

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第5867939号
(P5867939)

(45) 発行日 平成28年2月24日 (2016. 2. 24)

(24) 登録日 平成28年1月15日 (2016. 1. 15)

(51) Int. Cl.			F I		
B 2 2 C	1/00	(2006. 01)	B 2 2 C	1/00	B
B 2 2 C	9/02	(2006. 01)	B 2 2 C	9/02	I O I Z
B 2 2 C	1/18	(2006. 01)	B 2 2 C	1/18	A
B 2 2 C	1/10	(2006. 01)	B 2 2 C	1/10	A
B 3 3 Y	70/00	(2015. 01)	B 3 3 Y	70/00	

請求項の数 7 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2014-256377 (P2014-256377)	(73) 特許権者	592134848
(22) 出願日	平成26年12月18日 (2014. 12. 18)		株式会社鷹取製作所
審査請求日	平成27年5月29日 (2015. 5. 29)		福岡県うきは市吉井町2 1 3 番地の 1
(出願人による申告) 平成25年度、経済産業省、戦略的基盤技術高度化支援事業、委託研究、産業力強化法第19条の適用を受ける特許出願		(73) 特許権者	504165591
早期審査対象出願			国立大学法人岩手大学 岩手県盛岡市上田三丁目1 8 番8号
		(74) 代理人	100114627
			弁理士 有吉 修一朗
		(74) 代理人	100182501
			弁理士 森田 靖之
		(74) 代理人	100190975
			弁理士 遠藤 聡子
		(74) 代理人	100194984
			弁理士 梶原 圭太

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 積層造形用材料、粉末固着積層法による鋳型の製造方法及び鋳型

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも、粒径が45～53 μmの範囲内である酸化アルミニウムで構成された第1の粒子と、粒径が75～106 μmの範囲内である酸化アルミニウムで構成された第2の粒子とを含み、かつ、構成粒子の粒径の上限が前記第1の粒子の粒径の2倍以下である骨材と、

該骨材同士を結着させる粘結剤とを有する積層造形用材料。

【請求項 2】

前記第1の粒子の骨材の量基準での重量比率に対する前記第2の粒子の骨材の量基準での重量比率の比が1.5～3.0の範囲内である

請求項1に記載の積層造形用材料。

【請求項 3】

前記第1の粒子の骨材の量基準での重量比率に対する前記第2の粒子の骨材の量基準での重量比率の比が2.0である

請求項1または請求項2に記載の積層造形用材料。

【請求項 4】

前記粘結剤は全量基準で重量比率が33%である

請求項1、請求項2または請求項3に記載の積層造形用材料。

【請求項 5】

10

20

前記粘結剤が、酸化アルミニウムを主成分とするアルミナセメントである
請求項 1、請求項 2、請求項 3 または請求項 4 に記載の積層造形用材料。

【請求項 6】

少なくとも、粒径が $45 \sim 53 \mu\text{m}$ の範囲内である酸化アルミニウムで構成された第 1 の粒子と、粒径が $75 \sim 106 \mu\text{m}$ の範囲内である酸化アルミニウムで構成された第 2 の粒子とを含み、かつ、構成粒子の粒径の上限が前記第 1 の粒子の粒径の 2 倍以下である骨材と、該骨材同士を結着させる粘結剤とを有する積層造形用材料に結着を開始させる結合剤溶液をかけて硬化させる第 1 の工程と、

該第 1 の工程で硬化された層を前記第 2 の粒子の粒径と略同等の大きさのピッチで垂直下方にずらし、同第 1 の工程で硬化された層の上部に前記積層造形用材料を広げて前記結合剤溶液をかけて硬化させる第 2 の工程とを備える

10

粉末固着積層法による鑄型の製造方法。

【請求項 7】

少なくとも、粒径が $45 \sim 53 \mu\text{m}$ の範囲内である酸化アルミニウムで構成された第 1 の粒子と、粒径が $75 \sim 106 \mu\text{m}$ の範囲内である酸化アルミニウムで構成された第 2 の粒子とを含み、かつ、構成粒子の粒径の上限が前記第 1 の粒子の粒径の 2 倍以下である骨材と、該骨材同士を結着させ前記第 1 の粒子の粒径よりも小さな粒径を有する粘結剤とを含む積層造形用材料で形成されると共に、隣接する部材と嵌合可能な嵌合部を有する部分型を組み合わせて形成され、

前記第 1 の粒子の骨材の量基準での重量比率に対する前記第 2 の粒子の骨材の量基準での重量比率の比が $1.5 \sim 3.0$ の範囲内である

20

鑄型。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、積層造形用材料、粉末固着積層法による鑄型の製造方法及び鑄型に関する。詳しくは、粉末固着積層法で形成した鑄型を用いる鑄造において、品質に優れた鑄物を製造可能な積層造形用材料、粉末固着積層法による鑄型の製造方法及び鑄型に係るものである。

【背景技術】

30

【0002】

古くから金属材料を用いて大量生産を行う際に、鑄型を用いる鑄造による加工がなされてきた。鑄造は、鑄型の使用法、鑄型の種類、骨材の固定法等により複数の方法が存在する。

【0003】

また、近年、三次元造形機の普及に伴い、この機器を用いた鑄型製造手法が注目されている。本手法では、鑄型砂と鑄型砂を結着させる粘結剤を混合した鑄型材料に、インクジェットヘッドで結合剤溶液をかけて一層ずつ積層、硬化させるものであり、粉末固着積層法と称されている。

【0004】

40

粉末固着積層法では、鑄物の原型となる木型や金型を製造することなく、直接的に鑄型が製造できる点から、鑄物の製造期間の短縮化やコスト削減が期待できる。また、多種の形状の鑄物を少量生産する用途にも適している。

【0005】

また、粉末固着積層法での鑄型の製造では、従来の木型を用いた鑄型の製造に比して、寸法精度の高い鑄型を形成することが可能である。また、木型等を鑄型から取り出す際に必要となる抜き勾配を形成する必要がなく、鑄型材料を低減することができるものとなっている。

【0006】

前述したように、粉末固着積層法でも従来の鑄造と同様に、鑄型の原料として骨材とな

50

る鑄物砂と粘結剤が使用される。粘結剤は鑄物砂同士を結着させ、水分や熱により硬化する性質を有するものである。鑄物砂及び粘結剤は、鑄物材料の注湯時にも安定的に鑄物の形状を形成しうる耐熱性を有する必要がある。

【0007】

しかしながら、粉末固着積層法に使用される鑄型材料は、市販のものを含めて種類が限定されているのが現状である。例えば、骨材となる石膏は、融点が1,000を超える金属を注湯した際には、亜硫酸ガスが生じ、鑄物に気泡巣などの欠陥が生じてしまう。

