

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7300669号
(P7300669)

(45)発行日 令和5年6月30日(2023.6.30)

(24)登録日 令和5年6月22日(2023.6.22)

(51)国際特許分類

F I

B 6 5 G 65/46 (2006.01)

B 6 5 G 65/46

B

B 6 5 G 33/18 (2006.01)

B 6 5 G 33/18

請求項の数 5 (全17頁)

(21)出願番号	特願2019-89847(P2019-89847)	(73)特許権者	314012076
(22)出願日	令和1年5月10日(2019.5.10)		パナソニックIPマネジメント株式会社
(65)公開番号	特開2020-186074(P2020-186074 A)		大阪府門真市元町2番6号
(43)公開日	令和2年11月19日(2020.11.19)	(74)代理人	100106518
審査請求日	令和4年1月31日(2022.1.31)		弁理士 松谷 道子
		(74)代理人	100132241
			弁理士 岡部 博史
		(74)代理人	100183265
			弁理士 中谷 剣一
		(72)発明者	末次 大輔
			大阪府門真市大字門真1006番地 パ
			ナソニック株式会社内
		(72)発明者	穴田 佳謙
			大阪府門真市大字門真1006番地 パ
			ナソニック株式会社内
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 粉体供給装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

成形体を連続的に生成する加圧成形機構に粉体材料を供給する粉体供給装置であって、前記粉体材料が供給される導入口と、前記粉体材料が排出される排出口とを有する筐体と、

前記筐体の内部に配置され、回転駆動されることにより、前記排出口に前記粉体材料を搬送する第1スクリーンと、

前記筐体の内部に前記第1スクリーンと並列に配置され、前記第1スクリーンと反対方向に回転駆動されることにより、前記排出口に前記粉体材料を搬送する第2スクリーンと、前記第1スクリーンと同じ方向に回転駆動されることにより、前記排出口に前記粉体材料を搬送する第3スクリーンと、

前記第2スクリーンと同じ方向に回転駆動されることにより、前記排出口に前記粉体材料を搬送する第4スクリーンと、

前記筐体の外部に配置され、前記第1スクリーンを回転駆動する第1モータ、および前記第2スクリーンを回転駆動する第2モータと、

を備え、

前記筐体の内部の、前記粉体材料の搬送方向から見たときに中央より一方側に前記第1スクリーンが配置され、前記搬送方向から見たときに中央より他方側に前記第2スクリーンが配置され、前記一方側において、前記第1スクリーンの内側に前記第3スクリーンが配置され、前記他方側において、前記第2スクリーンの内側に前記第4スクリーンが配置

される

粉体供給装置。

【請求項 2】

前記第 1 スクリューは、前記搬送方向から見たときに時計回りに回転駆動され、

前記第 2 スクリューは、前記搬送方向から見たときに反時計回りに回転駆動される

請求項 1 に記載の粉体供給装置。

【請求項 3】

前記第 1 スクリューは、第 1 スクリューシャフトと、前記第 1 スクリューシャフトの外周に右ねじの螺旋状に形成された第 1 フライトと、を有し、

前記第 2 スクリューは、第 2 スクリューシャフトと、前記第 2 スクリューシャフトの外周に左ねじの螺旋状に形成された第 2 フライトと、を有する

請求項 2 に記載の粉体供給装置。

【請求項 4】

前記第 3 スクリューは、第 1 スクリューシャフトと、前記第 1 スクリューシャフトの外周に右ねじの螺旋状に形成された第 1 フライトと、を有し、

前記第 4 スクリューは、第 2 スクリューシャフトと、前記第 2 スクリューシャフトの外周に左ねじの螺旋状に形成された第 2 フライトと、を有する

請求項 2 または 3 に記載の粉体供給装置。

【請求項 5】

さらに、

前記第 3 スクリューを回転駆動する第 3 モータと、

前記第 4 スクリューを回転駆動する第 4 モータと、

を備え、

前記第 3 モータおよび前記第 4 モータの回転数は、前記第 1 モータおよび前記第 2 モータの回転数よりも小さい

請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の粉体供給装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、粉体供給装置に関する。

【背景技術】

【0002】

セラミックスまたは金属等の粉体材料を加圧成形した粉末成形体を、その粉末の融点以下の温度で焼結することにより、粉体間に結合を生じさせて焼結体を得ることができる。粉末成形体の製法にはさまざまな方法がある。たとえば、特許文献 1 に示すように、スクリーフィーダ出口に、フィーダスクリーューとともに回転する分散羽根を配置し、出口に滞留した材料を分散羽根で削り出すように排出する方法が知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2013-63849 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 において、粉体供給装置の幅方向における粉体材料の供給量の均一性については、未だ改善の余地がある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本開示の粉体供給装置は、

成形体を連続的に生成する加圧成形機構に粉体材料を供給する粉体供給装置であって、

10

20

30

40

50

前記粉体材料が供給される導入口と、前記粉体材料が排出される排出口とを有する筐体と、

前記筐体の内部に配置され、回転駆動されることにより、回転軸方向に前記粉体材料を搬送する第 1 スクリューと、

前記筐体の内部に前記第 1 スクリューと並列に配置され、前記第 1 スクリューと反対方向に回転駆動されることにより、回転軸方向に前記粉体材料を搬送する第 2 スクリューと、

前記筐体の外部に配置され、前記第 1 スクリューを回転駆動する第 1 モータ、および前記第 2 スクリューを回転駆動する第 2 モータと、
を備え、

前記筐体の内部において、前記粉体材料の搬送方向から見たときに中央より一方側に前記第 1 スクリューが配置され、前記搬送方向から見たときに中央より他方側に前記第 2 スクリューが配置される。

【発明の効果】

【0006】

本開示によれば、粉体供給装置の幅方向における粉体材料の供給量の均一性を向上させた粉体供給装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図 1】本開示の粉体供給装置を上から見た模式図である。

【図 2】図 1 の粉体供給装置の A - A' 断面図である。

【図 3】2 本のスクリューが同じ方向に回転する場合の、筐体内部を排出口側から見たときの図である。

【図 4】2 本のスクリューが異なる方向に回転する場合の、筐体内部を排出口側から見たときの図である。

【図 5】実施例 1 のスクリューの構成および配置を示す図である。

【図 6】図 5 の粉体供給装置の筐体の内部を排出口側から見たときの図である。

【図 7】実施例 2 のスクリューの構成および配置を示す図である。

【図 8】図 7 の粉体供給装置の筐体の内部を排出口側から見たときの図である。

【図 9】実施例 1 および比較例 1 ~ 2 の、粉体供給装置の幅方向における粉体材料の供給量割合の分布を示すグラフである。

【図 10】実施例 1 および比較例 1 ~ 2 の、幅方向における成形体密度の分布を示すグラフである。

【図 11】実施例 2 および実施例 3 の、粉体供給装置の幅方向における粉体材料の供給量割合の分布を示すグラフである。

【図 12】実施例 2 および実施例 3 の、幅方向における成形体密度の分布を示すグラフである。

【図 13】実施例 1 ~ 3、および比較例 1 ~ 2 の粉体材料の測定結果を集計した表である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

