 2 0 の回転数を高めることにより、吹出し用送風機 2 2 0 によって外部流路 O F に吹込まれる吹込み空気流量を増大させる（ステップ S 1 5 ）。

【 0 0 4 6 】

これにより、外部流路 O F から吹出されて内部流路 I F に吸込まれる空気の量も増大するので、内部流路 I F を流れる粉粒体 P M の密度が低減される。このため、内部流路 I F を含む、ノズル部材 1 0 0 から回収タンク 6 2 0 までの粉粒体 P M の流路に、閉塞又は脈流が生じにくい。

30

【 0 0 4 7 】

なお、上述したステップ S 1 4 及びステップ S 1 5 は、外部流路 O F に吹込む移送ガスの流量を制御する吹込みガス流量制御ステップの一例である。

【 0 0 4 8 】

一方、制御装置 5 0 0 は、ステップ S 1 3 で粉粒体 P M の密度が下限値以上かつ上限値以下である場合（ステップ S 1 3 ; Y E S ）、又はステップ S 1 4 若しくはステップ S 1 5 を経た後は、流量計測装置 3 0 0 によって計測された、吸込み用送風機 2 1 0 によって吸込まれる吸込み空気流量が、正常に空気が流れていることを表す閾値以上であるか否かを判定する（ステップ S 1 6 ）。

40

【 0 0 4 9 】

制御装置 5 0 0 は、ステップ S 1 6 で吸込み空気流量が閾値未満である場合は（ステップ S 1 6 ; N O ）、ノズル部材 1 0 0 の先端からサイクロンセパレータ 6 3 0 までの流路に粉粒体 P M が詰まっていることを表すので、移送制御を終了する。この場合、ユーザによって粉粒体 P M の詰まりが除去された後に、移送制御を再び開始することができる。

【 0 0 5 0 】

制御装置 5 0 0 は、ステップ S 1 6 で吸込み空気流量が閾値以上である場合は（ステップ S 1 6 ; Y E S ）、ノズル部材 1 0 0 の先端からサイクロンセパレータ 6 3 0 までの流路において粉粒体 P M が正常に流れていることを表すので、粉粒体 P M の移送を終了する旨のユーザの指示の有無を判定する（ステップ S 1 7 ）。

50



## 【 0 0 5 1 】

そして、制御装置 5 0 0 は、粉粒体 P M の移送をまだ終了しない場合は ( ステップ S 1 7 ; N O ) 、ステップ S 1 3 に戻る。一方、制御装置 5 0 0 は、粉粒体 P M の移送を終了する旨のユーザの指示があった場合は ( ステップ S 1 7 ; Y E S ) 、移送制御を終了する。

## 【 実施例 】

## 【 0 0 5 2 】

以下、2重管 1 3 0 の最適な形状を模索するために行った実験結果について述べる。

## 【 0 0 5 3 】

内部流路 I F の、空気の流に垂直な断面積を A とし、外部流路 O F の、空気の流に垂直な断面積を B としたとき、 $B / A$  で定義される断面積比と、粉粒体 P M の移送のエネルギー効率との関係を調べるために、実施例 1 及び 2 に係る 2 種類の 2 重管 1 3 0 を作成した。

10

## 【 0 0 5 4 】

実施例 1 に係る 2 重管 1 3 0 は、直径が 4 0 [ m m ] の内管 1 2 0 と、直径が 5 0 . 6 [ m m ] の外管 1 1 0 とによって構成され、断面積比  $B / A = 0 . 6$  である。実施例 2 に係る 2 重管 1 3 0 は、直径が 4 0 [ m m ] の内管 1 2 0 と、直径が 5 5 [ m m ] の外管 1 1 0 とによって構成され、断面積比  $B / A = 0 . 9$  である。

## 【 0 0 5 5 】

粉粒体 P M の移送のエネルギー効率を表す評価指標としては、ノズル効率を採用した。ノズル効率は、粉粒体 P M が特定の高さ位置まで移送されることで得た位置エネルギーを X 、空気が上記特定の高さ位置まで流れる過程で失ったエネルギーを Y としたとき、 $X / Y$  で定義される。