【0008】

こうしたなか、融点が1,000を超える高融点金属でも注湯可能な造形用材料が存在し、例えば、特許文献1に記載の造形用材料が提案されている。

10

【0009】

ここで、特許文献1には、人工鑄物砂と、人工鑄物砂を相互に結着させる粘結剤であり、プレーン比表面積値が $4000\text{ cm}^2/\text{g}$ 以上のセメントが混合された造形用材料が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】特開2010-110802号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0011】

しかしながら、特許文献1に記載の造形用材料を含め、従来の粉末固着積層法用の材料で形成した鑄型は、その鑄型表面が粗くなるという問題があった。この結果、鑄物の鑄肌面が粗くなってしまい、鑄物を高精度に製造することが困難であった。

【0012】

また、従来の粉末固着積層法で用いられる鑄物砂で形成した鑄型は、強度が不十分であった。特に鑄型のサイズが大きくなると、鑄造過程でひびや崩壊が生じるリスクが顕著となる。

【0013】

本発明は、以上の点に鑑みて創案されたものであり、粉末固着積層法で形成した鑄型を用いる鑄造において、品質に優れた鑄物を製造可能な積層造形用材料、粉末固着積層法による鑄型の製造方法及び鑄型を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0014】

上記の目的を達成するために、本発明の積層造形用材料は、少なくとも2つの粒径の異なる粒子で構成された骨材と、該骨材同士を結着させる粘結剤とを含んでいる。

【0015】

ここで、少なくとも2つの粒径の異なる粒子で構成された骨材によって、混在状態での粒子間の隙間や表面の凹凸が減り、鑄型の表面の平滑性を向上させることができる。また、積層時の鑄型材料の密度が高くなり、鑄型の強度を高めることができる。なお、ここでいう骨材とは、鑄型の原料の主成分を占める物質であり、例えば、再生砂を含むけい砂やアルミナ等の特殊砂等を含むものである。また、強度とは、抗折試験で測定する抗折強度を意味し、試験内容の詳細については後述する。

40

【0016】

また、骨材同士を結着させる粘結剤によって、骨材を結着させ硬化させることが可能となる。なお、粘結剤とは、水硬性の樹脂等を含み水溶液等の結合剤と組み合わせることで硬化が開始されるものである。

【0017】

また、骨材が、第1の粒子と、第1の粒子の粒径の1.5~2倍の粒径を有する第2の粒子とを含んで構成された場合には、混在状態での粒子間の隙間や表面の凹凸が減り、よ

50

り一層、鋳型の表面の平滑性を高めることができる。また、積層時の鋳型材料の密度が高くなり、より一層、鋳型の強度を高めることができる。なお、ここでいう粒子の粒径は平均粒径を意味し、粒子製造時のばらつきを含むものである。

【0018】

一方、第1の粒子の粒径の1.5倍未満の粒径を有する第2の粒子である場合には、第2の粒子が第1の粒子に近づくこととなる。この結果、混在状態の密度が下がり、抗折強度の向上が不十分となる。また、粒径が小さくなるため、積層時に粒子の抜けが生じやすくなり、鋳型の表面の平滑性を高めにくいものとなる。また、第1の粒子の粒径の2倍を超える粒径を有する第2の粒子である場合には、第2の粒子の粒子間の隙間が生じやすくなり、混在状態の密度が下がり、抗折強度の向上が不十分となる。また、第2の粒子間の表面の凹凸が生じやすくなり、鋳型の表面の平滑性を高めにくいものとなる。

10

【0019】

また、粘結剤が第1の粒子の粒径よりも小さな粒径を有する場合には、第1の粒子及び第2の粒子の混在状態の密度や平滑性に対する粘結剤の存在による影響を少なくすることができる。

【0020】

また、第1の粒子の全量基準での重量比率に対する第2の粒子の全量基準での重量比率の比が1.5～3.0の範囲内である場合には、より一層、鋳型の抗折強度を向上させることができる。

【0021】

ここで、第1の粒子の全量基準での重量比率に対する第2の粒子の全量基準での重量比率の比が1.5未満である場合には、鋳型の表面の平滑性が担保しづらいものとなる。また、第1の粒子の全量基準での重量比率に対する第2の粒子の全量基準での重量比率の比が3.0を超える場合には、鋳型の抗折強度が不十分なものとなる。

20

【0022】

また、第1の粒子の全量基準での重量比率に対する第2の粒子の全量基準での重量比率の比が2.0である場合には、更に一層、鋳型の抗折強度を向上させることができる。また、更に一層、鋳肌面の平滑性を高めることができる。

【0023】

また、粘結剤が全量基準で重量比率が33%である場合には、より一層、鋳型の抗折強度を向上させることができる。また、より一層、鋳肌面の平滑性を高めることができる。

30

【0024】

また、第1の粒子が、粒径が45～53 μm の範囲内である酸化アルミニウムの第1の鋳物砂であり、第2の粒子が、粒径が75～106 μm の範囲内である酸化アルミニウムの第2の鋳物砂であり、粘結剤が、粒径が約4.5 μm である酸化アルミニウムを主成分とするアルミナセメントである場合には、十分に鋳型の抗折強度を向上させることができる。また、十分に鋳肌面の平滑性を高めることができる。

【0025】

また、上記の目的を達成するために、本発明の粉末固着積層法による鋳型の製造方法は、第1の粒子と、該第1の粒子の粒径の1.5～2倍の粒径を有する第2の粒子とを含んで構成された骨材と、該骨材同士を結着させる粘結剤とを含む積層造形用材料に結着を開始させる結合剤溶液をかけて硬化させる第1の工程と、該第1の工程で硬化された層を前記第2の粒子の粒径と略同等の大きさのピッチで垂直下方にずらし、同第1の工程で硬化された層の上部に前記積層造形用材料を広げて前記結合剤溶液をかけて硬化させる第2の工程とを備える。

40

【0026】

ここで、第1の粒子と、第1の粒子の粒径の1.5～2倍の粒径を有する第2の粒子とを含んで構成された骨材によって、混在状態での粒子間の隙間や表面の凹凸が減り、鋳型の表面の平滑性を高めることができる。また、積層時の鋳型材料の密度が高くなり、鋳型の強度を高めることができる。

50

【0027】

また、第2の工程で、第1の工程で硬化された層を第2の粒子の粒径と略同等の大きさのピッチで垂直下方にずらし、第1の工程で硬化された層の上部に積層造形用材料を広げて結合剤溶液をかけて硬化させることによって、積層造形用材料の表面の凹凸を減らし、鋳型の表面の平滑性を高めることができる。また、積層造形用材料の密度が高くなり、鋳型の抗折強度を向上させることができる。

【0028】

また、上記の目的を達成するために、本発明の鋳型は、第1の粒子と、該第1の粒子の粒径の1.5～2倍の粒径を有する第2の粒子とを含んで構成される骨材と、該骨材同士を結着させ前記第1の粒子の粒径よりも小さな粒径を有する粘結剤とを含む積層造形用材料で形成されると共に、隣接する部材と嵌合可能な嵌合部を有する部分型を組み合わせ