(本開示に至った経緯)

セラミックスや金属の粉体材料を加圧成形した粉末成形体を、その粉末の融点以下の温度で焼結することにより、粉体間に結合が生じて焼結体を得ることができる。これは、窯業製品、セラミックス、粉末冶金、またはサーメット等を製造する主要な方法である。

【0009】

焼結方法として、常圧焼結法、ガス圧焼結法、ホットプレス法、熱間静水圧 (HIP) 法、通電加圧法、ミリ波法等があり、成形体を加圧状態で加熱することが有効である。ただし、これらの焼結方法は、パッチ処理のため生産性が低いという点で課題がある。そこで、生産性を高める焼結方法として、連続的に処理できるロールタイプによる焼結方法が広く知られている。ロールタイプにおいては、一対のロールの隙間に加圧対象物を挿通することで、加圧処理と、加圧処理後に取り出す工程とを連続して行うことが可能であり、

10

20

30

40

50

高い生産性を得ることができる。

【 0 0 1 0 】

また、焼結処理を施す成形体の製法にもいくつかの方法がある。焼結方法と同様に、生産性を高めるためにバッチ処理ではなく連続処理が求められる。連続処理による成形体の製法には、たとえば、粉体材料を、ホッパーからベルトコンベア上に一様にのせた後、曲面を持つ押し型により、粉体材料を加圧しながらベルトコンベアを動作させることによって、連続的に圧縮成形する方法がある。

【 0 0 1 1 】

成形体中に含まれる気体により焼結後に空隙が発生するのを抑制するため、または焼結時の熱や荷重の伝達にかかわる粉体材料同士の接触面積を増加させるため、成形体の密度は高いことが望ましい。しかし、この方法の場合、粉体材料の逃げのために与えられる荷重が小さく、成形体の密度が低くなってしまうという課題がある。

10

【 0 0 1 2 】

また、slip casting法のように、粉体材料に適当な分散剤（たとえば、アルギン酸アンモン）を加えて泥漿を作り、石膏の型に流し込み、泥漿中の水分を石膏型に吸収させて残った成形体を取り出す方法もある。この方法は、金型やプレスを用いないため設備費を抑制することができるが、成形体の密度の低下や、分散剤の残留による成形体の純度の低下が課題となる。

【 0 0 1 3 】

密度の高い成形体を連続的に得る方法としては、一對のロールの隙間に粉体材料を押し入れて、連続して圧縮成形する方法が挙げられる。このような方法として、ロールを水平に配置し、このロールの上部にホッパーを配置し、重力を用いてロール間に粉体材料を供給する方法がある。しかし、より成形体の密度を高くするには、重力のみで材料を供給するのでは荷重不足となる場合がある。また、このような配置では、成形体が垂直に排出されるため、成形体の回収に工夫が必要となる。したがって、ロールを上下に配置して、上下のロールの間にスクリーフィーダにより連続して材料を高圧力で供給し、ロールから出てくる成形体をコンベア等で回収する方法が望ましいと考えられる。

20

【 0 0 1 4 】

上述したような用途で用いられるスクリーフィーダには、ロールに対して均一に材料を供給することが求められている。このため、特許文献 1 に示す方法が考案されている。

30

【 0 0 1 5 】

しかしながら、特許文献 1 に示す方法では、粉体材料を供給する際、スクリーフィーダの筐体壁との摩擦のため、筐体壁近傍を流れる粉体材料は、筐体壁から離れた中央部を流れる粉体材料に比べて流速が低下する。また、スクリーフィーダ出口に分散羽根を配置すると、ロール間に材料を供給する際の圧力損失が生じることがあり、成形体の密度を低下させる要因となる。このように、特許文献 1 に示す方法において、単位時間あたりの材料供給量の均一性を向上することは可能であるが、ロールの幅方向の材料供給量の均一性が考慮されていないため、幅方向の材料供給量のばらつきが課題となっている。

【 0 0 1 6 】

そこで、本発明者らは、粉体材料供給時の大きな圧力損失を生じさせることなく、ロールの幅方向の材料供給量の均一性を向上させるための粉体供給装置を検討し、以下の構成を考案した。

40

【 0 0 1 7 】

本開示の一態様にかかる粉体供給装置は、
成形体を連続的に生成する加圧成形機構に粉体材料を供給する粉体供給装置であって、
前記粉体材料が供給される導入口と、前記粉体材料が排出される排出口とを有する筐体と、
前記筐体の内部に配置され、回転駆動されることにより、前記排出口に前記粉体材料を搬送する第 1 スクリューと、
前記筐体の内部に前記第 1 スクリューと並列に配置され、前記第 1 スクリューと反対方

50

向に回転駆動されることにより、前記排出口に前記粉体材料を搬送する第2スクリーンと、
前記筐体の外部に配置され、前記第1スクリーンを回転駆動する第1モータ、および前記第2スクリーンを回転駆動する第2モータと、
を備え、

前記筐体の内部において、前記粉体材料の搬送方向から見たときに中央より一方側に前記第1スクリーンが配置され、前記搬送方向から見たときに中央より他方側に前記第2スクリーンが配置される。

【0018】

このような構成により、粉体供給装置の幅方向において粉体材料の供給量の均一性を向上することができる。また、粉体材料の供給量の均一性が向上することで、成形体の密度の均一性を向上することができる。

10

【0019】

前記第1スクリーンは、前記搬送方向から見たときに時計回りに回転駆動され、
前記第2スクリーンは、前記搬送方向から見たときに反時計回りに回転駆動されていてもよい。

【0020】

このような構成により、筐体内の粉体材料の密度を均一にすることができ、粉体供給装置の幅方向における粉体材料の供給量の均一性を向上することができる。

【0021】

前記第1スクリーンは、第1スクリーンシャフトと前記第1スクリーンシャフトの外周に右ねじの螺旋状に形成された第1フライトとを有し、

20

前記第2スクリーンは、第2スクリーンシャフトと前記第2スクリーンシャフトの外周に左ねじの螺旋状に形成された第2フライトとを有していてもよい。

【0022】

このような構成により、粉体供給装置の幅方向において、粉体材料の供給量および成形体の密度の均一性をさらに向上することができる。

【0023】

さらに、
前記筐体の内部の前記一方側において、前記第1スクリーンの内側に配置され、前記第1スクリーンと同じ方向に回転駆動されることにより、前記排出口に前記粉体材料を搬送する第3スクリーンと、

30

前記筐体の内部の前記他方側において、前記第2スクリーンの内側に配置され、前記第2スクリーンと同じ方向に回転駆動されることにより、前記排出口に前記粉体材料を搬送する第4スクリーンと、
を備えていてもよい。

