

(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2017-127883

(P2017-127883A)

(43) 公開日 平成29年7月27日 (2017.7.27)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 2 2 C 9/02 (2006.01)	B 2 2 C 9/02 1 0 3 Z	4 E 0 9 2
B 2 2 C 1/00 (2006.01)	B 2 2 C 9/02 1 0 1 Z	
B 3 3 Y 70/00 (2015.01)	B 2 2 C 1/00 A	
B 3 3 Y 10/00 (2015.01)	B 3 3 Y 70/00	
	B 3 3 Y 10/00	
審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 25 頁)		

(21) 出願番号 特願2016-7883 (P2016-7883)
 (22) 出願日 平成28年1月19日 (2016.1.19)

(出願人による申告) 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

(71) 出願人 592134848
 株式会社鷹取製作所
 福岡県うきは市吉井町2 1 3 番地の1
 (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 100175271
 弁理士 筒井 宣圭
 (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

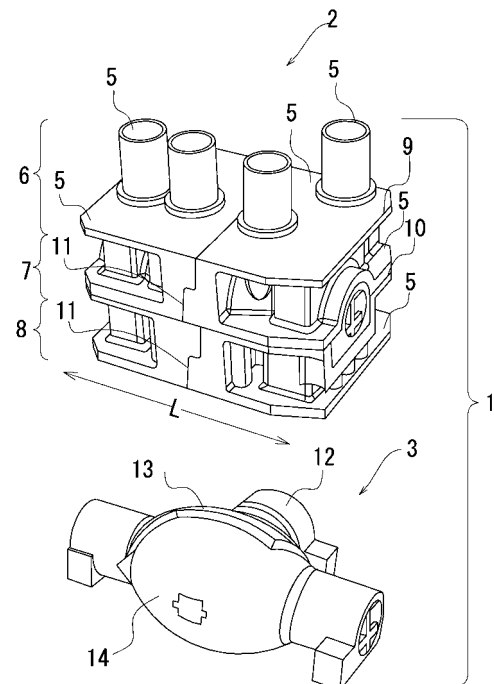
(54) 【発明の名称】 鋳型及び鋳型の製造方法

(57) 【要約】

【課題】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鋳型及び鋳型の製造方法を提供する。

【解決手段】本発明を適用した鋳型の一例である、積層造形鋳型1は、主型2と、中子3を備えている。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。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

隣接する部材と嵌合可能な第 1 の部分型と、

溶湯と接触しない領域に隣接する部材同士が所定の間隔を有して配置された柱状部材と、隣接する前記柱状部材同士を連結する棧部材と、前記柱状部材及び前記棧部材の交差箇所位置し、同交差箇所を覆う補強部とを有すると共に、隣接する部材と嵌合可能な第 2 の部分型とを備え、

前記第 1 の部分型及び前記第 2 の部分型は鋳物砂で構成されると共に、前記第 1 の部分型は前記第 2 の部分型と嵌合可能である

鋳型。

10

【請求項 2】

前記第 1 の部分型を構成する鋳物砂と前記第 2 の部分型を構成する鋳物砂は、鋳物砂の種類が異なる

請求項 1 に記載の鋳型。

【請求項 3】

前記第 1 の部分型を構成する鋳物砂と前記第 2 の部分型を構成する鋳物砂は、鋳物砂の粒径が異なる

請求項 1 または請求項 2 に記載の鋳型。

【請求項 4】

前記第 1 の部分型を構成する鋳物砂と前記第 2 の部分型を構成する鋳物砂は、鋳物砂に含有される粘結剤または添加剤の含有量が異なる

請求項 1、請求項 2 または請求項 3 に記載の鋳型。

20

【請求項 5】

前記第 2 の部分型の溶湯が流れ込むキャビティ部の少なくとも一部に同第 2 の部分型を貫通して形成され、その内部に同第 2 の部分型を形成する未結着の鋳物砂が収容されたベント部を備える

請求項 1、請求項 2、請求項 3 または請求項 4 に記載の鋳型。

【請求項 6】

前記第 1 の嵌合部及び前記第 2 の嵌合部は、隣接する部材同士の接合領域に形成された凹部と、該凹部と嵌合して隣接する部材同士を連結する連結部材とを有する

請求項 1、請求項 2、請求項 3、請求項 4 または請求項 5 に記載の鋳型。

30

【請求項 7】

前記第 1 の部分型または前記第 2 の部分型の少なくとも一部と連結された中子を備える

請求項 1、請求項 2、請求項 3、請求項 4、請求項 5 または請求項 6 に記載の鋳型。

【請求項 8】

前記第 1 の部分型及び前記第 2 の部分型は、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た

請求項 1、請求項 2、請求項 3、請求項 4、請求項 5、請求項 6 または請求項 7 に記載の鋳型。

40

【請求項 9】

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 8 に記載の鋳型。

【請求項 10】

隣接する部材と嵌合可能な第 1 の部分型と、溶湯と接触しない領域に隣接する部材同士が所定の間隔を有して配置された柱状部材と、隣接する前記柱状部材同士を連結する棧部材と、前記柱状部材及び前記棧部材の交差箇所に位置し、同交差箇所を覆う補強部とを有すると共に、隣接する部材と嵌合可能な第 2 の部分型とを粉末固着積層法による積層造形により形成する工程と、

50

隣接する部材同士を嵌合させて、少なくとも前記第 1 の部分型と前記第 2 の部分型を組み合わせて鑄型を形成する工程とを備える

鑄型の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、鑄型及び鑄型の製造方法に関する。詳しくは、粉末固着積層法で形成され、大型の鑄物に適用可能かつ、高精度な鑄物を鑄造可能な鑄型及び鑄型の製造方法に係るものである。

【背景技術】

10

【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】

20

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。

30

【0007】

しかし、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、鑄物の金属材料の融点温度に鑄型材料が対応できず欠陥が生じることがある。そこで、例えば、特許文献 1 では、融点が 1, 0 0 0 を超える高融点金属でも注湯可能な造形用材料が提案されている。

【0008】

このように粉末固着積層法による鑄型の製造では、鑄型材料の改良により、注湯可能な金属の種類の多様化や、鑄物の品質を向上させようとする試みがなされている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献 1】特開 2 0 1 0 - 1 1 0 8 0 2 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、粉末固着積層法での鑄型の製造では、製造可能な造形物の大きさについても問題を有しており、鑄型の大きさは、使用する三次元造形機の最大造形サイズに依存

50

するものとなっている。即ち、汎用性の高い機種では一般的に長さ20cm程度の造形物が一度の積層造形において製造可能なサイズの限界となっている。

【0011】

そのため、長さ1m超の大型の鋳型については、一回の積層造形で製造することができなかった。また、約1m四方の造形物を高精度に製造可能な機種は装置が非常に高額であり、製造現場で容易に導入できるものとはなっていない。

【0012】

また、大型の鋳型を形成した際の形状安定性や鋳型の強度が不十分になるリスクが存在する。また、大型の鋳型で製造する鋳物の鋳肌面の平滑性等、鋳物の品質においても精度を担保する必要がある。