10

【0029】

ここで、第1の粒子と、第1の粒子の粒径の1.5～2倍の粒径を有する第2の粒子とを含んで構成される骨材によって、混在状態での粒子間の隙間や表面の凹凸が減り、鋳型の表面の平滑性を高めることができる。また、積層時の鋳型材料の密度が高くなり、鋳型の強度を高めることができる。

【0030】

また、鋳型が、隣接する部材と嵌合可能な嵌合部を有する部分型を組み合わせ形成されることによって、大型の鋳型の製造が可能となる。即ち、複数の部分型を用いて、1つの大型の鋳型の形状とすることが可能となる。なお、ここでいう部分型とは、従来の鋳造で使用される上型や下型、中子をさらに分割したものを意味するものである。また、大型の鋳型とは、三次元造形機で製造可能な最大造形サイズにもよるが、一度の積層造形処理で鋳型全体の形状が製造しえないものを意味する。

20

【0031】

また、第1の粒子の全量基準での重量比率に対する第2の粒子の全量基準での重量比率の比が1.5～3.0の範囲内である場合には、より一層、鋳型の抗折強度を向上させることができる。

【0032】

また、粘結剤が全量基準で重量比率が33%である場合には、より一層、鋳型の抗折強度を向上させることができる。また、鋳肌面の平滑性を高めることができる。

30

【発明の効果】

【0033】

本発明に係る積層造形用材料は、粉末固着積層法で形成した鋳型を用いる鋳造において、品質に優れた鋳物を製造可能なものとなっている。

また、本発明に係る粉末固着積層法による鋳型の製造方法は、粉末固着積層法で形成した鋳型を用いる鋳造において、品質に優れた鋳物を製造可能なものとなっている。

更に、本発明に係る鋳型は、粉末固着積層法で形成した鋳型を用いる鋳造において、品質に優れた鋳物を製造可能なものとなっている。

【図面の簡単な説明】

40

【0034】

【図1】主型及び中子の構造を示す概略図である。

【図2】鋳型から製造する玉形弁用弁箱及び鋳造方案に基づく製品部分と湯口及び上がりを示す概略図である。

【図3】主型に中子を配置した状態の詳細構造の概略図(a)及び中子のほぞ継ぎを示す概略図(b)である。

【図4】鋳型の支持構造を示す斜視図(a)、正面図(b)及び側面図(c)である。

【図5】支持構造を設けない鋳型の概略図(a)及び支持構造を設けた鋳型の概略図(b)である。

【図6】鋳型のベント部を示す概略図及びその部分拡大図である。

50

【図7】上型及び下型と中子を一体化させていない鑄型を示す概略図(a)、上型と中子が一体化した鑄型を示す概略図(b)及び下型と中子が一体化した鑄型を示す概略図(c)である。

【図8】実施例1～6及び比較例1の板状試験片に対して行った抗折強度試験の結果を示す図である。

【図9】実施例4の試験片における鑄型の表面状態を示す写真(a)及び、比較例1の試験片における鑄型の表面状態を示す写真(b)である

【図10】実施例7～11の板状試験片に対して行った抗折強度試験の結果を示す図である。

【図11】凝固試験の結果を示す図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0035】

以下、本発明の実施の形態について説明し、本発明の理解に供する。

【0036】

以下、本発明を適用した積層造形用材料の一例の組成について説明する。なお、以下で説明する組成はあくまで一例であり、本発明を適用した積層造形用材料がこれに限定されるものではない。

【0037】

本発明を適用した積層造形用材料の一例である、鑄型材料は、骨材となる第1のアルミナサンド及び第2のアルミナサンドと、粘結剤となるアルミナセメントとを備えている。

20

【0038】

第1のアルミナサンド及び第2のアルミナサンドは、純度99%以上の酸化アルミニウム(Al_2O_3)からなる白色誘電アルミナであり、いずれも1,500以上の耐熱性を有している。また、第1のアルミナサンドは、中心粒径が45～53 μm の粒子で構成されている。また、第2のアルミナサンドは、中心粒径が75～106 μm の粒子で構成されている。

【0039】

また、アルミナセメントは、アルミナセメントの全量基準の重量比率で72.5%の酸化アルミニウム(Al_2O_3)及び25.8%の酸化カルシウム(CaO)を含む粉状前駆体である。また、アルミナセメントは、平均粒径が4.5 μm の粒子で構成され、1,730以上の耐熱性を有している。

30

【0040】

アルミナセメントは、積層造形時にインクジェットのプロントヘッドから結合剤溶液を吹き付けられることで、混合させた第1のアルミナサンド及び第2のアルミナサンドを結着して硬化させる。結合剤溶液は、1%以下の2-ピロリドンを含む水溶液が用いられる。

【0041】

また、鑄型材料には、粘結剤の硬化速度を速めるための補助剤として、炭酸リチウム(Li_2CO_3)を備えている。

【0042】

鑄型材料は、全量基準での重量比率が、第1のアルミナサンド：44%、第2のアルミナサンド：22%、アルミナセメント：33%、炭酸リチウム：1%を含む組成を有している。

40

【0043】

ここで、第2のアルミナサンドの全量基準での重量比率に対する第1のアルミナサンドの全量基準での重量比率の比が2.0となっているが、必ずしもこの数値になる必要はない。但し、鑄型の抗折強度の向上と、鑄型の表面の平滑性を高める点から、重量比率の比は、1.5～3.0の範囲となるのが好ましく、更に、2.0となることがより一層好ましい。

【0044】

50

また、必ずしも、アルミナセメントの全量基準での重量比率が33%となる必要はない。但し、鑄型の抗折強度の向上と、鑄型の表面の平滑性を高める点から、アルミナセメントの全量基準での重量比率が33%に設定されることが好ましい。

【0045】

また、鑄型材料には、粘結剤の硬化速度を速めるための補助剤として、炭酸リチウム (Li_2CO_3) を入れることが好ましい。また、炭酸リチウムの添加量を増やすことで、硬化が始まる始発時間が短くなり、硬化速度も高くなるが、他の成分の配合量も考慮して、炭酸リチウムの配合量を適宜選択することが好ましい。また、炭酸リチウムの配合により鑄型の抗折強度が向上する。

【0046】

以下、上記で説明した積層造形用材料を用いて形成した鑄型について説明する。

図1は、主型及び中子の構造を示す概略図である。図2は、鑄型から製造する玉形弁用弁箱及び鑄造方案に基づく製品部分と湯口及び上がりを示す概略図である。図3は、主型に中子を配置した状態の詳細構造の概略図(a)及び中子のほぞ継ぎを示す概略図(b)である。