【0024】

このような構成により、粉体供給装置の幅方向において、粉体材料の供給量および成形体の密度の均一性をさらに向上することができる。

【0025】

さらに、
前記第3スクリーンを回転駆動する第3モータと、
前記第4スクリーンを回転駆動する第4モータと、
を備え、

40

前記第3モータおよび前記第4モータの回転数は、前記第1モータおよび前記第2モータの回転数よりも小さくてもよい。

【0026】

このような構成により、粉体供給装置の幅方向において、粉体材料の供給量および成形体の密度の均一性をさらに向上することができる。

【0027】

(実施の形態1)

50

〔全体構成〕

図 1 は、本開示の粉体供給装置を上から見た模式図である。図 2 は、図 1 の粉体供給装置の A - A' 断面図である。なお、以下の説明において、各図における X 方向を幅方向、Y 方向を鉛直方向、Z 方向を粉体材料供給方向と称することもある。

【0028】

粉体供給装置 100 は、図 1 および図 2 に示すように、成形体を連続的に生成する加圧成形機構 11 に、矢印 2 で示す粉体材料 2 を供給する。粉体供給装置 100 は、粉体材料 2 の導入口 3 と排出口 4 とを有する筐体 1 と、第 1 スクリュー 5 と、第 2 スクリュー 6 と、第 1 モータ 7 と、第 2 モータ 8 とを備える。第 1 スクリュー 5 および第 2 スクリュー 6 は、筐体 1 の内部に幅方向に並列に配置され、回転駆動されることにより回転軸方向（Z 方向）に粉体材料 2 を搬送する。すなわち、粉体材料 2 は、第 1 スクリュー 5 および第 2 スクリュー 6 により Z 方向に搬送される。第 1 モータ 7 は筐体 1 の外部に配置され、第 1 スクリュー 5 を回転駆動する。同様に、第 2 モータ 8 は筐体 1 の外部に配置され、第 2 スクリュー 6 を回転駆動する。また、粉体供給装置 100 は、加圧成形機構 11 に隣接して配置される。加圧成形機構 11 は、鉛直方向に並べて配置された 2 本のロール 12、13 を有する。図 2 に示すように、2 本のロール 12、13 の間に粉体供給装置 100 の排出口 4 から粉体材料 2 が供給され、成形体 14 が形成される。このように、粉体供給装置 100 から供給された粉体材料 2 は、加圧成形機構 11 によって成形体 14 に形作られる。

10

【0029】

<導入口>

導入口 3 は、図 2 に示すように、鉛直方向において筐体 1 の上側に設けられ、粉体材料 2 を筐体 1 の内部へ導入する。また、導入口 3 には、ホッパー 3a が設けられており、ホッパー 3a の開口部より粉体材料 2 が投入される。

20

【0030】

<排出口>

排出口 4 は、筐体 1 の加圧成形機構 11 側の端部に設けられる。排出口 4 から、加圧成形機構 11 のロール 12、13 の間に粉体材料 2 が水平方向に排出される。排出口 4 は、図 2 に示すように、ロール 12、13 の間に粉体材料 2 を供給する。また、筐体 1 は排出口 4 に向かって薄くなるように形成されている。

【0031】

<スクリュー>

図 1 に示すように、第 1 スクリュー 5 は、筐体 1 の内部に配置され、回転駆動されることにより、回転軸方向（Z 方向）に粉体材料 2 を搬送する。また、第 2 スクリュー 6 は、筐体 1 の内部に第 1 スクリュー 5 と並列に配置され、第 1 スクリューと反対方向に回転駆動されることにより、回転軸方向（Z 方向）に粉体材料 2 を搬送する。第 1 スクリュー 5 および第 2 スクリュー 6 はそれぞれ、回転軸が材料供給方向と平行になるよう配置されている。筐体 1 の内部において、粉体材料 2 の搬送方向から見たときに中央より一方側、すなわち、筐体 1 の内部の幅方向における中心線 20 より下側の部分に第 1 スクリュー 5 が配置されている。また、粉体材料 2 の搬送方向から見たときに中央より他方側、すなわち、筐体 1 の内部の中心線 20 より上側の部分に第 2 スクリュー 6 が配置されている。

30

40

【0032】

第 1 スクリュー 5 と第 2 スクリュー 6 は、それぞれ反対の方向に回転することにより、粉体材料 2 を材料供給方向に搬送する。たとえば、第 1 スクリュー 5 は、第 1 スクリューシャフト 5a および第 1 フライト 5b を有し、排出口 4 から材料供給方向に向かって見たときに、時計回りに回転駆動することにより、粉体材料 2 を材料供給方向に搬送する。第 2 スクリュー 6 は、第 2 スクリューシャフト 6a および第 2 フライト 6b を有し、排出口 4 から材料供給方向に向かって見たときに、反時計回り、すなわち第 1 スクリュー 5 と反対方向に回転駆動することにより、粉体材料 2 を材料供給方向に搬送する。

【0033】

第 1 スクリュー 5 は、第 1 スクリューシャフト 5a に右ねじの螺旋状に形成された第 1

50

フライト 5 b を有し、第 2 スクリュー 6 は、第 2 スクリューシャフト 6 a に左ねじの螺旋状に形成された第 2 フライト 6 b を有する。より具体的には、第 1 フライト 5 b は、第 1 スクリューシャフト 5 a の周囲を先端 5 c に向かって時計回りに巻回するように設けられている。第 2 フライト 6 b は、第 2 スクリューシャフト 6 a の周囲を先端 6 c に向かって反時計回りに巻回するように設けられている。また、フライト 5 b、6 b はそれぞれ、材料供給方向に略等間隔になるようにスクリューシャフト 5 a、6 a に巻回されているとよい。

【 0 0 3 4 】

このような構成により、第 1 スクリュー 5 は、左ねじの回転方向に回転させると粉体材料 2 を左ねじの進む方向に搬送し、第 2 スクリュー 6 は、右ねじの回転方向に回転させると粉体材料 2 を右ねじの進む方向に搬送する。本実施の形態において、第 1 スクリュー 5 の形状のスクリューの種類を左ねじ、第 2 スクリュー 6 の形状のスクリューの種類を右ねじと称する。

10

【 0 0 3 5 】

なお、本実施の形態において、粉体供給装置 1 0 0 は、第 1 スクリュー 5 および第 2 スクリュー 6 の 2 つのスクリューを有するが、スクリューの数はこれに限らず、3 つ以上であってもよい。

【 0 0 3 6 】

< モータ >

第 1 モータ 7 は、第 1 スクリュー 5 を回転駆動させる。また、第 2 モータ 8 は、第 2 スクリュー 6 を回転駆動させる。第 1 モータ 7 および第 2 モータ 8 の回転数は、制御部 1 0 によりそれぞれ独立に制御することができる。