【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鋳型及び鋳型の製造方法を提供することを目的とする。

【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、本発明の鋳型は、隣接する部材と嵌合可能な第1の部分型と、溶湯と接触しない領域に隣接する部材同士が所定の間隔を有して配置された柱状部材と、隣接する前記柱状部材同士を連結する棧部材と、前記柱状部材及び前記棧部材の交差箇所に位置し、同交差箇所を覆う補強部とを有すると共に、隣接する部材と嵌合可能な第2の部分型とを備え、前記第1の部分型及び前記第2の部分型は鋳物砂で構成されると共に、前記第1の部分型は前記第2の部分型と嵌合可能であるものとなっている。

【0015】

ここで、隣接する部材と嵌合可能な第1の部分型によって、第1の部分型を含めて鋳型を構成するものとなる。また、第1の部分型が隣接する部材と嵌合可能なため、隣接する第1の部分型や第2の部分型と組み合わせることができる。なお、ここでいう第1の部分型とは、後述する第2の部分型が有するような、柱状部材、棧部材及び補強部といった構造を持たない部分型を含むものである。

【0016】

また、第2の部分型が、溶湯と接触しない領域に隣接する部材同士が所定の間隔を有して配置された柱状部材と、隣接する柱状部材同士を連結する棧部材と、柱状部材及び棧部材の交差箇所に位置し、交差箇所を覆う補強部を有することによって、第2の部分型の形状の安定性を担保しながら、第2の部分型の形成に必要な鋳型材料を低減させることができる。また、溶湯と接触しない領域の側から風を当てる等して強制冷却させて凝固を促進でき、凝固欠陥を低減させることができる。なお、第2の部分型は、例えば、鋳型の全体の中でも、溶湯が流れ込むキャビティ部の背面にあたるガス抜きが必要な箇所や、キャビティ部の背面にあたる気体の対流や放射による冷却が必要な箇所に用いることが考えられる。このような箇所はガス抜きや冷却を効率良く行う必要があり、鋳型の中でもなるべく薄く形成したい箇所であり、かつ、薄くすることで鋳型の形状を維持する強度が不十分となりやすい場所である。

【0017】

また、隣接する部材と嵌合可能な第2の部分型によって、第2の部分型を含めて鋳型を構成するものとなる。また、第2の部分型が隣接する部材と嵌合可能なため、隣接する第1の部分型や第2の部分型と組み合わせることができる。

【0018】

また、第1の部分型が第2の部分型と嵌合可能であることによって、第1の部分型と第2の部分型を組み合わせることで鋳型を形成できるものとなる。なお、ここで本発明の鋳型は、第1の部分型と第2の部分型の2つを組み合わせるだけでなく、第1の部分型と第2の部分型を含めて3つ以上の部分型を組み合わせることで形成する鋳型であってもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 9 】

また、第 1 の部分型を構成する鋳物砂と第 2 の部分型を構成する鋳物砂は、鋳物砂の種類が異なる場合には、鋳型を構成する部分型ごとに鋳物砂の種類を異ならせることが可能となる。即ち、例えば、ある部分型においては天然鋳物砂を主体とし、別の部分型においては人工鋳物砂を主体として各部分型を形成することができる。また、鋳型の形状の部位によって、熱伝導率に優れた鋳物砂を使用することや、抗折強度が異なる鋳物砂を使用することができる。なお、第 1 の部分型同士や、第 2 の部分型同士で鋳物砂の種類を異ならせることもできる。

【 0 0 2 0 】

また、第 1 の部分型を構成する鋳物砂と第 2 の部分型を構成する鋳物砂は、鋳物砂の粒径が異なる場合には、鋳型を構成する部分型ごとに鋳物砂の粒径を変えることができる。即ち、例えば、第 1 の部分型と第 2 の部分型は同一の種類の鋳物砂を主な成分とするが、第 1 の部分型を構成する鋳物砂の粒径が大きく、第 2 の部分型を構成する鋳物砂の粒径をより小さなものにすることができる。また、鋳物砂の種類を変えて、更に異なる粒径にすることもできる。なお、第 1 の部分型同士や、第 2 の部分型同士で鋳物砂の粒径を異ならせることもできる。

【 0 0 2 1 】

また、第 1 の部分型を構成する鋳物砂と第 2 の部分型を構成する鋳物砂は、鋳物砂に含有される粘結剤または添加剤の含有量が異なる場合には、鋳型を構成する部分型ごとに鋳物砂に含有される粘結剤または添加剤の含有量を変えることができる。即ち、例えば、第 1 の部分型と第 2 の部分型は同一の種類の鋳物砂を主な成分とするが、第 1 の部分型を構成する鋳物砂の添加剤の含有量と、第 2 の部分型を構成する鋳物砂の添加剤の含有量を変えて採用することができる。なお、第 1 の部分型同士や、第 2 の部分型同士で鋳物砂に含有される粘結剤または添加剤の含有量を異ならせることもできる。

【 0 0 2 2 】

また、第 2 の部分型の溶湯が流れ込むキャビティ部の少なくとも一部に第 2 の部分型を貫通して形成され、その内部に第 2 の部分型を形成する未結着の鋳物砂が収容されたベント部を備える場合には、鋳造時に鋳型から発生したガスのガス抜きが良好となり、鋳物へのガス欠陥が生じにくいものとすることができる。即ち、貫孔した領域からガスを逃がしつつ、鋳物砂で溶湯漏れを抑えることが可能となる。ここでいう未決着の鋳物砂とは、粉末固着積層法の積層時において、粘結剤による硬化を開始させる結合剤をかけない鋳物砂を意味し、未硬化の状態で貫通した領域に配置されるものとなる。

【 0 0 2 3 】

また、第 1 の嵌合部及び第 2 の嵌合部は、隣接する部材同士の接合領域に形成された凹部と、該凹部と嵌合して隣接する部材同士を連結する連結部材とを有する場合には、部分型同士を組み合わせた構造物をより一層安定化させることが可能となる。例えば、隣接する部分型の接合する面に凹部を設け、その凹部に嵌る別部材の窪み実を連結部材として嵌合させることができる。

【 0 0 2 4 】

また、第 1 の部分型または第 2 の部分型は、鋳物が形成される領域を含む鋳物用部分型と、湯口及び湯道が形成された領域を含む湯道用部分型とを組み合わせた場合には、各々の用途に合わせた形状に加工しやすいものとなる。例えば、湯道用の部分型であれば、溶湯が流れる領域以外の部分は不要であるため、必要最低限の形状に加工し、鋳型材料を低減させた部分型への加工がしやすいものとなる。

【 0 0 2 5 】

また、第 1 の部分型または第 2 の部分型の少なくとも一部と連結された中子を備える場合には、鋳型に生じる鋳ばりを低減させることができる。即ち、従来は中子と、主型となる上型または下型との間に鋳ばりが形成されるが、部分型と中子が連結しているため、鋳ばりを減らすことができる。

【 0 0 2 6 】

また、第 1 の部分型及び第 2 の部分型は、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 の粒子で構成される骨材と、骨材同士を結着させ第 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た場合には、鑄型材料の混在状態での粒子間の隙間や表面の凹凸が減り、より一層、鑄型の表面の平滑性を高めることができる。また、積層時の鑄型材料の密度が高くなり、より一層、鑄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。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。

