

(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2016-64963

(P2016-64963A)

(43) 公開日 平成28年4月28日 (2016.4.28)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C 0 4 B 35/622 (2006.01)	C 0 4 B 35/00 E	4 F 2 1 3
B 2 9 C 67/00 (2006.01)	B 2 9 C 67/00	4 G 0 3 0
C 0 4 B 35/64 (2006.01)	C 0 4 B 35/64 D	
B 2 8 B 1/32 (2006.01)	B 2 8 B 1/32 G	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2014-195988 (P2014-195988)	(71) 出願人	000010087
(22) 出願日	平成26年9月26日 (2014.9.26)		TOTO株式会社
			福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1号
		(72) 発明者	時園 岳朗
			福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1号 TOTO株式会社内
		(72) 発明者	安藤 正美
			福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1号 TOTO株式会社内
		(72) 発明者	井出 貴之
			福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1号 TOTO株式会社内
		Fターム (参考)	4F213 AC04 AD04 WA22 WA25 WB01
			WL02 WL12 WL22 WL62 WL93
			4G030 AA67 CA07 GA11 GA14 GA23

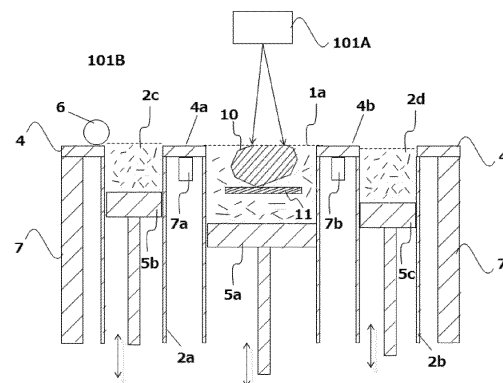
(54) 【発明の名称】 セラミックス成形体およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 大型かつ複雑形状であり、位置ずれのないニアネットなセラミックス成形体の製造方法の提供。

【解決手段】 粉末焼結積層造形法によるセラミックス成形体の製造方法であって、原料容器内にセラミックスと樹脂とを含む原料を準備する工程と、前記原料を、リコーターによって造形テーブル上に敷き詰め、原料からなる薄層を形成するリコート工程と、当該原料からなる薄層の所望の領域にレーザーを照射し、当該薄層を焼結させ、固定部を含む焼結薄層を造形する工程と、前記原料からなる薄層の所望の領域にレーザーを照射し、当該薄層を焼結させ、成形体を造形する工程と、前記セラミックス成形体を含む焼結薄層を造形する工程を複数回行い、セラミックス成形体を得る工程とを少なくとも含んでなる製造方法。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

粉末焼結積層造形法によるセラミックス成形体の製造方法であって、
原料容器内にセラミックスと樹脂とを含む原料を準備する工程と、
前記原料を、リコーターによって造形テーブル上に敷き詰め、原料からなる薄層を形成するリコート工程と、
当該原料からなる薄層の所望の領域にレーザーを照射し、当該薄層を焼結させ、成形部のずれを防止するための固定部を含む一層目の焼結薄層を造形する工程と、
前記原料からなる薄層を造形し、当該薄層の所望の領域にレーザーを照射し、当該薄層を焼結させ、前記成形部を含む焼結薄層を造形する工程と、
前記焼結薄層を造形する工程を複数回繰り返し、前記成形部を含む焼結薄層が複数積層されてなる成形体を得る工程とを少なくとも含んでなる製造方法。

10

【請求項 2】

前記製造方法において、前記成形部を含む焼結薄層は前記固定部を含み、前記固定部が複数造形されることを特徴とする、請求項 1 に記載の製造方法。

【請求項 3】

前記製造方法において、前記固定部と前記成形部とが接触しており、前記成形体を得る工程の後に前記固定部を除去する工程をさらに含んでなることを特徴とする、請求項 1 ~ 2 に記載の製造方法。

【請求項 4】

前記製造方法において、前記固定部と前記成形部とが接触していないことを特徴とする、請求項 1 ~ 2 に記載の製造方法。

20

【請求項 5】

前記製造方法において、前記固定部は、前記原料からなる薄層の焼結可能なすべての領域にレーザーを照射し、当該薄層を焼結させて造形されたものであることを特徴とする、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の製造方法。

【請求項 6】

前記製造方法において、前記固定部が複数造形され、複数の前記固定部がそれぞれ接触していないことを特徴とする、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の製造方法。

【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の製造方法によって得られたセラミックス成形体。

30

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は粉末焼結積層造形法によるセラミックス成形体の製造方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

セラミックスの成形は、プレス成形、押出成形、テープ成形、鋳込み成形など多種多様な方法がある。材料の種類や機能、製品の仕様に応じて最適な方法が選択されている。

【0003】

セラミックスの大型化や複雑形状化に対応するため、鋳込み成形や冷間静水圧加圧成形（CIP）が広く用いられている。また、近年、成形体や石膏型の加工コストの削減や、より簡便な成形を実現するために、粉末焼結積層造形法によるセラミックスのニアネット成形が注目されている。

40

【0004】

粉末焼結積層造形法によるセラミックスの成形として、例えば、Stevinson et al., SOLID FREEFORM FABRICATION PROCEEDINGS; (2006) p.359-365 (非特許文献 1) が知られている。この文献には、原料として炭化ケイ素粒子およびフェノール樹脂を用い、粉末焼結積層造形法にてセラミックス成形体を造形することが記載されている。

【先行技術文献】

50

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】Stevinson et al., SOLID FREEFORM FABRICATION PROCEEDINGS; (2006)
p.359-365