20

【 0 0 3 7 】

ここで、図 3 および図 4 を参照して、並列に配置された 2 本のスクリューの回転方向による、幅方向における粉体材料供給量の分布の変化について説明する。図 3 は、2 本のスクリューが同じ方向に回転する場合の、筐体内部を排出口側から見たときの図である。図 4 は、2 本のスクリューが異なる方向に回転する場合の、筐体内部を排出口側から見たときの図である。

【 0 0 3 8 】

筐体 1 の内壁 1 5 近傍を流れる粉体材料 2 は、内壁 1 5 との摩擦を受けるため、内壁 1 5 から離れた位置に比べて流速が低下する。また、重力 G の影響を受けるため、粉体材料 2 は、筐体 1 の内部において下層に比べ上層は密度が低い傾向にある。すなわち、図 3 および図 4 において、下層の粉体材料 2 c の密度に比べて、中層の粉体材料 2 b の密度は小さくなり、上層の粉体材料 2 a の密度はさらに小さくなる。

30

【 0 0 3 9 】

図 3 では、排出口 4 側から見たときに、スクリュー 5 1、5 2 はそれぞれ、矢印 5 1 a、5 2 a で示す時計回りに回転するよう配置されている。この場合、破線で囲まれた領域 B は、内壁 1 5 の近傍であるため、摩擦によって粉体材料 2 の流速は小さくなっており、スクリュー 5 1 によって下層の粉体材料 2 c が上方に押し上げられるため、粉体材料 2 の密度が高くなっている。一方、破線で囲まれた領域 C は、内壁 1 5 の近傍であるため、摩擦によって粉体材料 2 の流速は小さくなっており、スクリュー 5 2 によって上層の粉体材料 2 a が下方に押し下げられるため、粉体材料 2 の密度が小さくなっている。このように、筐体 1 の内部において粉体材料 2 の密度が均一とならないため、幅方向における粉体材料の供給量の均一性も低下する。

40

【 0 0 4 0 】

一方、図 4 では、排出口 4 側から見たときに、スクリュー 5 3 は矢印 5 3 a で示す時計回りに回転し、スクリュー 5 4 は矢印 5 4 a で示す反時計回りに回転するよう配置されている。この場合、破線で囲まれた領域 D は、内壁 1 5 の近傍であるため、摩擦によって粉体材料 2 の流速は小さくなっており、スクリュー 5 3 によって下層の粉体材料 2 c が上方に押し上げられるため粉体材料 2 の密度が高くなっている。また、破線で囲まれた領域 E

50

は、内壁 15 の近傍であるため、摩擦によって粉体材料 2 の流速は小さくなっており、スクリー 54 によって下層の粉体材料 2 c が上方に押し上げられるため粉体材料 2 の密度が高くなっている。このように、スクリー 53、54 の回転方向を調整することにより、筐体 1 の内部における粉体材料 2 の密度が均一になる。このため、幅方向における粉体材料の供給量の均一性を向上することができる。

【0041】

[スクリーの配置および形状による粉体材料の供給量分布の比較]

実施例 1 ~ 3、および比較例 1 ~ 2 における、粉体供給装置 100 の幅方向における粉体材料の供給量分布、および粉体供給装置 100 の幅方向の成形体の密度分布を比較して検討する。

【0042】

実施例 1 ~ 3 および比較例 1 ~ 2 では、シリコン酸化物を主材料とする粉体材料を用いるものとする。なお、粉体供給装置 100 の構成、および粉体材料の構成は、一部を除き実施例 1 ~ 3 および比較例 1 ~ 2 において共通である。

【0043】

< 粉体供給装置 100 の構成 >

図 5 は、実施例 1 のスクリー 5 の構成および配置を示す図である。図 6 は、図 5 の粉体供給装置の筐体 1 の内部を排出口側から見たときの図である。図 6 に示すように、筐体 1 の内部の鉛直方向の高さ h_1 が 50 mm であり、筐体 1 の内部の幅方向の大きさ w_1 が 100 mm である。また、図 5 に示すように、筐体 1 の内部には、第 1 スクリー 5 および第 2 スクリー 6 が幅方向に並んで配置されている。第 1 スクリー 5 および第 2 スクリー 6 のスクリーシャフト 5 a、6 a の直径 ϕ_1 が 20 mm であり、粉体材料を搬送するためのフライト 5 b、6 b のスクリーシャフト 5 a、6 a からの高さ h_2 が 10 mm である。第 1 スクリー 5 および第 2 スクリー 6 は、図 5 に示すように、スクリーシャフト 5 a、6 a の軸線 23、24 の間の距離 d_1 が 50 mm になるよう配置されている。また、図 6 に示すように、筐体 1 の内壁 15 からフライト 5 b、6 b までの距離 d_2 が 5 mm、フライト 5 b、6 b 間の距離 h_3 が 10 mm になるよう配置されている。第 1 スクリー 5 および第 2 スクリー 6 の先端 5 c、6 c から加圧成形機構 11 に設けられた 2 つのロール 12、13 の最小ギャップライン 18 までの距離 d_3 が 200 mm である。2 つのロール 12、13 の半径 r_1 はそれぞれ 150 mm である。図示されていない 2 つのロール 12、13 の最小ギャップの間隔は 4 mm である。

【0044】

< 粉体材料 >

粉体材料は、シリコン酸化物を主材料とするものを用いる。また、粉体材料は篩を使用して、0.1 mm 以上 2.0 mm 未満に分級し、かさ密度は 0.8 g / cc である。

【0045】

上述の構成の粉体供給装置 100 および粉体材料により、粉体供給装置 100 から加圧成形機構 11 に供給される直前の、すなわち排出口 4 から排出される、粉体供給装置 100 の幅方向における粉体材料の供給量の分布と、粉体供給装置 100 の幅方向における加圧成形機構 11 を通過した後の成形体 14 の密度の分布を測定した。

【0046】

< 実施例 1 >

図 6 に示すように、実施例 1 では、矢印 50 のように排出口 4 から材料供給方向に見たときに、時計回りの方向に回転駆動する第 1 スクリー 5 と、矢印 60 のように排出口 4 から材料供給方向に見たときに反時計回りの方向に回転する第 2 スクリー 6 との 2 本のスクリーが幅方向に並列に配置されている。第 1 スクリー 5 の種類は左ねじであり、第 2 スクリー 6 の種類は右ねじである。また、第 1 モータ 7 は、排出口 4 から供給される粉体材料の量が、1800 g / 分となるように第 1 スクリー 5 の回転数を調整する。同様に、第 2 モータ 8 は、排出口 4 から供給される粉体材料の量が、1800 g / 分となるように第 2 スクリー 6 の回転数を調整する。すなわち、第 1 モータ 7 および第 2 モー

10

20

30

40

50

タ 8 の回転数は、それぞれ 4 8 0 r p m に設定されている。なお、粉体供給装置 1 0 0 の幅方向における粉体材料の供給量割合の分布は、全供給量に対する幅方向 2 5 m m 毎の供給量割合を測定した。また、粉体供給装置 1 0 0 の幅方向における成形体 1 4 の密度の分布は、幅方向 1 0 m m 毎に成形体の密度を測定した。