【 0 0 2 7 】

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、鑄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、鑄型の表面の平滑性を高めにくいものとなる。

10

【 0 0 2 8 】

また、第 1 の粒子の骨材の量基準での重量比率に対する第 2 の粒子の骨材の量基準での重量比率の比が 1 . 5 ~ 3 . 0 の範囲内である場合には、より一層、鑄型の抗折強度を向上させることができる。

20

【 0 0 2 9 】

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、鑄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含有量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、鑄型の抗折強度が不十分なものとなる。

【 0 0 3 0 】

また、上記の目的を達成するために、本発明の鑄型の製造方法は、隣接する部材と嵌合可能な第 1 の部分型と、溶湯と接触しない領域に隣接する部材同士が所定の間隔を有して配置された柱状部材と、隣接する前記柱状部材同士を連結する棧部材と、前記柱状部材及び前記棧部材の交差箇所に位置し、同交差箇所を覆う補強部とを有すると共に、隣接する部材と嵌合可能な第 2 の部分型とを粉末固着積層法による積層造形により形成する工程と、

30

隣接する部材同士を嵌合させて、少なくとも前記第 1 の部分型と前記第 2 の部分型を組み合わせる鑄型を形成する工程とを備える。

【 0 0 3 1 】

ここで、隣接する部材と嵌合可能な第 1 の部分型によって、第 1 の部分型を含めて鑄型を構成するものとなる。また、第 1 の部分型が隣接する部材と嵌合可能なため、隣接する第 1 の部分型や第 2 の部分型と組み合わせることができる。なお、ここでいう第 1 の部分型とは、後述する第 2 の部分型が有するような、柱状部材、棧部材及び補強部といった構造を持たない部分型を含むものである。

40

【 0 0 3 2 】

また、第 2 の部分型が、溶湯と接触しない領域に隣接する部材同士が所定の間隔を有して配置された柱状部材と、隣接する柱状部材同士を連結する棧部材と、柱状部材及び棧部材の交差箇所に位置し、交差箇所を覆う補強部を有することによって、第 2 の部分型の形状の安定性を担保しながら、第 2 の部分型の形成に必要な鑄型材料を低減させることができる。また、溶湯と接触しない領域の側から風を当てる等して強制冷却させて凝固を促進でき、凝固欠陥を低減させることができる。なお、第 2 の部分型は、例えば、鑄型の全体の中でも、溶湯が流れ込むキャビティ部の背面にあたるガス抜きが必要な箇所や、キャビティ部の背面にあたる気体の対流や放射による冷却が必要な箇所に用いることが考えられる。このような箇所はガス抜きや冷却を効率良く行う必要があり、鑄型の中でもなるべく

50

薄く形成したい箇所であり、かつ、薄くすることで鋳型の形状を維持する強度が不十分となりやすい場所である。

【0033】

また、隣接する部材と嵌合可能な第2の部分型によって、第2の部分型を含めて鋳型を構成するものとなる。また、第2の部分型が隣接する部材と嵌合可能なため、隣接する第1の部分型や第2の部分型と組み合わせることができる。

【0034】

また、隣接する部材同士を嵌合させて、少なくとも第1の部分型と第2の部分型を組み合わせる鋳型を形成する工程によって、第1の部分型と第2の部分型を組み合わせる鋳型を形成できるものとなる。なお、ここで本発明の鋳型の製造方法は、第1の部分型と第2の部分型の2つを組み合わせる1つの鋳型を形成するだけでなく、第1の部分型と第2の部分型を含めて3つ以上の部分型を組み合わせる鋳型であってもよい。

【0035】

本発明の内容としては、以下に記載するような課題を解決するための手段も検討される。

【0036】

上記の目的を達成するために、本発明の鋳型は、隣接する部材と嵌合可能な嵌合部を有し、粉末固着積層法による積層造形により形成された部分型を組み合わせる形成されている。

【0037】

ここで、鋳型が、粉末固着積層法による積層造形により形成された部分型を組み合わせる形成されたことによって、大型の鋳型とすることができる。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、従来の鋳造で使用する上型や下型、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。

【0038】

また、隣接する部材と嵌合可能な嵌合部を有する部分型によって、部分型同士の組み合わせ作業を容易にすることができる。また、部分型同士を組み合わせる構造体を安定化させることができる。

【0039】

また、部分型が、鋳物が形成される領域を含む鋳物用部分型と、湯口及び湯道が形成された領域を含む湯道用部分型とを組み合わせる形成された場合には、各々の用途に合わせた形状に加工しやすいものとなる。例えば、湯道用の部分型であれば、溶湯が流れる領域以外の部分は不要であるため、必要最低限の形状に加工し、鋳型材料を低減させた部分型への加工がしやすいものとなる。

【0040】

また、嵌合部が隣接する部分型同士の接合領域に形成された互いに嵌合可能な凹凸部である場合には、部分型同士を組み合わせる構造物をより一層安定化させることが可能となる。例えば、接合する面の凹凸を組み合わせる組継ぎや、部分型の一部に凹部と凸部を設けて組み合わせるほぞ継ぎ等の形状で嵌合させることができる。

【0041】

また、嵌合部が、隣接する部分型同士の接合領域に形成された凹部と、凹部と嵌合して隣接する部材同士を連結する連結部材とを有する場合には、部分型同士を組み合わせる構造物をより一層安定化させることが可能となる。例えば、隣接する部分型の接合する面に凹部を設け、その凹部に嵌る別部材の窪みを実を連結部材として嵌合させることができる。

【0042】

また、部分型の溶湯と接触しない領域に、隣接する部材同士が所定の間隔を有して配置された柱状部材と、隣接する柱状部材同士を連結する横部材とが形成された場合には、部分型の形状の安定性を担保しながら、部分型の形成に必要な鋳型材料を低減させることが

10

20

30

40

50

できる。また、部分型の溶湯と接触しない領域の側から風を当てる等して強制冷却させて凝固を促進でき、凝固欠陥を低減させることができる。

【 0 0 4 3 】

また、部分型の溶湯が流れ込むキャビティ部の少なくとも一部に部分型を貫通して形成され、その内部に部分型を形成する未結着の鋳物砂が収容されたベント部を備える場合には、鋳造時に鋳型から発生したガスのガス抜きが良好となり、鋳物へのガス欠陥が生じにくいものとすることができる。即ち、貫孔した領域からガスを逃がしつつ、鋳物砂で溶湯漏れを抑えることが可能となる。ここでいう未結着の鋳物砂とは、粉末固着積層法の積層時において、粘結剤による硬化を開始させる結合剤をかけない鋳物砂を意味し、未硬化の状態貫通した領域に配置されるものとなる。

10

【 0 0 4 4 】

また、部分型の少なくとも一部と連結された中子を備える場合には、鋳型に生じる鋳ばりを低減させることができる。即ち、従来は中子と、主型となる上型または下型との間に鋳ばりが形成されるが、部分型と中子が連結しているため、鋳ばりを減らすことができる。

【 0 0 4 5 】

また、部分型が、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の粒子で構成される骨材を含む積層造形用材料で形成された場合には、鋳型材料の混在状態での粒子間の隙間や表面の凹凸が減り、より一層、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。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。