【0047】

以下、本発明を適用した鑄型の一例である積層造形鑄型1について説明する。

【0048】

図1に示すように、積層造形鑄型1は、主型2と、中子3を備えている。積層造形鑄型1は、図2の左側に示す形状の玉形弁用弁箱4を鑄造する際の鑄型である。また、主型2は長さ(図1の符号L)が800mmの鑄型となっている。

【0049】

主型2は、内部に玉形弁用弁箱4の外形と同一の形状の空間を有し、複数の部分主型5を組み合わせて形成されている。主型2は高さ方向において、湯口及び湯道が形成された湯道側の領域部分6、製品側の上部領域部分7及び製品側の下部領域部分8に分割された構造となっている。符号9及び符号10は主型2の高さ方向の分割位置を示している。

【0050】

また、主型2の幅方向に隣接する部分主型5同士の間は組継ぎ11で組み合わされている。組継ぎ11の部分の溶湯が流れない領域は、図示しないボルトナットやクランプ等の部材で固定されている。詳細な分割構造は後述する。

【0051】

図1に示すように、中子3は、上部中子12、中間中子13及び下部中子14の部材を組み合わせて形成されている。中子3は、主型2の内部空間に収容され、玉形弁用弁箱4の空洞を形成する。また、上部中子12と中間中子13、及び中間中子13と下部中子14の間はほぞ継ぎで組み合わされ、ボルトナットやクランプ等の部材で固定されている。ほぞ継ぎの詳細な構造は後述する。

【0052】

主型2及び中子3は、肉抜きした形状となっており、鑄造に用いられない部分は削られ、形状を担保するために必要な鑄型材料のみが使用されている。

【0053】

主型2及び中子3を用いて鑄造を行うと、図2の左側に示す形状の玉形弁用弁箱4を製造することができる。また、図2の右側には、鑄造時の玉形弁用弁箱となる製品部分15と、湯口50及び上がり16の形成位置を示している。

【0054】

ここで、必ずしも、本発明を適用した鑄型が主型2と中子3で構成される必要はない。例えば、主型のみを複数の部分主型で形成して中子を使用しない鑄型や、主型のうち上型または下型のみを複数の部分主型で形成する場合があってもよい。

【0055】

また、必ずしも、主型2の長さが800mmに限定されるものではなく、造形対象物も玉形弁用弁箱である必要はない。製造したい対象物の大きさと、それに必要となる複数の

10

20

30

40

50

部分主型を形成することで、例えば、長さ1000mm以上の主型を形成することも可能である。

【0056】

また、主型2及び中子3が分割される位置は特に限定されるものではなく、適宜、部材の組み合わせや取扱いが容易な形状へと、適宜設計変更を行うことが可能である。但し、主型2では、湯口及び湯道が形成された湯道側の領域部分6、製品側の上部領域部分7及び製品側の下部領域部分8に分割された構造とすることで、各々の用途に合わせた形状に加工しやすいものとなる。

【0057】

即ち、主型2では、湯道側の領域と製品側の領域とで分割可能な構造とすることが好ましい。例えば、湯道側の領域は製品側の領域に比べて、鑄型材料が必要な領域が少なくっており、湯道側の領域の形状のみを形成した方が、主型の形成効率を高めることができる。

10

【0058】

また、必ずしも、隣接する部分主型や中子部材が組継ぎやほぞ継ぎで組み合わせられる構造とされる必要はない。但し、組み合わせた構造体が安定した構造となる点から、隣接する部分主型や中子部材が組継ぎやほぞ継ぎで組み合わせられる構造とされることが好ましい。また、同様の観点から、接合する領域の両方に凹部を設け、組み合わせた凹部に嵌合する窪み実部材を使用して組み合わせる構造も採用しうる。

【0059】

20

図3(a)には、主型2及び中子3のより詳細な分割構造を示している。主型2は複数の部分主型5によって形成されている。また、中子3は前述したように、上部中子12、中間中子13及び下部中子14の3つの部材で形成されている。

【0060】

各々の部分主型5、上部中子12、中間中子13及び下部中子14は、長さ20mm程度の一般的な造形対応サイズの造形物を製造可能な三次元造形機で製造されるものとなっている。

【0061】

個々の部分主型5を更に細かく見ると、符号17及び符号18が上がり部、符号19が湯口部、符号20及び符号21が中間主型、符号22及び符号23が下部主型となっている。また上がり部17及び上がり部18は、図2の右側の図で示した上がり16を形成する部分となる。

30

【0062】

また、図3(b)には、中子3の詳細な構造を示している。上部中子12は下部に凸部42が、中間中子13の上部に凹部43がそれぞれ形成されている。また、中間中子の下部に凹部(図示せず)が、下部中子14の上部に凸部44がそれぞれ形成されている。

【0063】

対向する各凹凸部が中子3のほぞ継ぎ部分であり、この部分で組み合わせられることで、中子3は安定した構造体となる。

【0064】

40

このように1つの主型を細分化することで、高精度かつ大型の鑄型を形成することが可能となっている。また、個々の部材は、積層造形装置用に所望の形状の3DCADデータを入力して形成される。

【0065】

本発明を適用した鑄型では、以下図4～図7で説明するような構造を採用しうる。

【0066】

図4には、鑄型のキャビティ部の反対側の領域を肉抜きし、柱状部材による支持構造を設けた鑄型を示している。

【0067】

図4に示す鑄型24は、溶湯が流れ込むキャビティ部25の反対側の領域に、支持構造

50

26を形成している。支持構造26は、一定間隔を有して略平行に配置された柱部27と、隣接する柱部27同士を連結した棧部材28で構成されている。

【0068】

また、柱部27及び棧部材28が交わる部分は、各々の部材より体積の大きな球状部29が形成され、交点を補強する構造となっている。なお、鋳型24をキャビティ部25の反対側の領域から見た正面図を図4(b)、側面から見た図を図4(c)に示している。

【0069】

図5(a)には、支持構造26を設けない鋳型30を、図5(b)には前述した支持構造26を有する鋳型24を示している。鋳型24は鋳型30に比べ、キャビティ部の反対側の領域を肉抜きすることで、鋳型を形成する鋳型材料を大きく低減させることができるものとなっている。

10

【0070】

また、鋳型24は、支持構造26を有することで鋳型の強度を担保しうるものとなっている。また、鋳型24は肉抜きされたことで、キャビティ部の反対側の領域からキャビティ部25に風を当てる等して、鋳物材料を注湯後に強制冷却させることができる。この結果、凝固が促進され、冷却速度に起因する凝固欠陥の発生を低減させることができる。

【0071】

図6には、鋳型のキャビティ部にガス抜き用のベント部を設けた構造を示している。

【0072】

図6に示す鋳型31はキャビティ部32に複数のベント部33を有している。ベント部33は、図6の拡大図部分に示すように、直径が5mm程の貫通孔34が多数集合して形成されたものである。