【 0 0 4 7 】

< 比較例 1 >

比較例 1 では、材料供給方向に向かって反時計回りに回転する 2 本のスクリューが並列に配置され、実施例 1 と同様の評価を行った。比較例 1 のスクリューの種類はどちらも左ねじである。粉体供給装置におけるその他の寸法、配置およびモータの回転数は、実施例 1 と同様である。

10

【 0 0 4 8 】

< 比較例 2 >

比較例 2 では、材料供給方向に向かって時計回りに回転する 2 本のスクリューが並列に配置され、実施例 1 と同様の評価を行った。比較例 2 のスクリューの種類はどちらも右ねじである。粉体供給装置におけるその他の寸法、配置およびモータの回転数は、実施例 1 と同様である。

【 0 0 4 9 】

< 実施例 2 >

図 7 は、実施例 2 のスクリューの構成および配置を示す図である。図 8 は、図 7 の粉体供給装置の筐体の内部を排出口側から見たときの図である。図 7 および図 8 に示すように、実施例 2 では、筐体 1 の内部の幅 w 2 が 2 0 0 m m に拡大され、さらに、第 3 スクリュー 2 5 および第 4 スクリュー 2 6 を有する。第 3 スクリュー 2 5 は、筐体 1 の内部において、粉体材料 2 の搬送方向から見たときに中央より一方側において、第 1 スクリュー 5 の内側に配置され、第 1 スクリュー 5 と同じ方向に回転駆動されることにより、導入口 3 から排出口 4 に向かう方向に粉体材料を搬送する。また、第 4 スクリュー 2 6 は、筐体 1 の内部において、粉体材料 2 の搬送方向から見たときに中央より他方側において、第 2 スクリュー 6 の内側に配置され、第 2 スクリュー 6 と同じ方向に回転駆動されることにより、導入口 3 から排出口 4 に向かう方向に粉体材料を搬送する。第 3 スクリュー 2 5 は第 1 スクリュー 5 と同様の形状であり、第 4 スクリュー 2 6 は第 2 スクリュー 6 と同様の形状である。第 1 スクリュー 5 および第 3 スクリュー 2 5 の種類は左ねじであり、第 2 スクリュー 6 および第 4 スクリュー 2 6 の種類は右ねじである。

20

30

【 0 0 5 0 】

したがって、第 1 スクリュー 5 および第 3 スクリュー 2 5 は、矢印 5 0 および矢印 2 5 0 で示す材料供給方向に向かって時計回りの方向に回転駆動される。第 2 スクリュー 6 および第 4 スクリュー 2 6 は、矢印 6 0 および矢印 2 6 0 で示す材料供給方向に向かって反時計回りの方向に回転駆動される。また、図示されていないが、粉体供給装置 1 0 0 は、第 3 スクリュー 2 5 を回転駆動する第 3 モータと、第 4 スクリュー 2 6 を回転駆動する第 4 モータとを備える。実施例 2 において、第 1 モータ 7、第 2 モータ 8、第 3 モータ、および第 4 モータは、それぞれ同じ回転数に設定されており、加圧成形機構 1 1 に供給される直前の粉体材料 2 の供給量が 3 6 0 0 g / 分となるように調整されている。すなわち、第 1 モータ 7、第 2 モータ 8、第 3 モータ、および第 4 モータの回転数は 4 5 0 r p m に設定されている。なお、粉体供給装置 1 0 0 の幅方向における粉体材料の供給量割合の分布は、全供給量に対する幅方向 2 5 m m 毎の供給量割合を測定した。また、粉体供給装置 1 0 0 の幅方向における成形体 1 4 の密度の分布は、幅方向 2 0 m m 毎に成形体の密度を測定した。

40

【 0 0 5 1 】

< 実施例 3 >

実施例 3 では、第 3 モータおよび第 4 モータの回転数を、第 1 モータ 7 および第 2 モータ 8 の回転数よりも 5 % 小さい値に設定し、実施例 2 と同様の評価を行った。すなわち、第 3 モータおよび第 4 モータの回転数が 4 2 8 r p m に設定されている。粉体供給装置 1

50

00におけるその他の寸法、配置およびモータの回転数は、実施例2と同様である。

【0052】

[実施例1～3および比較例1～2の比較]

図9および図10を参照して、実施例1および比較例1～2における粉体材料の供給量割合の分布、および成形体の密度の分布について検討する。図9は、実施例1および比較例1～2の、粉体供給装置の幅方向における粉体材料の供給量割合の分布を示すグラフである。なお、粉体材料の供給量割合の測定方法は、次のとおりである。粉体供給装置100を加圧成形機構11から離れた状態で、排出口4から排出される粉体材料を受けられる位置に、開口部の幅が25mmである4つの容器を幅方向に隙間なく並べる。この状態で、一定時間粉体材料を排出する。排出された粉体材料はすべて4つの容器に回収されているので、粉体材料の全排出量および各容器内に回収された粉体材料の重量を測定することにより、粉体材料の供給量割合の分布を計算している。なお、図9において、横軸は中心線20を0としたときの幅方向における位置を表し、各容器の幅方向における中心位置に値をプロットしている。また、縦軸は粉体材料の供給量割合を単位wt%で表している。

10

【0053】

図10は、実施例1および比較例1～2の、幅方向における成形体密度の分布を示すグラフである。成形体密度の測定方法は、次のとおりである。成形体を材料供給方向に10mmの長さの短冊状に切り出し、さらにこの短冊状の成形体を幅方向における中心から両端に向かって10mm毎に切断する。これにより得られた10mm角の成形体の小片の密度を測定する。なお、両端部は幅が10mmに至らない場合があるが測定に影響はない。密度の測定にはアルキメデスの原理を用いる。具体的には、metra-toredo製の電子天秤および比重測定用キットを使用した。なお、他社製の同様の測定ツールを使用することもできる。また、置換液として流動パラフィンを用いて測定した。なお、図10において、横軸は中心線20を0としたときの幅方向の位置を表し、各小片の幅方向における中心位置に値をプロットしている。また、縦軸は成形体の密度を単位g/ccで表している。

20

【0054】

また、図11および図12を参照して、実施例2および実施例3における粉体材料の供給量割合の分布、および成形体の密度の分布について検討する。図11は、実施例2および実施例3の、粉体供給装置100の幅方向における粉体材料の供給量割合の分布を示すグラフである。粉体材料の供給量割合の測定用法は、実施例1および比較例1～2の場合と同様である。図11において、横軸は中心線20を0としたときの幅方向における位置を表し、各容器の幅方向における中心位置に値をプロットしている。また、縦軸は粉体材料の供給量割合を単位wt%で表している。