20

【 0 0 4 6 】

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。

30

【 0 0 4 7 】

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。

【 0 0 4 8 】

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含有量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。

40

【 0 0 4 9 】

また、粘結剤が全量基準での重量比率が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。

【 発明の効果 】

【 0 0 5 0 】

本発明に係る鋳型は、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。

また、本発明に係る鋳型の製造方法は、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方法となっている。

50

【図面の簡単な説明】**【 0 0 5 1 】**

【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。

10

【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。

【図 7】上型及び下型と中子を一体化させていない鋳型を示す概略図 (a) 、上型と中子が一体化した鋳型を示す概略図 (b) 及び下型と中子が一体化した鋳型を示す概略図 (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 の試験片における鋳型の表面状態を示す写真 (a) 及び、比較例 1 の試験片における鋳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。

20

【図 11】凝固試験の結果を示す図である。

【図 12】実施例 17 ~ 21 (1 ~ 5) 及び比較例 2 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 13】実施例 19 の試験片における鋳型の表面状態を示す写真 (a) 及び、比較例 2 の試験片における鋳型の表面状態を示す写真 (b) である。

【発明を実施するための形態】**【 0 0 5 2 】**

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。

図 1 は、主型及び中子の構造を示す概略図である。図 2 は、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 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。

30

【 0 0 5 3 】

以下、本発明を適用した鋳型の一例である積層造形鋳型 1 について説明する。

【 0 0 5 4 】

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

【 0 0 5 5 】

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。

40

【 0 0 5 6 】

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。

【 0 0 5 7 】

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

50

の空洞を形成する。また、上部中子 1 2 と中間中子 1 3、及び中間中子 1 3 と下部中子 1 4 の間はほぼ継ぎで組み合わせられ、ボルトナットやクランプ等の部材で固定されている。ほぼ継ぎの詳細な構造は後述する。

【 0 0 5 8 】

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。

【 0 0 5 9 】

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 1 5 と、湯口 5 0 及び上がり 1 6 の形成位置を示している。

10

【 0 0 6 0 】

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。

【 0 0 6 1 】

また、必ずしも、主型 2 の長さが 8 0 0 m m 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部分主型を形成することで、例えば、長さ 1 0 0 0 m m 以上の主型を形成することも可能である。

【 0 0 6 2 】

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。

20

【 0 0 6 3 】

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なっており、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。

30

【 0 0 6 4 】

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ぼ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ぼ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。

【 0 0 6 5 】

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 1 2、中間中子 1 3 及び下部中子 1 4 の 3 つの部材で形成されている。

40

【 0 0 6 6 】

各々の部分主型 5、上部中子 1 2、中間中子 1 3 及び下部中子 1 4 は、長さ 2 0 m m 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。

【 0 0 6 7 】

個々の部分主型 5 を更に細かく見ると、符号 1 7 及び符号 1 8 が上がり部、符号 1 9 が湯口部、符号 2 0 及び符号 2 1 が中間主型、符号 2 2 及び符号 2 3 が下部主型となっている。また上がり部 1 7 及び上がり部 1 8 は、図 2 の右側の図で示した上がり 1 6 を形成する部分となる。

【 0 0 6 8 】

50

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 1 2 は下部に凸部 4 2 が、中間中子 1 3 の上部に凹部 4 3 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 1 4 の上部に凸部 4 4 がそれぞれ形成されている。

【 0 0 6 9 】

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。

【 0 0 7 0 】

このように 1 つの主型を細分化することで、高精度かつ大型の鋳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三次元データを入力して形成される。

【 0 0 7 1 】

本発明を適用した鋳型では、以下図 4 ~ 図 7 で説明するような構造を採用しうる。

【 0 0 7 2 】

図 4 には、鋳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鋳型を示している。

【 0 0 7 3 】

図 4 に示す鋳型 2 4 は、溶湯が流れ込むキャビティ部 2 5 の反対側の領域に、支持構造 2 6 を形成している。支持構造 2 6 は、一定間隔を有して略平行に配置された柱部 2 7 と、隣接する柱部 2 7 同士を連結した棧部材 2 8 で構成されている。

【 0 0 7 4 】

また、柱部 2 7 及び棧部材 2 8 が交わる部分は、各々の部材より体積の大きな球状部 2 9 が形成され、交点を補強する構造となっている。なお、鋳型 2 4 をキャビティ部 2 5 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。

【 0 0 7 5 】

図 5 (a) には、支持構造 2 6 を設けない鋳型 3 0 を、図 5 (b) には前述した支持構造 2 6 を有する鋳型 2 4 を示している。鋳型 2 4 は鋳型 3 0 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。

【 0 0 7 6 】

また、鋳型 2 4 は、支持構造 2 6 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 2 4 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 2 5 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。

【 0 0 7 7 】

本発明を適用した鋳型においては、鋳型 2 4 のような支持構造 2 6 を有する部分型 (第 2 の部分型) と、支持構造 2 6 を有しない部分型 (第 1 の部分型) を組み合わせて、1 つの鋳型を構築することが可能である。

【 0 0 7 8 】

また、複数の部分型で構築される大型の鋳型において、例えば、鋳型の全体の中でも、溶湯が流れ込むキャビティ部の背面にあたるガス抜きが必要な箇所や、キャビティ部の背面にあたる気体の対流や放射による冷却が必要な箇所に、上述した鋳型 2 4 のような支持構造 2 6 を有する部分型を配置することが考えられる。また、鋳型の中で、強度が求められる箇所には、支持構造 2 6 を有しない部分型を配置する。

【 0 0 7 9 】

このような構造の鋳型とすることで、ガス抜きや冷却を効率良く行う必要がある箇所は強度を保ちながら、その効率を高めることができる。また、強度が必要な箇所には支持構造のない部分型を配置することで、鋳型全体の強度を担保しやすいものとなる。即ち、支持構造を有する部分型と、支持構造のない部分型の両方を組み合わせて、両者を適切な位置に配置した鋳型を形成することができるものとなる。

【 0 0 8 0 】

10

20

30

40

50

図 6 には、鑄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。

【 0 0 8 1 】

図 6 に示す鑄型 3 1 はキャビティ部 3 2 に複数のベント部 3 3 を有している。ベント部 3 3 は、図 6 の拡大図部分に示すように、直径が 5 mm 程の貫通孔 3 4 が多数集合して形成されたものである。

【 0 0 8 2 】

貫通孔 3 4 は鑄型 3 1 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 3 4 の内部には、鑄型 3 1 の鑄型材料となる鑄物砂（図示せず）が収容されている。鑄物砂は、鑄型 3 1 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。

10

【 0 0 8 3 】

鑄物砂は未結着の状態であるため、貫通孔 3 4 の内部に収容されても一定の通気性を保ち、鑄造時に鑄型から生じるガスを逃がすことができる。この結果、鑄物にガス欠陥が生じにくいものとなる。

【 0 0 8 4 】

また、鑄物砂が収容されたことで、貫通孔 3 4 を介して溶湯が外部への漏れを抑えることができる。このように鑄型にベント部 3 3 を設けることで、鑄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。