20

## 【 0 0 5 6 】

分母 Y は、内部流路 I F を流れる吸込み流が、内管 1 2 0 の先端部から上記特定の高さの位置 ( 以下、第 1 測定点という。 ) まで流れる間に行った第 1 仕事 W 1 と、外部流路 O F を流れる吹出し流が、上記第 1 測定点と同じ高さの位置 ( 以下、第 2 測定点という。 ) から外管 1 1 0 の先端部まで流れる過程で行った第 2 仕事 W 2 との和である。

## 【 0 0 5 7 】

第 1 仕事 W 1 は、上記第 1 測定点の圧力と大気圧との差に、吸込み流の、ノズル効率を測定する期間 ( 以下、単に測定期間という。 ) にわたる体積流量 Q 1 をかけ算することで求まる。第 2 仕事 W 2 は、上記第 2 測定点の圧力と大気圧との差に、吹出し流の、測定期間にわたる体積流量 Q 2 をかけ算することで求まる。

30

## 【 0 0 5 8 】

分子 X は、粉粒体 P M の測定期間にわたる質量流量に、内管 1 2 0 の先端部から上記第 1 測定点までの高さをかけ算することで求まる。なお、ノズル効率  $X / Y$  は、計測時間にわたる平均値を指す。

## 【 0 0 5 9 】

ノズル効率  $X / Y$  は、吸込み用送風機 2 1 0 及び吹出し用送風機 2 2 0 が出力したエネルギーのうちどの程度が粉粒体 P M の移送に利用されたかを表す。ノズル効率  $X / Y$  が大きい程、エネルギー効率がよい。換言すると、吸込み用送風機 2 1 0 及び吹出し用送風機 2 2 0 における消費電力が同じ場合、ノズル効率  $X / Y$  が大きい程、より多くの粉粒体 P M を移送できる。

40

## 【 0 0 6 0 】

以上説明したノズル効率  $X / Y$  は、流量比  $Q 2 / Q 1$  を異ならせた複数の条件下の各々において測定した。流量比  $Q 2 / Q 1$  とは、上述した吹出し流の測定期間にわたる体積流量 Q 2 を、上述した吸込み流の測定期間にわたる体積流量 Q 1 で割り算した値である。流量比  $Q 2 / Q 1$  は、Q 1 を固定し、Q 2 を調整することにより、変化させた。

## 【 0 0 6 1 】

図 5 に、測定結果のグラフを示す。横軸は、流量比  $Q 2 / Q 1$  を示し、縦軸は、ノズル

50

効率  $X/Y$  を示す。いずれの流量比  $Q_2/Q_1$  においても、四角印でプロットした実施例 2の方が、三角印でプロットした実施例 1よりも、ノズル効率  $X/Y$  が概ね 3 倍程度大きいことが分かる。

【0062】

つまり、内部流路  $I/F$  の断面積  $A$  と、外部流路  $O/F$  の断面積  $B$  との比である断面積比  $B/A$  が大きい程、エネルギー効率が高い。以上の結果より、2重管 130 の断面積比  $B/A$  は、0.6 を超えることが好ましく、0.9 以上であることがより好ましいと言える。

【0063】

また、既述のように、流量比  $Q_2/Q_1$  の調整においては、吸込み流の体積流量  $Q_1$  を固定したにも関わらず、図 5 に示すように、ノズル効率  $X/Y$  が流量比  $Q_2/Q_1$  に依存する。具体的には、流量比  $Q_2/Q_1$  が大きい程、ノズル効率  $X/Y$  が小さい。

10

【0064】

これは、吹出し流の体積流量  $Q_2$  が大きい程、その吹出し流によって、多くの粉粒体  $PM$  が 2重管 130 の径方向外方に吹き飛ばされるため、内部流路  $I/F$  に吸込まれる粉粒体  $PM$  の密度が減少したことによる。

【0065】

以上、本発明の実施形態について説明した。本発明はこれに限られず、以下に述べる変形も可能である。

【0066】

上記実施形態では、内部流路  $I/F$  から空気を吸込み、外部流路  $O/F$  に空気を吹込む構成を例示したが、外部流路  $O/F$  から空気を吸込み、内部流路  $I/F$  に空気を吹込んでよい。また、移送ガスは空気に限られず、アルゴン、窒素、二酸化炭素等の不活性ガスであってもよい。

20

【0067】

また、上記実施形態では、2重管 130 を構成する外管 110 及び内管 120 として、それぞれ断面が円形のものを用いたが、外管 110 及び内管 120 は、断面が円形のものに限られない。外管 110 及び内管 120 の断面は、三角形、四角形等の多角形であってもよい。