30

【0055】

図12は、実施例2および実施例3の、幅方向における成形体密度の分布を示すグラフである。成形体密度の測定方法は、実施例1および比較例1～2の場合と同様であるが、成形体の小片は、幅方向における中心から両端に向かって20mm毎に切断した。図12において、横軸は中心線20を0としたときの幅方向の位置を表し、各小片の幅方向における中心位置に値をプロットしている。また、縦軸は成形体の密度を単位g/ccで表している。

40

【0056】

また、図13は、実施例1～3、および比較例1～2の粉体材料の測定結果を集計した表である。なお、図13における粉体材料の供給量割合のレンジとは、実施例1～3および比較例1～2における測定値の最大値と最小値との差である。同様に、成形体密度のレンジは、実施例1～3および比較例1～2における測定値の最大値と最小値との差である。

【0057】

図10および図11を参照すると、比較例1～2に比べて、実施例1では、幅方向における中心線20から離れた位置での粉体材料の供給量割合の低下、および成形体密度の低下が抑制されている。また、図14の表に示すように、粉体材料の供給量割合のレンジ、

50

および成形体の密度のレンジはともに、比較例 1 ~ 2 と比べて実施例 1 では小さくなっている。このため、2 本のスクリューが同方向に回転する比較例 1 ~ 2 に比べて、実施例 1 のように、2 本のスクリューを逆方向に回転させると、幅方向における粉体材料の供給量割合の均一性が向上すると考えられる。

【0058】

また、図 13 に示すように、実施例 1 に比べて、実施例 2 では、粉体材料の供給量割合のレンジおよび成形体の密度のレンジがさらに小さくなっている。このことから、2 本のスクリューが配置されている場合に比べ、4 本のスクリューが配置されている方が、幅方向における粉体材料の供給量の均一性が向上すると考えられる。また、実施例 1 では、評価幅が 80 mm であるのに対し、実施例 2 では評価幅が 180 mm であることから、4 本のスクリューが配置されている場合、高品質の成形体をより幅広に形成することができる

10

【0059】

また、図 11 および図 12 を参照すると、実施例 2 に比べて、実施例 3 では、幅方向における中心線 20 付近ではピークにならず、また、幅方向における中心線 20 から離れた位置での粉体材料の供給量割合および成形体の密度の低下が抑制されている。したがって、4 本のスクリューが配置されている場合、内側のスクリューの回転数を外側のスクリューの回転数よりも小さくすると、幅方向における粉体材料の供給量割合および成形体の密度の均一性が向上すると考えられる。すなわち、第 1 モータ 7 および第 2 モータ 8 の回転数が 450 rpm に設定され、第 3 モータ および 第 4 モータ の回転数が 450 rpm よりも小さい 428 rpm に設定されているとよい。図 13 に示すように、粉体材料の供給量割合のレンジは実施例 2 よりも実施例 3 の方が小さいため、それぞれのスクリューの回転速度に差をつける制御方法によって、幅方向における粉体材料の供給量割合および成形体の密度の均一性がさらに向上すると考えられる。

20

【0060】

〔効果〕

上述した実施の形態によると、スクリューの回転方向を調整することにより、筐体 1 内における幅方向の粉体材料 2 の密度が均一になるため、幅方向における粉体材料 2 の供給量の均一性を向上することができる。

【0061】

30

また、第 3 モータ および 第 4 モータ の回転数を第 1 モータ 7 および 第 2 モータ 8 の回転数よりも小さい値に設定することにより、さらに、幅方向における粉体材料の供給量の均一性を向上することができる。

【0062】

なお、本実施の形態に示す装置の構成や寸法は一例であり、本実施の形態により限定されるものではない。たとえば、本実施の形態では、2 本または 4 本のスクリューを用いた粉体供給装置を例に説明をしたが、5 本以上の複数のスクリューが配置されていても、同様の効果を得ることができる。

【0063】

また、実施の形態 1 において、排出口 4 から材料供給方向に向かって見たときに、第 1 スクリューは反時計回りに回転駆動され、第 2 スクリューは時計回りに回転駆動されているが、スクリューの回転方向はこれに限らない。たとえば、第 1 スクリューが時計回りに回転駆動され、第 2 スクリューが反時計回りに回転駆動されていてもよい。すなわち、第 1 スクリューと第 2 スクリューとが反対方向に回転していればよい。

40

【0064】

このように、本開示の粉体供給装置および粉体供給方法を用いることにより、幅方向に均一な密度分布を持つ成形体を得ることが可能になる。

【産業上の利用可能性】

【0065】

本開示の粉体供給装置は、粉体材料を加圧成形した後に、その粉末の融点以下の温度で

50

熱処理をした焼結体を必要とする各種工業製品の高性能化に寄与する。特に、絶縁部品や電池材料の高性能化に有効である。

【符号の説明】

【 0 0 6 6 】

1	筐体	
2	粉体材料	
3	導入口	
4	排出口	
5	第1スクリー	
5 a	第1スクリーシャフト	10
5 b	第1フライト	
6	第2スクリー	
6 a	第2スクリーシャフト	
6 b	第2フライト	
7	第1モータ	
8	第2モータ	
1 0	制御部	
1 1	加圧成形機構	
2 5	第3スクリー	
2 6	第4スクリー	20