【 0 0 8 5 】

ここで、必ずしも、貫通孔 3 4 の直径が 5 mm 程に設定される必要はなく、鑄型材料の種類や鑄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、未結着の鑄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。

20

【 0 0 8 6 】

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。

【 0 0 8 7 】

図 7 (a) は、中子 3 5 が主型を構成する上型 3 6 または下型 3 7 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 3 8 と、主型 3 8 と対になる下型 3 9 を示している。

【 0 0 8 8 】

30

図 7 (a) に示す鑄型では、中子 3 5 及び上型 3 6 の間に隙間が存在し、鑄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 3 8 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、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 9 】

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 9 0 】

続いて、積層造形鑄型 1 の製造に用いる鑄型材料の一例について説明する。なお、以下で説明する鑄型材料はあくまで一例であり、本発明を適用した鑄型の材料がこれに限定されるものではない。

40

【 0 0 9 1 】

積層造形鑄型 1 の鑄型材料は、骨材（鑄物砂）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。

【 0 0 9 2 】

第 1 のアルミナサンド及び第 2 のアルミナサンド 2 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。

50

【0093】

また、アルミナセメントは、アルミナセメントの全量基準での重量比率で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。

【0094】

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させて硬化させる。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。

10

【0095】

また、鋳型材料には、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。

【0096】

鋳型材料は、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。

【0097】

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、鋳型の抗折強度の向上と、鋳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。

20

【0098】

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、鋳型の抗折強度の向上と、鋳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。

【0099】

また、鋳型材料には、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、硬化速度も速くなるが、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鋳型の抗折強度が向上する。

30

【0100】

続いて、積層造形鋳型1の製造に用いる鋳型材料の更に別の例について説明する。なお、以下で説明する鋳型材料はあくまで一例であり、本発明を適用した鋳型の材料がこれに限定されるものではない。

【0101】

積層造形鋳型1の鋳型材料は、骨材（鋳物砂）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。

40

【0102】

第1のアルミナサンド及び第2のアルミナサンド2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20~25 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45~53 μm の粒子で構成されている。

【0103】

また、アルミナセメントは、アルミナセメントの全量基準での重量比率で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

50

、730 以上の耐熱性を有している。

【0104】

アルミナセメントは、積層造形時にインクジェットのパrint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させて硬化させる。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。

【0105】

また、鋳型材料には、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。

【0106】

鋳型材料は、全量基準での重量比率が、骨材が66%、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。また、骨材の量基準で、第1のアルミナサンド：35%、第2のアルミナサンド：65%を含む組成を有している。

【0107】

ここで、第2のアルミナサンドの骨材の量基準での重量比率に対する第1のアルミナサンドの骨材の量基準での重量比率の比が1.68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、鋳型の抗折強度の向上と、鋳型の表面の平滑性を高める点から、骨材の量基準での重量比率の比は、1.50~2.33の範囲となるのが好ましく、更に、1.68となることがより一層好ましい。

【0108】

また、骨材を構成する鋳物砂が第1のアルミナサンド及び第2のアルミナサンドのみで構成されているが、骨材の構成がこれに限定されるものではない。第1のアルミナサンド及び第2のアルミナサンドが骨材の主な成分となり、かつ、両アルミナサンドの中心粒径で挟まれた範囲の中心粒径を有する砂を第3の成分として配合することも可能である。例えば、第3の鋳物砂の成分を骨材の量基準で数%含有させてもよい。

【0109】

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、鋳型の抗折強度の向上と、鋳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。

【0110】

また、鋳型材料には、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、硬化速度も速くなるが、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鋳型の抗折強度が向上する。

【0111】

ここで、少なくとも、粒径が20~25 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2の粒子とを含んで構成された骨材によって、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。なお、ここでいう第1の粒子の「20~25 μm 」の粒径と、第2の粒子の「45~53 μm 」の粒径は、「JIS Z 2601-1993鋳物砂の試験法の中の鋳物砂の粒度試験方法（付属書2）（参考資料1）」に基づいてふるい分けした鋳物砂の粒度を根拠に規定したものである。また、粒度試験方法に用いたふるいは、「JIS Z 8801（試験用ふるい）（参考資料2）」で規定されているものを使用している。

【0112】

より詳細には、第2の粒子は、JIS Z 8801のふるいの網目のうち、53 μm と45 μm を重ねて使用し、53 μm のふるいを通して45 μm のふるいに残ったものである。また、第1の粒子は、JIS Z 8801のふるいの網目のうち、25 μm と20 μm を重ねて使用し、25 μm のふるいを通して20 μm のふるいに残ったものである。また、ふるい分け機械と

10

20

30

40

50

しては、JIS Z 2601-1993 鋳物砂の試験法の中の鋳物砂の粒度試験方法（付属書 2）に記載のロータップ形ふるい機を用い、同ふるい機にふるいを設置して試験を行っている。なお、鋳物砂の粒径を上記のように決定することは、鋳造分野において極一般的に行われているものである。この点は、鋳物砂の粒径の規定について、鋳造の分野の資料として一般的に利用されている一般財団法人素形材センター出版の「鋳造技術シリーズ平成 14 年 3 月発行 鋳型の生産技術（第 2 版）」の第 536 頁～第 538 頁の「1.1.2 粒度試験方法」（<http://www.sokeizai.or.jp/japanese/publish/shuppan.html>）（参考資料 3）及び中小企業事業団が作成した「鋳型及び鋳型材料に関する試験方法」の「鋳物砂の粒度試験方法（第 1 頁）」（https://unit.aist.go.jp/cpiad/ci/techno_kw/mono-kyohon_pdf/technote023.pdf）（参考資料 4）に、JIS Z 2601-1993（付属書 2）及び JIS Z 8801

10

を採用する点が記載されていることから明らかである。

なお、参考までに、上述した「JIS Z 2601-1993 鋳物砂の試験法の中の鋳物砂の粒度試験方法（付属書 2）の写し」を参考資料 1 として、JIS Z 8801 に規定された「JIS 標準ふるい表（抜粋）」を参考資料 2 として、「鋳造技術シリーズ 平成 14 年 3 月発行 鋳型の生産技術（第 2 版）の第 536 頁～第 538 頁」を参考資料 3 として、及び「鋳型及び鋳型材料に関する試験方法（第 1 頁）」を参考資料 4 として掲載する。なお、上述した、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 の粒子についても同様に粒径が規定されたものである。

20

【0113】

ここで、必ずしも、本発明を適用した鋳型の鋳物砂が上述のアルミナサンドに限定される必要はない。例えば、従来から一般的に使用されている珪砂、オリビン砂、クロマイトサンド、ジルコンサンド、セラミック系の人工砂等を使用することもできる。

【0114】

また、必ずしも、本発明を適用した鋳型を構成する部分型が同じ鋳物砂で形成される必要はなく、部分型ごとに鋳物砂の種類を異ならせることもできる。例えば、ある部分型は上述したアルミナサンドで形成し、それと組み合わせる別の部分型はオリビン砂で形成したものとすることができる。なお、この場合は、部分型を積層造形にて形成する際の鋳物砂材料を適宜変更することで作製が可能となる。