20

【0073】

貫通孔34は鋳型31をキャビティ部からその背面側に向けて貫通している。また、貫通孔34の内部には、鋳型31の鋳型材料となる鋳物砂(図示せず)が収容されている。鋳物砂は、鋳型31の積層造形時に硬化を開始させる結合剤が吹きかけられていないものである。

【0074】

鋳物砂は未結着の状態であるため、貫通孔34の内部に収容されても一定の通気性を保ち、鋳造時に鋳型から生じるガスを逃がすことができる。この結果、鋳物にガス欠陥が生じにくいものとなる。

30

【0075】

また、鋳物砂が収容されたことで、貫通孔34を介して溶湯が外部への漏れを抑えることができる。このように鋳型にベント部33を設けることで、鋳造時のガス抜きを促進させることができる構造となっている。

【0076】

ここで、必ずしも、貫通孔34の直径が5mm程に設定される必要はなく、鋳型材料の種類や鋳型の形状により適宜選択しうる。但し、貫通孔の直径をあまりに大きくすると溶湯漏れが生じることとなるため、未結着の鋳物砂が容易に抜け落ちてしまわない程度の大きさが選択されることが好ましい。

40

【0077】

図7では、中子を主型の一部と連結させ、一体化させた構造について説明する。

【0078】

図7(a)は、中子35が主型を構成する上型36または下型37のいずれとも連結されていない構造を示している。ここで、図7(b)では、中子及び上型が連結して一体化した主型38と、主型38と対になる下型39を示している。

【0079】

図7(a)に示す鋳型では、中子35及び上型36の間に隙間が存在し、鋳ばりが隙間の部分に生じてしまう。一方、図7(b)に示す主型38では、中子と上型が一体化されたことで間に隙間が生じず、鋳ばりの発生を低減させることができる構造となっている。

50

【 0 0 8 0 】

また、図 7 (c) には、中子及び下型が連結して一体化した主型 4 0 と、主型 4 0 と対になる上型 4 1 を示している。主型 4 0 も主型 3 8 と同様に、中子と下型の間に隙間が生じず、鑄ばりの発生を低減させることができる構造となっている。

【 0 0 8 1 】

以下、積層造形鑄型 1 の製造から玉形弁用弁箱 4 の製造までの流れを説明する。

【 0 0 8 2 】

(3 D C A D データの準備)

まず、製造する玉形弁用弁箱 4 の形状の 3 D C A D データを作製した。3 D C A D データの作製では、鑄物の鑄造方案に基づき、鑄込みの系統等を反映させた積層造形鑄型 1 の 3 D C A D データを作製した。

10

【 0 0 8 3 】

また、使用する積層造形装置 (三次元造形機) の造形エリア寸法に合わせて、積層造形鑄型 1 の 3 D C A D データを分割し、部分主型 5 及び各中子構成部材の形状に対応するデータを作製した。ここでは、組継ぎやほぞ継ぎの形状も反映される。

【 0 0 8 4 】

(鑄型材料の準備)

前述した鑄型材料を調整した。骨材となる第 1 のアルミナサンド及び第 2 のアルミナサンドと、アルミナセメント及び炭酸リチウムを混合させ、鑄型材料とした。

【 0 0 8 5 】

(積層造形処理)

各部材の形状に対応する 3 D C A D データを積層造形装置で使用可能なデータ形式に変換し、積層造形装置用ソフトに入力した。また、造形に必要な各種材料やプリントヘッドを装置に補充し、取り付けを行った。

20

【 0 0 8 6 】

積層造形装置は、次の性能の装置を使用した。造形枠寸法 : 5 0 8 m m × 3 8 1 m m × 2 2 9 m m 、高さ方向造形速度 : 5 ~ 1 5 m m / h r 、最小積層ピッチ : 0 . 1 m m 。各種造形材料から所望の形状を有する砂型が積層造形され、造形終了後に、余分な鑄型材料を除去し、造形物を装置から取り出した。

【 0 0 8 7 】

(注湯準備)

分割して造形した各砂型を連結して組み合わせて、主型 2 及び中子 3 を形成した。組継ぎやほぞ継ぎの部分を組み合わせ、ボルトやクランプ等で固定した。主型 2 の内部に中子 3 をセットして積層造形鑄型 1 とした。積層造形鑄型 1 に塗布剤を塗布し、2 0 0 の温度で乾燥させた。

30

【 0 0 8 8 】

(注湯)

上記の工程で製造した積層造形鑄型 1 に溶湯を注湯し、鑄込みを行った。自然冷却または一部強制冷却により凝固させ、鑄型をばらし、ばり取り、仕上げを経て、図 2 の左側に示す玉形弁用弁箱 4 を製造した。

40

【 0 0 8 9 】

以上までで説明した本発明を適用した鑄型の一例である積層造形用鑄型は、主型や中子を更に分割した部材を積層造形処理で製造することから、大型の鑄型を製造可能なものとなっている。また、鑄型を直接製造することが可能であり、鑄物製造にかかる製造期間を大幅に短縮することができる。

【 0 0 9 0 】

また、積層造形用鑄型は、主型や中子を分割した各部材は十分な抗折強度を有するものとなっている。また、鑄型材料を低減しても形状を維持し得る支持構造や連結構造を有するものとなっている。

【 0 0 9 1 】

50

更に、冷却時の凝固欠陥やガス欠陥等の鋳物の品質に影響する欠陥が生じにくく、高精度な鋳物となっている。また、鋳肌面の平滑性にも優れた鋳物となっている。

【0092】

以上説明したように、本発明を適用した鋳型は粉末固着積層法で形成され、大型の鋳物に適用可能かつ、高精度な鋳物を鋳造可能なものとなっている。

【実施例】

【0093】

以下、本発明の鋳型材料に関する実施例を説明する。

【0094】

(1) 試験片の化学成分

まず、前述した鋳型材料のうち、骨材となる第1のアルミナサンド及び第2のアルミナサンドについて、骨材の全量基準で第1のアルミナサンドと第2のアルミナサンドが表1に示す配合割合となるように鋳型材料成分を調整して、実施例1～6及び比較例1とした。また、実施例1～6及び比較例1の鋳型材料には、鋳型材料の全量基準で33%のアルミナセメントと、1%の炭酸リチウムが配合されている。実施例1～6及び比較例1は、積層造形装置を用いて10mm(W)×20mm(t)×75mmのサイズの板状試験片とした。なお、以下の表1の第1段目及び第2段目の数値は、鋳型材料粉末のうち骨材の全量を基準にした重量比率(%)を示したものである。また、表2には、アルミナセメントの化学成分を示している。

【0095】

【表1】

	比較例1	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6
鋳物砂の全量基準での第1のアルミナサンドの重量比率(粒径小)	0%	15%	25%	30%	33%	40%	57%
鋳物砂の全量基準での第2のアルミナサンドの重量比率(粒径大)	100%	85%	75%	70%	66%	60%	43%
第1のアルミナサンドの重量比率に対する第2のアルミナサンドの重量比率の比	—	5.7	3	2.3	2	1.5	0.75