【0068】

上記実施形態において、図 2 には、2重管 130 の先端部が粉粒体  $PM$  から離れている様子を例示したが、2重管 130 の先端部は、粉粒体  $PM$  に挿入されていてもよいし、粉粒体  $PM$  に接していてもよい。

30

【0069】

また、本明細書において、粉粒体  $PM$  とは、土、砂、砂利、セメント、小麦粉といった、粒状の物質の集合体のみならず、塵埃、煤塵、火山灰といった、塵状の物質の集合体も含む概念とする。

【0070】

また、図 1 に示した制御プログラム 510 をコンピュータにインストールすることで、そのコンピュータを制御装置 500 として機能させることができる。制御プログラム 510 は、通信回線を通じて配布することもできるし、光ディスク、磁気ディスク、フラッシュメモリ等のコンピュータ読み取り可能な記録媒体に格納して配布することもできる。

40

【符号の説明】

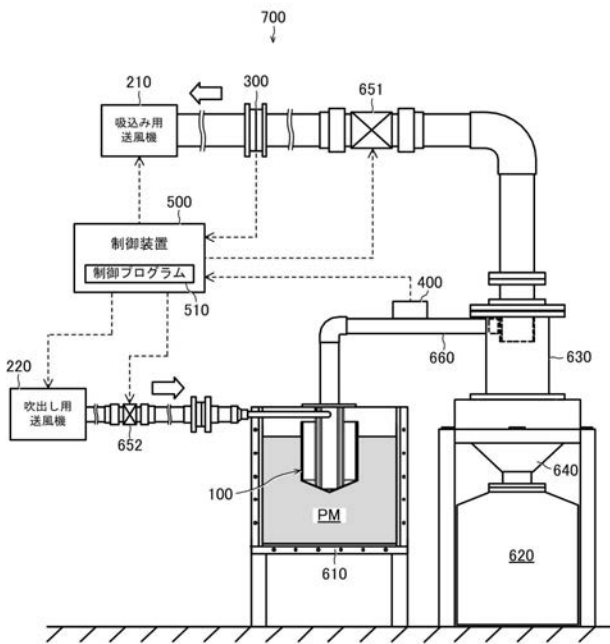
【0071】

- 100 ... ノズル部材、
- 110 ... 外管、
- 120 ... 内管、
- 130 ... 2重管、
- 140 ... 粉粒体供給調整器、
- 210 ... 吸込み用送風機（ガス流形成装置）、
- 220 ... 吹出し用送風機（ガス流形成装置）、