30

【0115】

また、本発明を適用した鋳型では、各部分型を構成する鋳物砂の粒径を異ならせることもできる。例えば、ある部分型は粒径が大きな鋳物砂を主な成分として構成され、別の部分型は粒径が小さな鋳物砂を主な成分として構成されるようにしてもよい。

【0116】

また、本発明を適用した鋳型では、各部分型を構成する鋳物砂に含有される粘結剤または添加剤の含有量を異ならせることもできる。例えば、2 つの部分型が同じ種類の鋳物砂を主な成分として構成されるが、一方には添加剤である炭酸リチウムを 1 % 配合し、他方には炭酸リチウムを 5 % 配合するといったように、添加剤の含有量を変えることもできる。同様に、部分型によって粘結剤の含有量を変えることも可能である。

40

【0117】

以下、積層造形鋳型 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。

【0118】

（3DCAD データの準備）

まず、製造する玉形弁用弁箱 4 の形状の 3DCAD データを作製した。3DCAD データの作製では、鋳物の鋳造方案に基づき、鋳込みの系統等を反映させた積層造形鋳型 1 の 3DCAD データを作製した。

【0119】

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、積層造形鋳型 1 の 3DCAD 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。

50

【 0 1 2 0 】

(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 1 2 1 】

(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。

【 0 1 2 2 】

積層造形装置は、次の性能の装置を使用した。造形枠寸法：508mm×381mm×229mm、高さ方向造形速度：5～15mm/hr、最小積層ピッチ：0.1mm。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 1 2 3 】

(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、200 の温度で乾燥させた。

【 0 1 2 4 】

(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。

【 0 1 2 5 】

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 1 2 6 】

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 1 2 7 】

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

【 0 1 2 8 】

以上説明したように、本発明を適用した鑄型は粉末固着積層法で形成され、大型の鑄物に適用可能かつ、高精度な鑄物を鑄造可能なものとなっている。

また、本発明を適用した鑄型の製造方法は粉末固着積層法で形成され、大型の鑄物に適用可能かつ、高精度な鑄物を鑄造可能な方法となっている。

【 実施例 】

【 0 1 2 9 】

以下、本発明の鑄型材料に関する実施例を説明する。

【 0 1 3 0 】

[第 1 の実施例]

(1) 試験片の化学成分

まず、前述した鑄型材料のうち、骨材となる第 1 のアルミナサンド（中心粒径が 45～53μm の範囲内）及び第 2 のアルミナサンド（中心粒径が 75～106μm）について

10

20

30

40

50

、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鑄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 の鑄型材料には、鑄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 10 mm (W) × 20 mm (t) × 75 mm 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、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、表 2 には、アルミナセメントの化学成分を示している。

【 0 1 3 1 】

【表 1】

10

	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
鑄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%
鑄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

【 0 1 3 2 】

【表 2】

20

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%

【 0 1 3 3 】

(2) 抗折強度試験及び鑄型の平滑性

30

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 (M P a) 、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。鑄物砂強度試験機にて、試験片を支点間距離 50 mm (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 (M P a) は、試験片の破壊荷重を用いて、以下の式 (1) で算出した。

抗折強度 (M P a) = $1.5 \times L P / 100 W t^2$ … 式 (1)

L : 支点間距離 (50 mm) 、 P : 破壊荷重 (k g f) 、 W : 試験片の幅 (10 mm) 、 t : 試験片の厚み (20 mm)

40

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。

【 0 1 3 4 】

実施例 1 ～ 6 はいずれも抗折強度が 1.4 M P a 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 M P a 以上の数値であり、実施例 4 では 2.0 M P a 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。

【 0 1 3 5 】

50

鋳型材料における粘結剤の配合量と、鋳型の抗折強度及び鋳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

前述した鋳型材料のうち、粘結剤となるアルミナセメントが鋳型材料の全量基準で表3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7～11とした。また、実施例7～11の鋳型材料には、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、鋳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10mm(W)×20mm(t)×70mmのサイズの板状試験片とした。なお、以下の表3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、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。

10

【0136】

【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%

【0137】

(4) 抗折強度試験及び鋳型の平滑性

抗折強度試験及び鋳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。

20

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)、横軸は鋳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。

【0138】

実施例7～11はいずれも抗折強度が1.0MPa以上の数値であった。また、鋳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。

【0139】

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

30

(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292.5g、アルミナセメントが157.5g、結合剤溶液が67.5g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。

【0140】

【表4】

40

	実施例12	実施例13	実施例14	実施例15	実施例16
炭酸リチウム	1%	2%	3%	5%	10%

【0141】

(6) 試料の凝固試験

図11は、実施例12～16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11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(mm)、横軸は測定開始からの経過時間(min)を示している。

50

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。

【 0 1 4 2 】

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。

【 0 1 4 3 】

[第 2 の実施例]

(7) 試験片の化学成分

まず、前述した鑄型材料のうち、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（中心粒径が 2 0 ~ 2 5 μ m の範囲内）と第 2 のアルミナサンド（中心粒径が 4 5 ~ 5 3 μ m の範囲内）が表 5 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 1 7 ~ 2 1 及び比較例 2 とした。また、実施例 1 7 ~ 2 1 及び比較例 2 の鑄型材料には、鑄型材料の全量基準で 3 3 % 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 7 ~ 2 1 及び比較例 2 は、積層造形装置を用いて 1 0 m m (W) $\times$ 2 0 m m (t) $\times$ 7 5 m m のサイズの板状試験片とした。なお、以下の表 5 の第 1 段目及び第 2 段目の数値は、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。

【 0 1 4 4 】

【表 5】

	比較例 2	実施例 1 7	実施例 1 8	実施例 1 9	実施例 2 0	実施例 2 1
鑄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%	20%	30%	35%	40%	50%
鑄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%	80%	70%	65%	60%	50%
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	—	4.00	2.33	1.86	1.50	1.00

【 0 1 4 5 】

(8) 抗折強度試験及び鑄型の平滑性

図 1 2 は、実施例 1 7 ~ 5 及び比較例 2 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 1 2 では、縦軸は抗折強度（M P a）、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。鑄物砂強度試験機にて、試験片を支点間距離 5 0 m m (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（M P a）は、試験片の破壊荷重を用いて、以下の式（1）で算出した。

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

L : 支点間距離（5 0 m m）、P : 破壊荷重（k g f）、W : 試験片の幅（1 0 m m）、t : 試験片の厚み（2 0 m m）

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。

【 0 1 4 6 】

実施例 1 7 ~ 2 1 はいずれも抗折強度が 1 . 6 M P a 以上の数値であった。特に、実施例 1 8 ~ 2 0 では抗折強度が 1 . 7 5 M P a 以上の数値であり、実施例 1 9 では 1 . 9 M P a の高い数値を示した。また、鑄型の表面の平滑性は、実施例 1 7 ~ 2 0 で良好であっ

た。また、実施例 17 及び 21 では、比較例 2 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 19 の試験片における鋳型の表面状態を示す写真を図 13 (a) 及び、比較例 2 の試験片における鋳型の表面状態を示す写真を図 13 (b) に示す。