【0096】

【表2】

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO
0.3%	72.5%	0.22%	0.01%	25.8%	0.11%

【0097】

(2) 抗折強度試験及び鋳型の平滑性

図8は、実施例1～6及び比較例1の板状試験片に対して行った抗折強度試験の結果を示す図である。図8では、縦軸は抗折強度(MPa)、横軸は骨材を全量基準とした第1のアルミナサンドの重量比率(%)を示している。

上記の組成で調整した各試験片について抗折強度を調べるために抗折強度試験を行った。鋳物砂強度試験機にて、試験片を支点間距離50mm(L)で支持し、試験片の中央に荷重を加え、試験片が破壊された際の破壊荷重(P)を求めた。本試験における抗折強度(MPa)は、試験片の破壊荷重を用いて、以下の式(1)で算出した。

$$\text{抗折強度 (MPa)} = 1.5 \times L P / 100 W t^2 \cdots \text{式(1)}$$

L: 支点間距離(50mm)、P: 破壊荷重(kgf)、W: 試験片の幅(10mm)、

10

20

30

40

50

t : 試験片の厚み (20 mm)

また、各試験片の表面の荒れの程度を目視で観察して、鑄型の表面の平滑性を確認した。

【 0098 】

実施例 1 ~ 6 はいずれも抗折強度が 1.4 MPa 以上の数値であった。特に、実施例 2 ~ 4 では抗折強度が 1.7 MPa 以上の数値であり、実施例 4 では 2.0 MPa の高い数値を示した。また、鑄型の表面の平滑性は、実施例 3 ~ 6 で良好であった。また、実施例 1 ~ 2 では、比較例 1 の表面の荒れた平滑性に比べてやや改善が見られた。

なお、参考として、実施例 4 の試験片における鑄型の表面状態を示す写真を図 9 (a) 及び、比較例 1 の試験片における鑄型の表面状態を示す写真を図 9 (b) に示す。

10

【 0099 】

鑄型材料における粘結剤の配合量と、鑄型の抗折強度及び鑄型の表面の平滑性の関係性について試験を行った。

(3) 試験片の化学成分

前述した鑄型材料のうち、粘結剤となるアルミナセメントが鑄型材料の全量基準で表 3 に示す配合割合となるように鑄型材料成分を調整して、実施例 7 ~ 11 とした。また、実施例 7 ~ 11 の鑄型材料には、骨材の全量基準で第 1 のアルミナサンド及び第 2 のアルミナサンドがそれぞれ 50 % となるように配合されている。また、鑄型材料の全量基準で 1 % の炭酸リチウムが配合されている。実施例 7 ~ 11 は、積層造形装置を用いて 10 mm (W) × 20 mm (t) × 70 mm のサイズの板状試験片とした。なお、以下の表 3 の数値は、鑄型材料粉末のうち骨材の全量を基準にした重量比率 (%) を示したものである。また、ここで使用したアルミナセメントは表 2 に示す化学成分を有するものである。

20

【 0100 】

【 表 3 】

	実施例 7	実施例 8	実施例 9	実施例 10	実施例 11
アルミナセメント	30%	33%	35%	37%	40%

【 0101 】

30

(4) 抗折強度試験及び鑄型の平滑性

抗折強度試験及び鑄型の平滑性の確認は、前述した (2) と同様の手法で試験を行った。なお、抗折強度試験は各実施例について 2 つの試験片を作製して試験を行った。

図 10 は、実施例 7 ~ 11 の板状試験片に対して行った抗折強度試験の結果を示す図である。図 10 では、縦軸は抗折強度 (MPa)、横軸は鑄型材料を全量基準としたアルミナセメントの重量比率 (%) を示している。

【 0102 】

実施例 7 ~ 11 はいずれも抗折強度が 1.0 MPa 以上の数値であった。また、鑄型の表面の平滑性は、実施例 7 及び実施例 8 で良好であった。

【 0103 】

40

続いて、鑄型材料における炭酸リチウムの配合量と、鑄型材料の硬化速度の関係性について試験を行った。

(5) 試料の化学成分

炭酸リチウムは粘結剤による硬化速度を促進させる補助剤である。ここでは試料として、炭酸リチウムが試料の全量基準で表 4 に示す配合割合となるように試料成分を調整して、実施例 12 ~ 16 とした。また、実施例 12 ~ 16 の試料には、第 2 のアルミナサンドが 292.5 g、アルミナセメントが 157.5 g、結合剤溶液が 67.5 g 配合されている。なお、以下の表 4 の数値は、試料の全量を基準にした重量比率 (%) を示したものである。

【 0104 】

50

【表 4】

	実施例 1 2	実施例 1 3	実施例 1 4	実施例 1 5	実施例 1 6
炭酸リチウム	1%	2%	3%	5%	10%

【 0 1 0 5 】

(6) 試料の凝固試験

図 1 1 は、実施例 1 2 ~ 1 6 の試料に対して行った凝固試験の結果を示す図である。図 1 1 では、縦軸は凝固試験機におけるスラリー底面と始発針の先端との距離 (m m)、横軸は測定開始からの経過時間 (m i n) を示している。 10

上記の組成で調整した各試料について鑄型材料の凝固時間を調べるために J I S R 5 2 0 1 - 1 9 7 7 「セメントの物理試験法」に記載の凝結試験に準じて試験を行った。第 2 のアルミナサンド及びアルミナセメントに炭酸リチウム (1 % ~ 1 0 %) を添加攪拌し、結合剤溶液を入れて 1 分間混練後、凝固試験機 (ピカー針装置) を用いて、試料スラリーと始発針の先端の距離を測定した。測定は、試料スラリー底面と始発針の先端の距離が 3 回 4 0 m m になる時間まで 1 分毎に測定を行った。なお、図 1 1 では、符号 4 5 は実施例 1 2、符号 4 6 は実施例 1 3、符号 4 7 は実施例 1 4、符号 4 8 は実施例 1 5、及び符号 4 9 は実施例 1 6 を示している。 20

【 0 1 0 6 】

実施例 1 2 ~ 1 6 では、炭酸リチウムの配合量の増加に伴い、鑄型材料の硬化速度の増加が確認された。また、炭酸リチウムの配合量の増加に伴い、硬化が始まるまでの始発時間が短くなった。