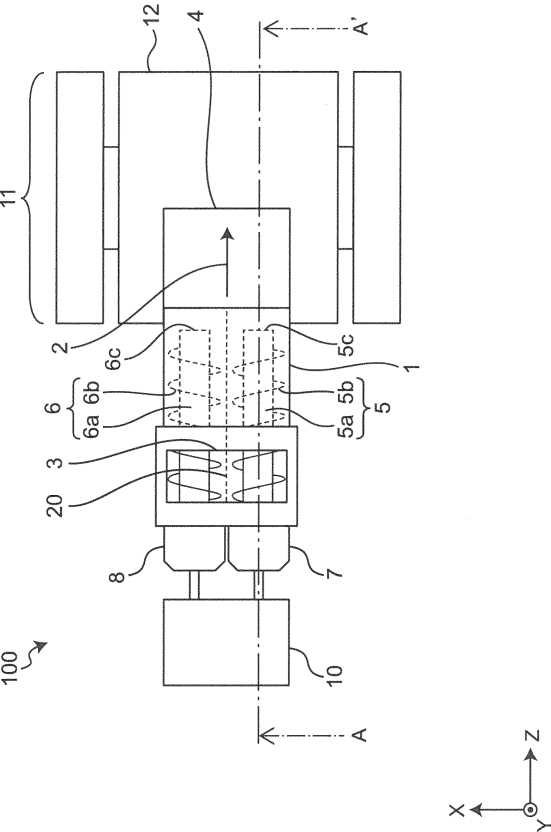
30

40

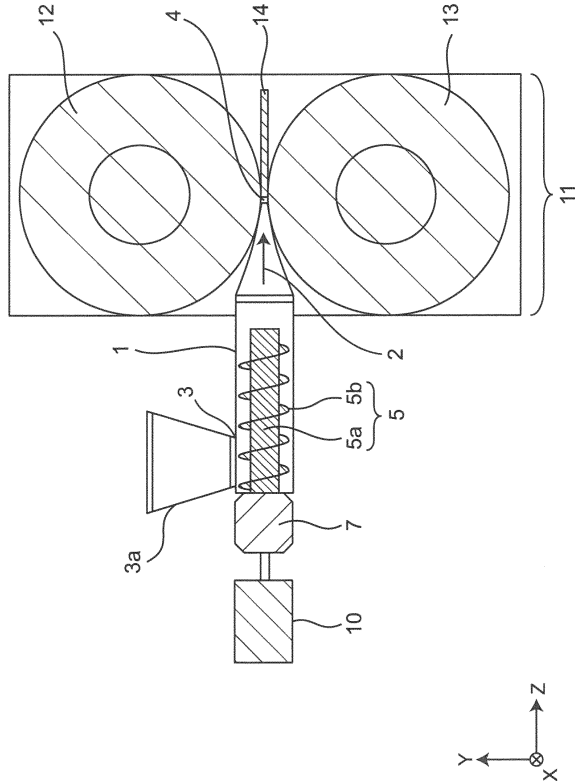
50

【図面】

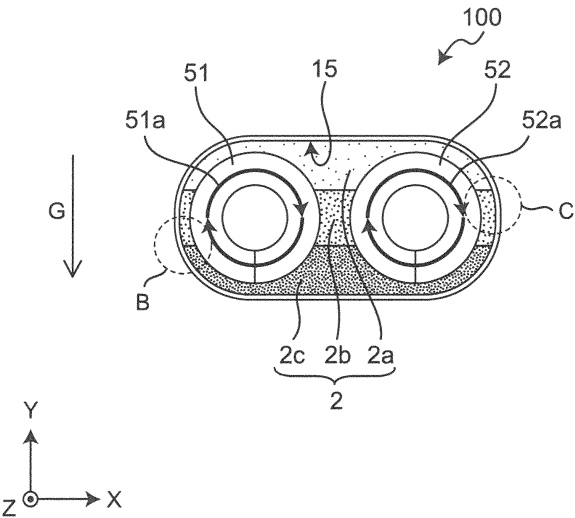
【図 1】



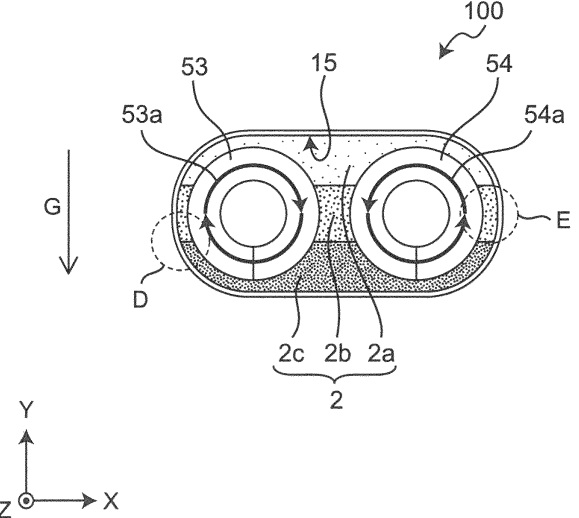
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