【0147】

鋳型材料における粘結剤の配合量と鋳型の表面の平滑性の関係性について試験を行った。

(9) 試験片の化学成分

前述した鋳型材料のうち、粘結剤となるアルミナセメントが鋳型材料の全量基準で 33 % となるように鋳型材料成分を調整して、実施例 22 とした。また、実施例 22 の鋳型材料には、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、鋳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 22 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、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。

10

【0148】

(10) 鋳型の平滑性

鋳型の平滑性の確認は、前述した (8) と同様の手法で試験を行った。

【0149】

実施例 22 の鋳型の表面の平滑性は良好であった。

20

【符号の説明】

【0150】

- | | |
|----|--------------|
| 1 | 積層造形鋳型 |
| 2 | 主型 |
| 3 | 中子 |
| 4 | 玉形弁用弁箱 |
| 5 | 部分主型 |
| 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 |
| 10 | 主型の高さ方向の分割位置 |
| 11 | 組継ぎ |
| 12 | 上部中子 |
| 13 | 中間中子 |
| 14 | 下部中子 |
| 15 | 製品部分 |
| 16 | 上がり |
| 17 | 上がり部 |
| 18 | 上がり部 |
| 19 | 湯口部 |
| 20 | 中間主型 |
| 21 | 中間主型 |
| 22 | 下部主型 |
| 23 | 下部主型 |
| 24 | 鋳型 |
| 25 | キャビティ部 |
| 26 | 支持構造 |
| 27 | 柱部 |
| 28 | 棧部材 |
| 29 | 球状部 |

30

40

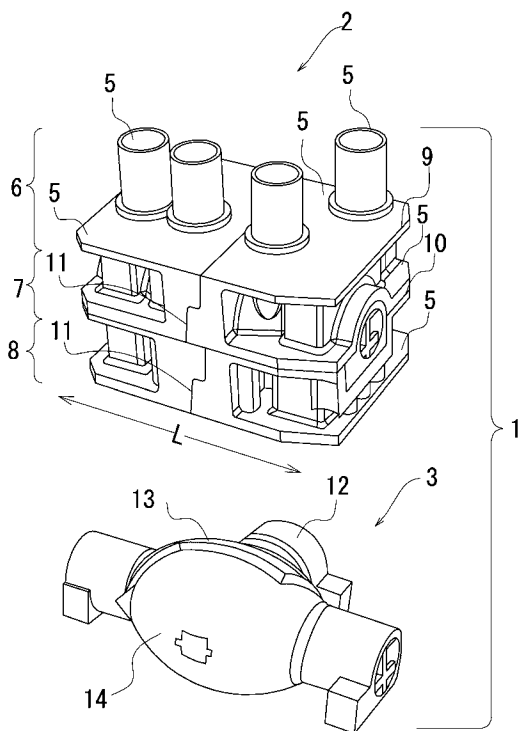
50

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
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
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