【符号の説明】

【 0 1 0 7 】

- | | | |
|-----|--------------|----|
| 1 | 積層造形鑄型 | |
| 2 | 主型 | |
| 3 | 中子 | |
| 4 | 玉形弁用弁箱 | |
| 5 | 部分主型 | 30 |
| 6 | 湯道側の領域部分 | |
| 7 | 製品側の上部領域部分 | |
| 8 | 製品側の下部領域部分 | |
| 9 | 主型の高さ方向の分割位置 | |
| 1 0 | 主型の高さ方向の分割位置 | |
| 1 1 | 組継ぎ | |
| 1 2 | 上部中子 | |
| 1 3 | 中間中子 | |
| 1 4 | 下部中子 | |
| 1 5 | 製品部分 | 40 |
| 1 6 | 上がり | |
| 1 7 | 上がり部 | |
| 1 8 | 上がり部 | |
| 1 9 | 湯口部 | |
| 2 0 | 中間主型 | |
| 2 1 | 中間主型 | |
| 2 2 | 下部主型 | |
| 2 3 | 下部主型 | |
| 2 4 | 鑄型 | |
| 2 5 | キャビティ部 | 50 |

2 6	支持構造	
2 7	柱部	
2 8	棧部材	
2 9	球状部	
3 0	鋳型	
3 1	鋳型	
3 2	キャビティ部	
3 3	ベント部	
3 4	貫通孔	
3 5	中子	10
3 6	上型	
3 7	下型	
3 8	主型	
3 9	下型	
4 0	主型	
4 1	上型	
4 2	凸部	
4 3	凹部	
4 4	凸部	
4 5	実施例 1 2 に対応する凝固試験の結果	20
4 6	実施例 1 3 に対応する凝固試験の結果	
4 7	実施例 1 4 に対応する凝固試験の結果	
4 8	実施例 1 5 に対応する凝固試験の結果	
4 9	実施例 1 6 に対応する凝固試験の結果	
5 0	湯口	

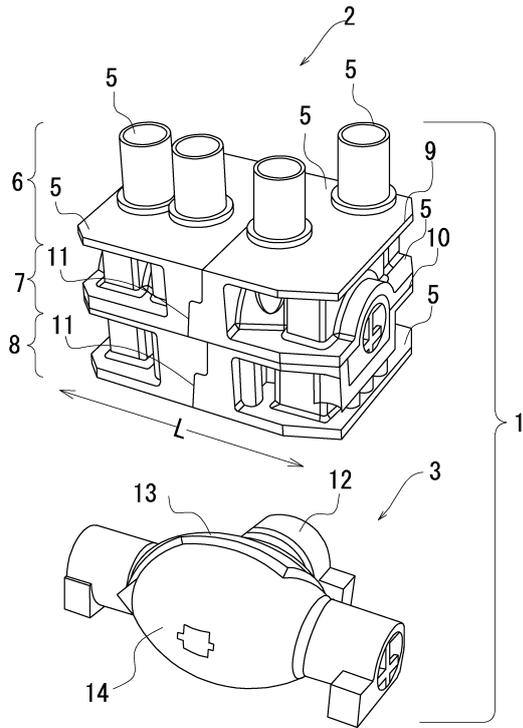
【要約】

【課題】粉末固着積層法で形成した鋳型を用いる鋳造において、品質に優れた鋳物を製造可能な積層造形用材料、粉末固着積層法による鋳型の製造方法及び鋳型を提供する。

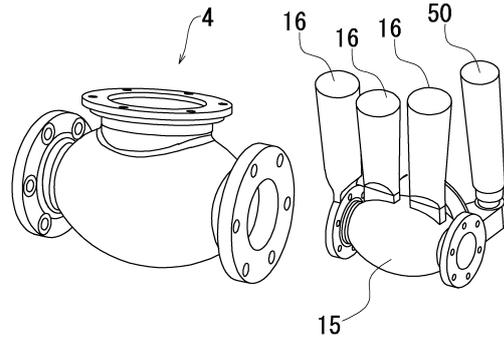
【解決手段】本発明を適用した積層造形用材料の一例である、鋳型材料は、骨材となる第 1 のアルミナサンド及び第 2 のアルミナサンドと、粘結剤となるアルミナセメントとを備えている。第 1 のアルミナサンド及び第 2 のアルミナサンドは、純度 99% 以上の酸化アルミニウム (Al_2O_3) からなる白色誘電アルミナであり、いずれも 1,500 以上の耐熱性を有している。また、第 1 のアルミナサンドは、中心粒径が 45 ~ 53 μm の粒子で構成されている。また、第 2 のアルミナサンドは、中心粒径が 75 ~ 106 μm の粒子で構成されている。