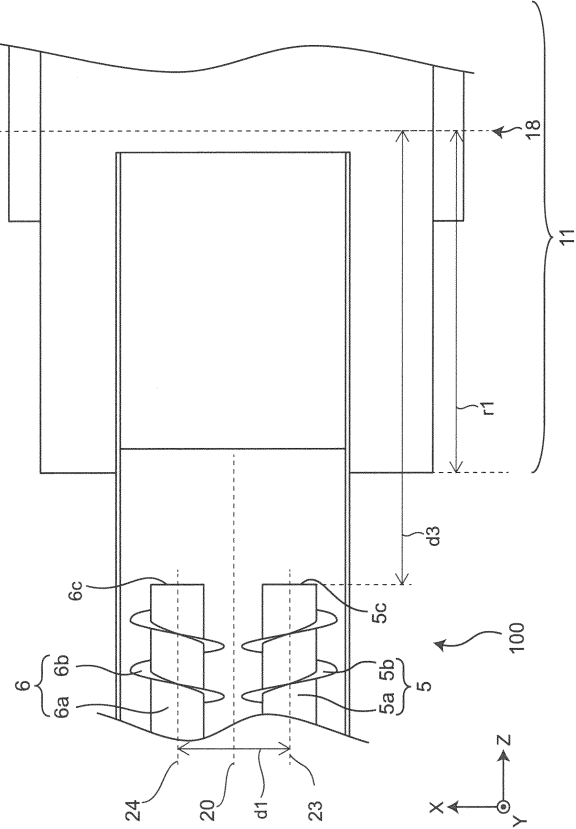
20

30

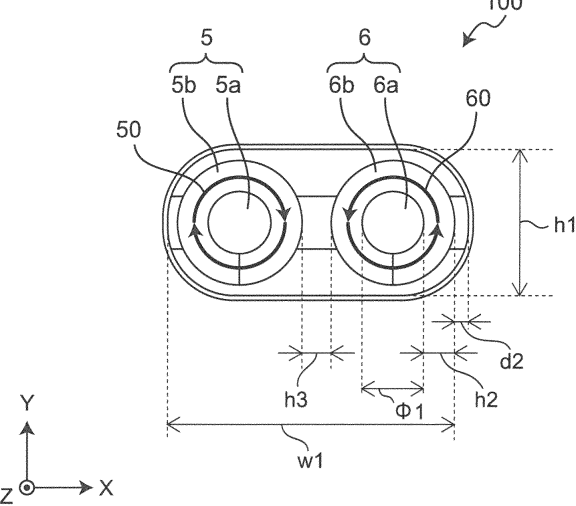
40

50

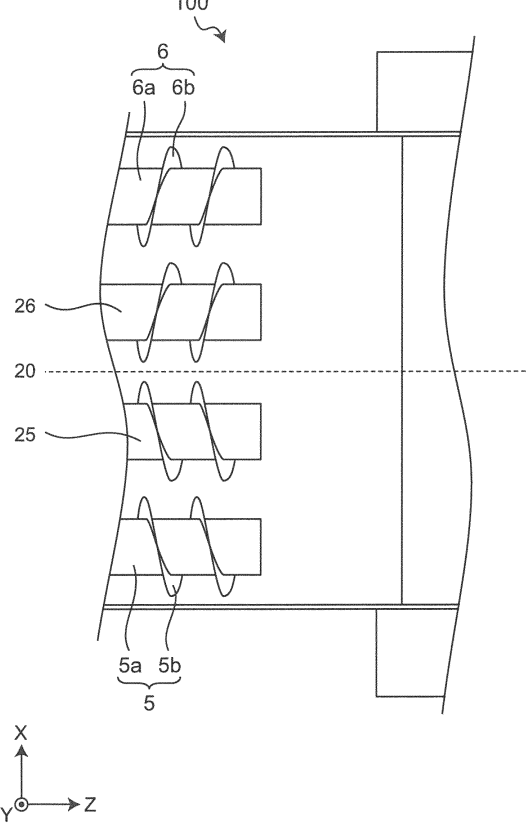
【図 5】



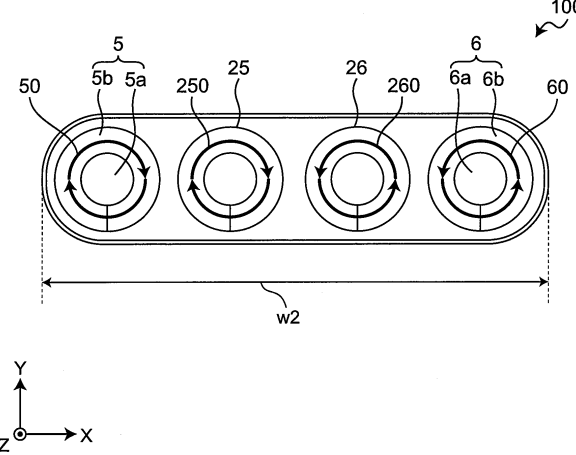
【図 6】



【図 7】



【図 8】



10

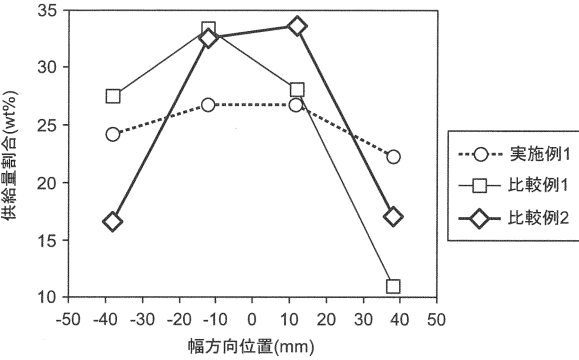
20

30

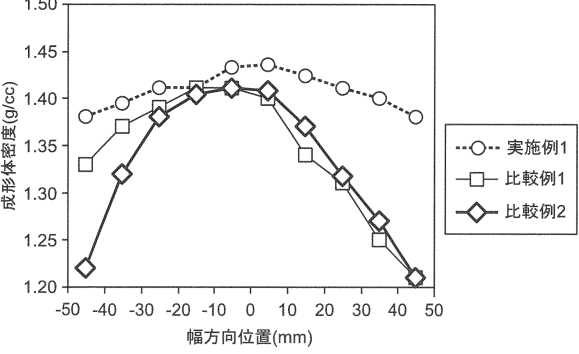
40

50

【図 9】

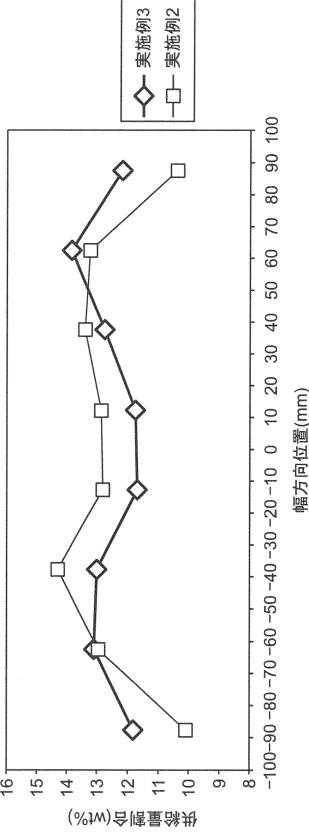


【図 10】

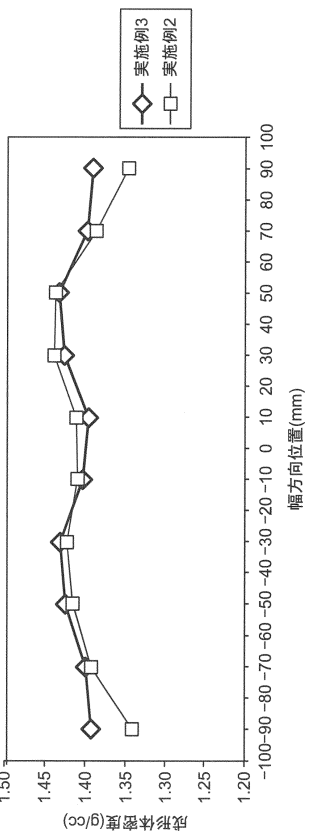


10

【図 11】



【図 12】



20

30

40

50

【図 13】

スクリーン種類 ／回転数	実施例 1		比較例 1		比較例 2		実施例 2		実施例 3	
	第1 スクリーン	左ねじ 480rpm	左ねじ 480rpm	左ねじ 480rpm	右ねじ 480rpm	右ねじ 480rpm	左ねじ 450rpm	左ねじ 450rpm	左ねじ 450rpm	左ねじ 450rpm
	第2 スクリーン	右ねじ 480rpm	左ねじ 480rpm	左ねじ 480rpm	右ねじ 480rpm	右ねじ 480rpm	右ねじ 450rpm	右ねじ 450rpm	右ねじ 450rpm	右ねじ 450rpm
	第3 スクリーン						左ねじ 450rpm	左ねじ 450rpm	左ねじ 428rpm	左ねじ 428rpm
	第4 スクリーン						右ねじ 450rpm	右ねじ 450rpm	右ねじ 428rpm	右ねじ 428rpm
供給量割合のレンジ (wt%)		4.5	22.4	22.4	17.1	17.1	4.2	4.2	2.2	2.2
成形体密度のレンジ (g/cc)		0.06	0.20	0.20	0.20	0.20	0.05	0.05	0.04	0.04

10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (72)発明者 嶋田 佳幾
大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 パナソニック株式会社内
- (72)発明者 畑中 基
大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 パナソニック株式会社内
- (72)発明者 平松 俊哉
大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 パナソニック株式会社内
- (72)発明者 福田 一人
大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 パナソニック株式会社内
- 審査官 福島 和幸
- (56)参考文献 特開昭 5 8 - 1 8 1 6 1 4 (J P , A)
実開昭 6 3 - 0 4 1 0 1 5 (J P , U)
特開平 1 0 - 0 4 5 2 3 3 (J P , A)
実開昭 6 1 - 0 7 5 8 4 7 (J P , U)
特開昭 5 5 - 1 1 1 3 2 9 (J P , A)
特開平 0 8 - 1 1 9 4 0 4 (J P , A)
米国特許第 6 0 5 0 4 5 6 (U S , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
B 6 5 G 6 5 / 4 6
B 6 5 G 3 3 / 1 8