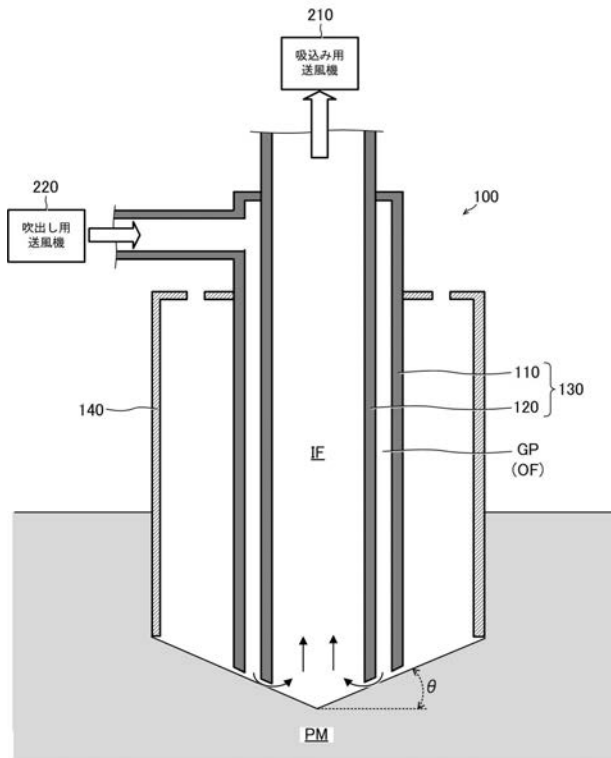
50

- 3 0 0 ... 流量計測装置、
- 4 0 0 ... 密度計測装置、
- 4 1 0 ... カメラ、
- 4 2 0 ... 画像解析部、
- 5 0 0 ... 制御装置、
- 5 1 0 ... 制御プログラム、
- 6 1 0 ... 容器、
- 6 2 0 ... 回収タンク、
- 6 3 0 ... サイクロンセパレータ、
- 6 4 0 ... ホッパー、
- 6 5 1 ... 吸込み用バルブ、
- 6 5 2 ... 吹出し用バルブ、
- 6 6 0 ... 接続管、
- 6 6 1 ... 透明部材、
- 7 0 0 ... 粉粒体移送装置、
- G P ... 隙間、
- I F ... 内部流路、
- O F ... 外部流路、
- P M ... 粉粒体。

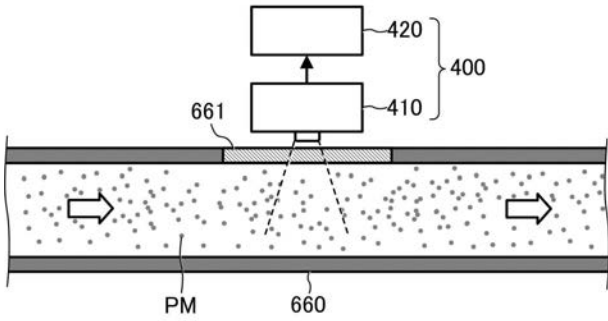
【 図 1 】



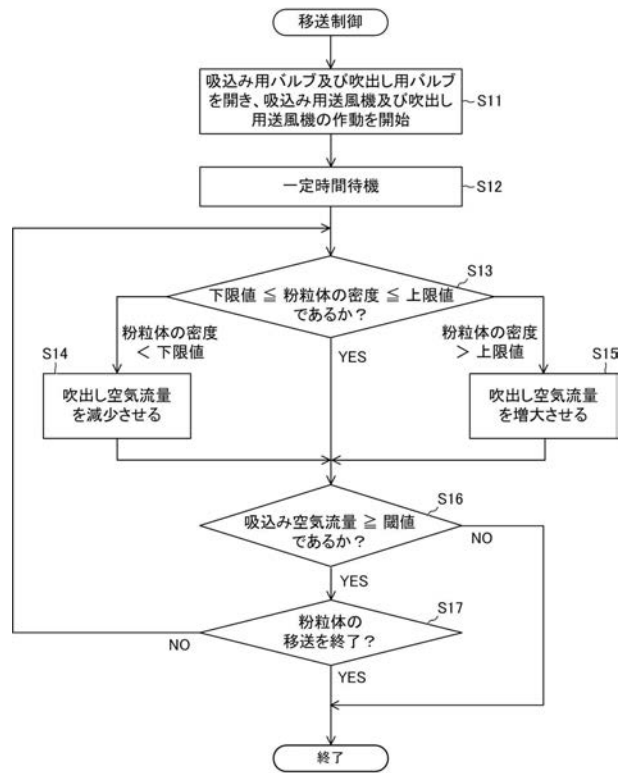
【 図 2 】



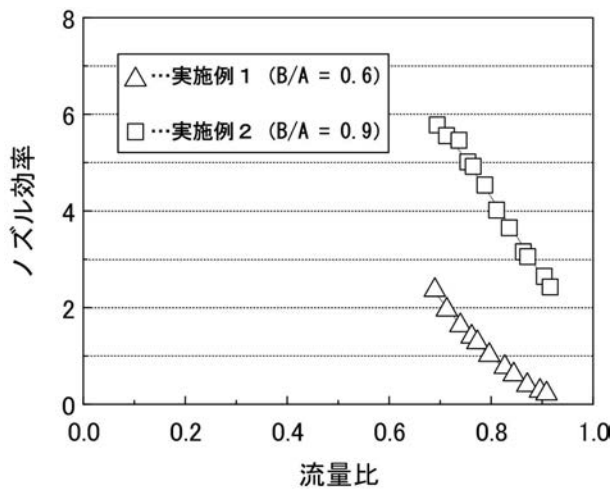
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 高松 皆光

鹿児島県鹿児島市郡元一丁目2番24号 国立大学法人 鹿児島大学内

(72)発明者 石原田 秀一

鹿児島県鹿児島市郡元一丁目2番24号 国立大学法人 鹿児島大学内

Fターム(参考) 3F047 AA13 AB06 BA02 CC14