【選択図】図 1

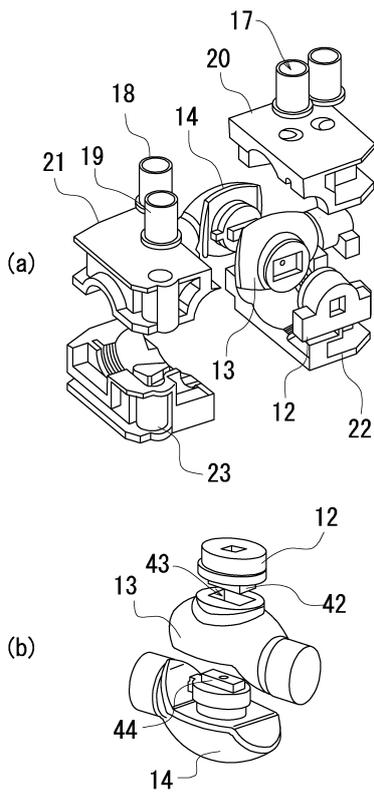
【図1】



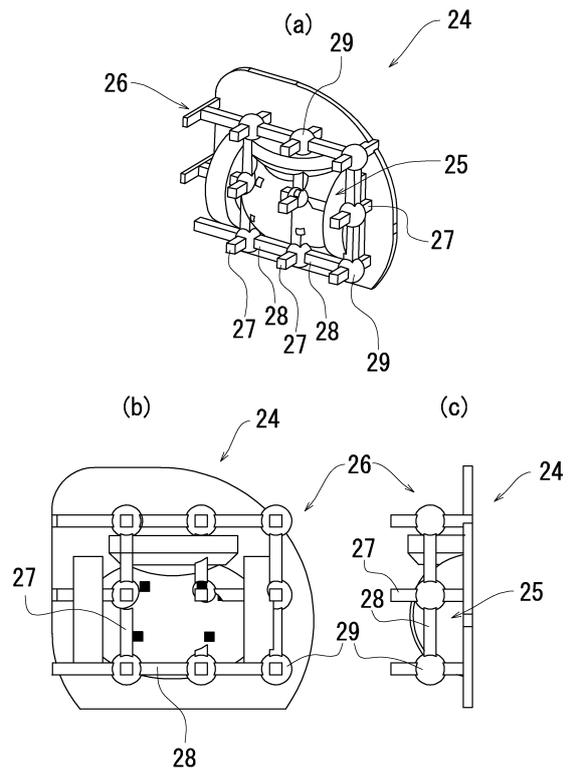
【図2】



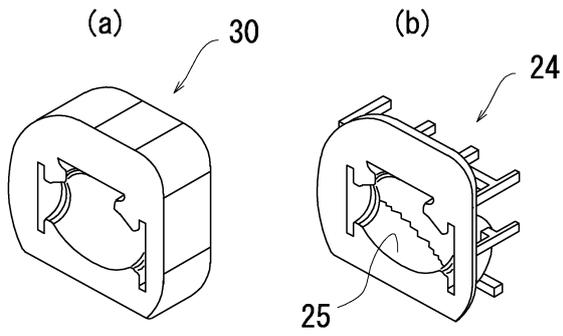
【図3】



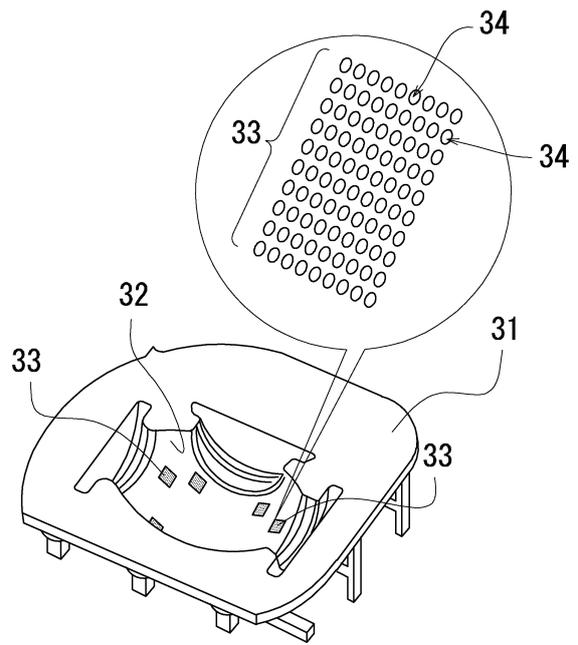
【図4】



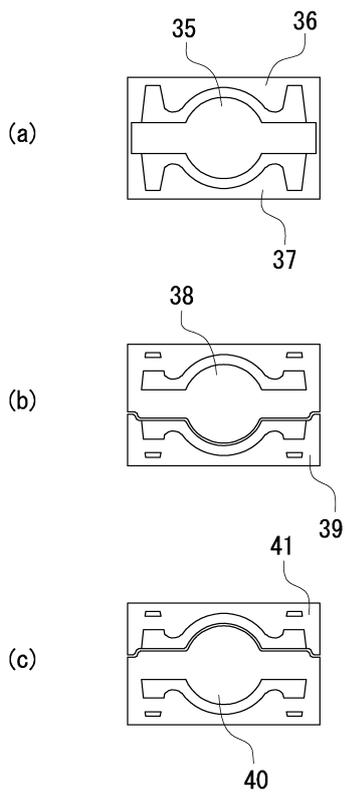
【 図 5 】



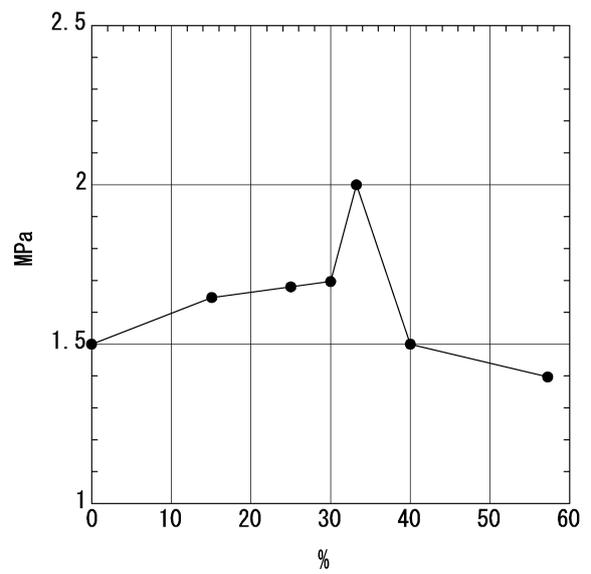
【 図 6 】



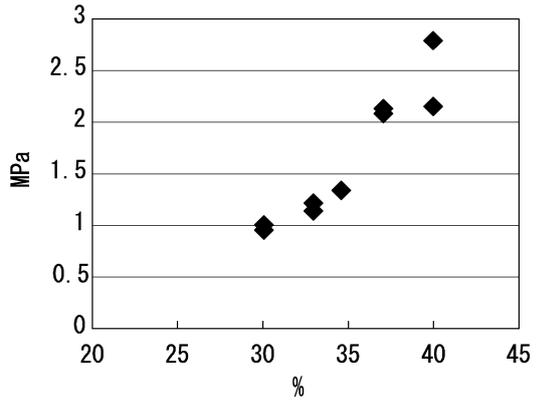
【 図 7 】



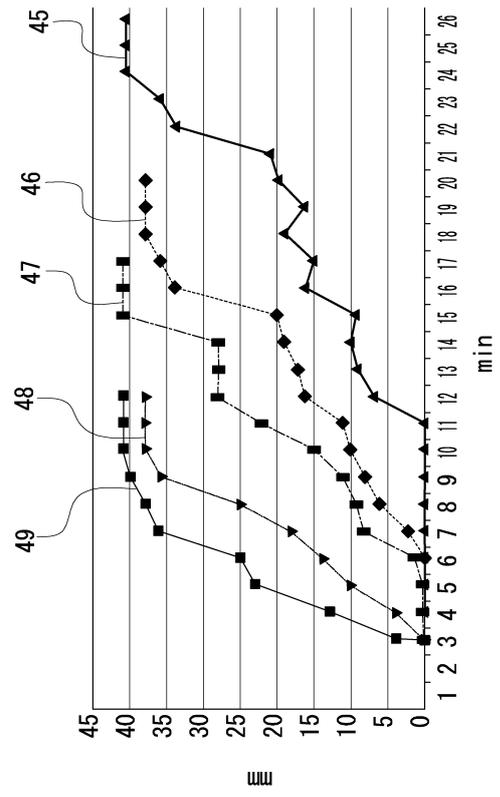
【 図 8 】



【 1 0】



【 1 1】



【 図 9 】

(a)



(b)



フロントページの続き

- (72)発明者 藤山 幸二郎
福岡県うきは市吉井町213番地の1 株式会社鷹取製作所内
- (72)発明者 平塚 貞人
岩手県盛岡市夕顔瀬町14番17-1013号

審査官 池ノ谷 秀行

- (56)参考文献 特開2011-051010(JP, A)
国際公開第2013/054833(WO, A1)
国際公開第2013/171921(WO, A1)
特開2005-329454(JP, A)
米国特許出願公開第2011/0177188(US, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------------|
| B22C | 1/00 - 1/26 |
| B22C | 9/00 - 9/30 |