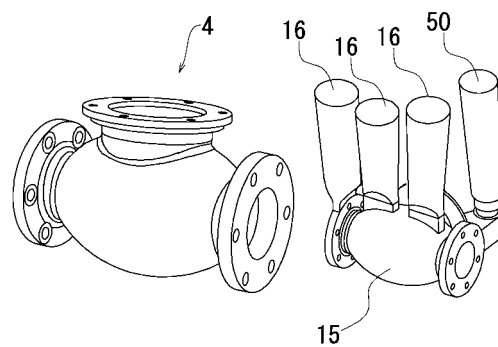
10

20

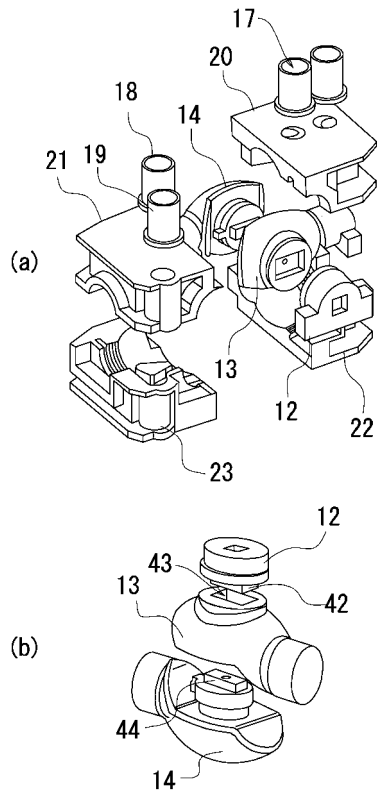
【 図 1 】



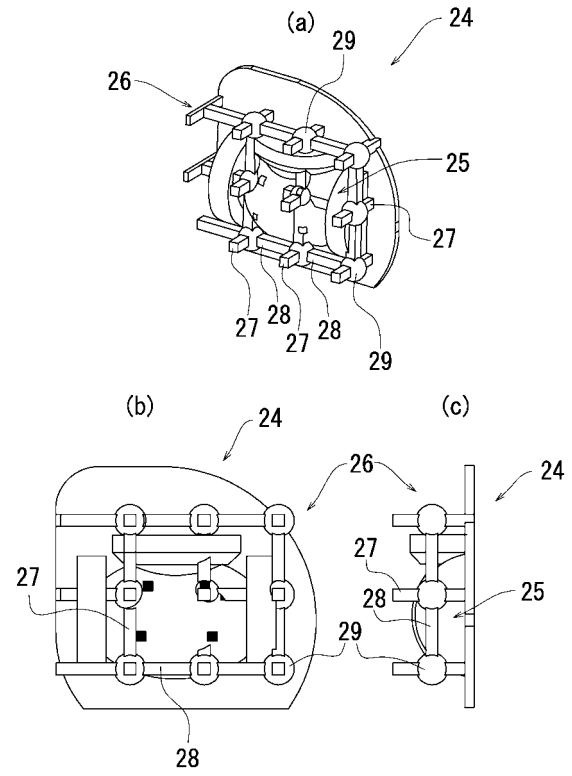
【 図 2 】



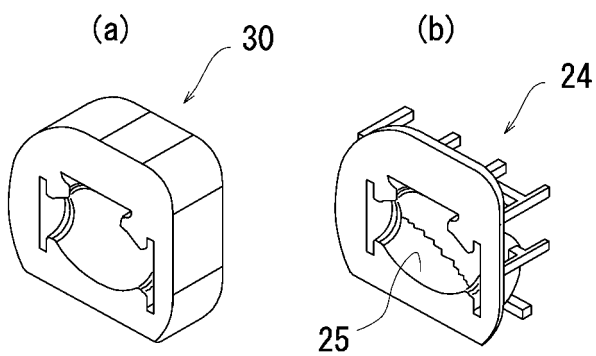
【 図 3 】



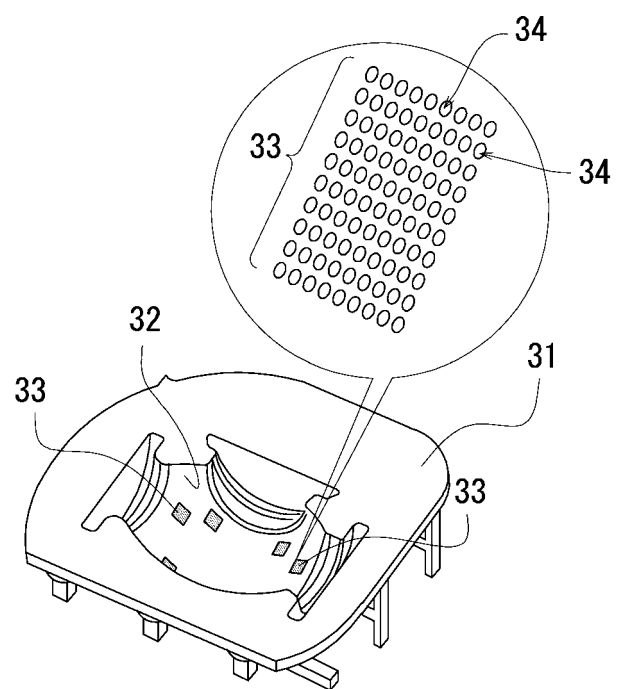
【 図 4 】



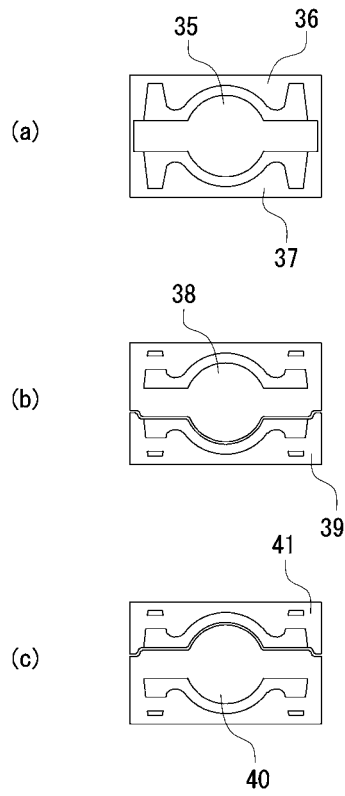
【 図 5 】



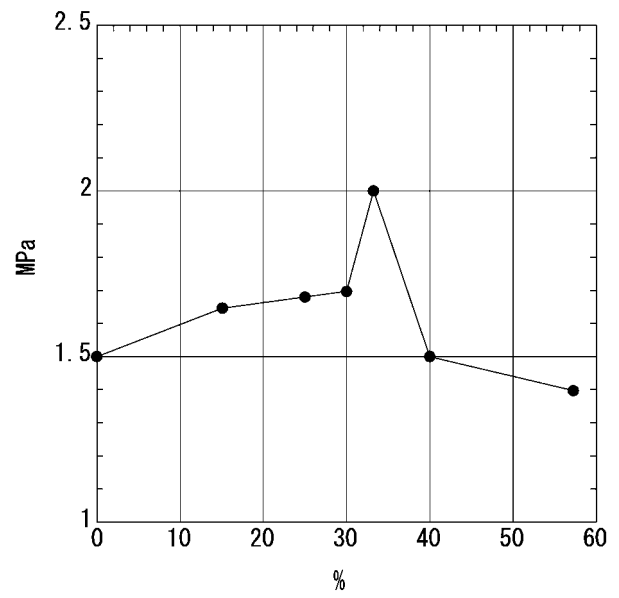
【 図 6 】



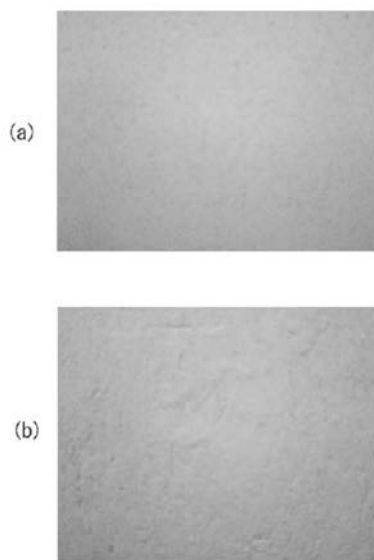
【 図 7 】



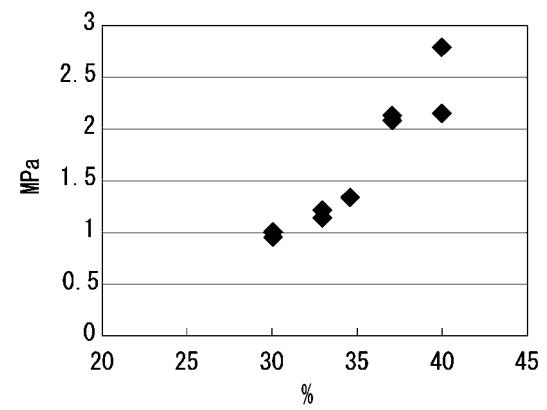
【 図 8 】



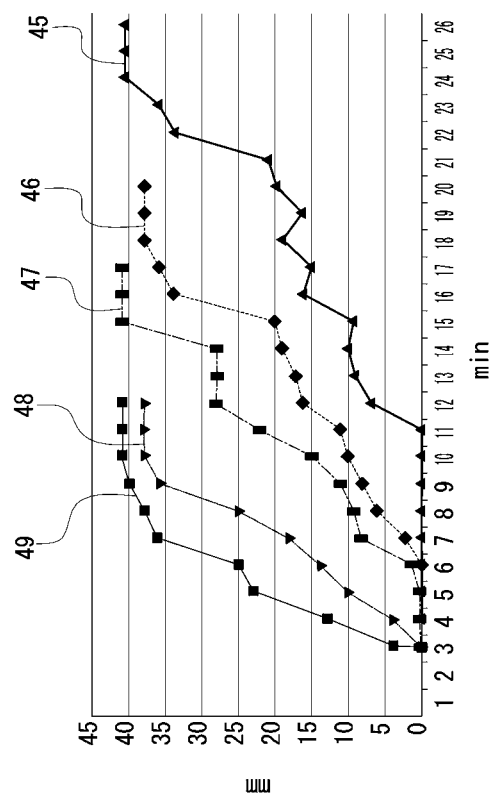
【 図 9 】



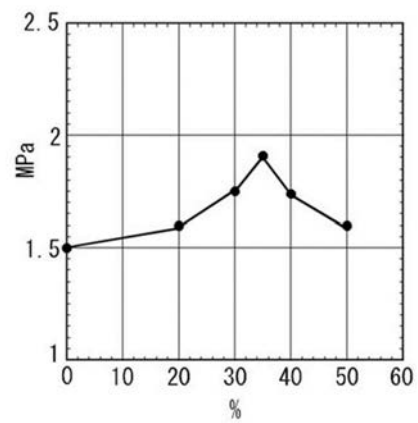
【 図 10 】



【図 1 1】



【図 1 2】

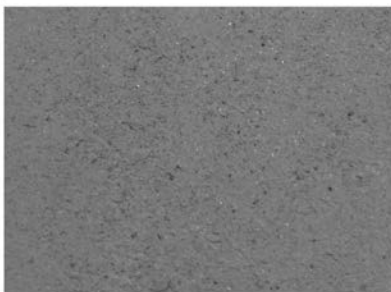


【図 1 3】

(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 2 1 3 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 1 4 番 1 7 - 1 0 1 3 号

Fターム(参考) 4E092 AA04