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

粉末焼結積層造形法では、原料を造形部へ供給するリコート工程を経て造形を行う。リコート工程とは、原料容器内の原料テーブル上に載る原料を、リコーターと呼ばれるローラーやスクレーパーによって造形用容器内の造形テーブル上へ搬送し、敷く工程を指す。この造形テーブル上に敷かれた原料からなる薄層に、所望の形状となるようにレーザーを照射することで成形部を造形する。これらを繰り返すことで、所望の形状の成形部が積層した成形体を造形する。

10

【0007】

本発明者らは、非特許文献1に基づき、粉末焼結積層造形法によりセラミックス成形体を造形すると、成形体を構成する成形部が造形中に位置ずれしてしまい、所望の成形体を得ることができないという問題を見出した。この原因としては以下のように考えている。粉末焼結積層造形法では、造形中において、造形用容器内が原料で充填されているため、成形部が動かないと考えられていた。しかし、原料としてセラミックスを用いる場合、セラミックスの球状粒子は非常に高価であり、通常は破碎や粉砕によって作製された球状でない不定形状セラミックス粒子を用いるため、原料の流動性が悪い。原料として不定形状セラミックス粒子を用い、一層目の成形部を造形した後の二層目のリコート工程において、リコーターが動く際に造形テーブルに搬送されたセラミックス粉末が一層目の成形部に引っ掛かり、一層目の成形部も引きずられる。これによって成形部はリコーターの動きに合わせて引きずられ、位置ずれが起きてしまうと考えている。

20

【0008】

本発明は、今般、粉末焼結積層造形法を用いたセラミックス成形体の製造方法において、成形部の造形前に、成形部と同じ原料を用いて固定部を設けることにより、成形部の位置ずれを防止できるとの知見を得た。したがって、本発明は、セラミックス成形体の造形時に成形部の位置がずれる現象を防止するとともに、ニアネット形状でセラミックス成形体

30

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明によるセラミックス成形体の製造方法は、
原料容器内にセラミックスと樹脂とを含む原料を準備する工程と、
前記原料を、リコーターによって造形テーブル上に敷き詰め、原料からなる薄層を形成するリコート工程と、
前記原料からなる薄層を形成し、当該薄層の所望の領域にレーザーを照射し、当該薄層を焼結させ、成形部のずれを防止するための固定部を含む一層目の焼結薄層を造形する工程と、
前記原料からなる薄層を造形し、当該薄層の所望の領域にレーザーを照射し、当該薄層を焼結させ、前記成形部を含む焼結薄層を造形する工程と、
前記焼結薄層を造形する工程を複数回繰り返し、前記成形部を含む焼結薄層が複数積層されるセラミックス成形体を得る工程とを少なくとも含んでなることを特徴とする。

40

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明によるセラミックス成形体の製造方法において用いることが可能な粉末焼結積層造形装置の正面断面図である。

【図2】本発明の実施形態に係るセラミックス成形体と固定部の断面図および平面図である。

50

【図 3】本発明の実施形態に係るセラミックス成形体と固定部の断面図および平面図である。

【図 4】本発明の実施形態に係るセラミックス成形体と固定部の断面図および平面図である。

【図 5】本発明の実施形態に係るセラミックス成形体と固定部の断面図および平面図である。

【図 6】本発明の実施形態に係るセラミックス成形体と固定部の断面図および平面図である。

【図 7】実施例で得られた造形体の写真である。

【図 8】実施例で得られたセラミックス成形体の写真である。

【図 9】比較例で得られたセラミックス成形体の写真である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

定義

本発明において、成形体とは、粉末焼結積層造形法にて造形され、複数の成形部から構成されるものである。造形終了後に得られる所望の形状のセラミックスからなる成形体であり、セラミックス成形体とも言う。

【0012】

本発明において粉末焼結積層造形法で造形される焼結薄層とは、3次元の形状データに基づいて、原料からなる薄層の所望の領域にレーザーを照射して、当該薄層を焼結させて造形されるものである。原料に含まれる樹脂が溶融することにより、セラミックス粒子同士が溶融樹脂を介して繋がって造形される層を指す。

【0013】

本発明において、成形部とは、成形体を造形する過程で造形されるものであり、造形終了後に得られる成形体を構成する部分である。成形部は、粉末焼結積層造形法によって造形されるものであり、原料からなる薄層を形成し、3次元の形状データに基づいて、当該薄層の所望の領域にレーザーを照射して、当該薄層を焼結させて造形されるものである。原料からなる薄層のうち、溶融樹脂を介してセラミックス粒子同士が繋がった部分が成形部となる。

【0014】

本発明において、固定部は、成形部を造形する際に、成形部の位置がずれることを防止するために造形されるものであって、少なくとも1層以上の焼結薄層からなる。

【0015】

本発明において、固定部と成形部とが接触しているとは、一つの焼結薄層に固定部と成形部とが造形される場合、レーザーの照射によって原料に含まれる樹脂が溶融し、固定部と成形部とが一続きの焼結薄層であることを意味する。固定部と成形部とが異なる焼結薄層に造形される場合、成形部を含む焼結薄層と固定部を含む焼結薄層とが積層されており、成形部と固定部とに含まれる樹脂が溶融して、成形部と固定部に含まれるセラミックス粒子が繋がった状態であることを意味する。

【0016】

本発明において、造形体とは、成形体と固定部とから構成されるものである。造形体から固定部を除去することにより、成形体を得ることができる。

【0017】

原料の用意

本発明による成形体の製造方法にあつては、先ず原料容器内にセラミックス粒子と樹脂とを含む原料を用意する。

【0018】

(セラミックス粒子)

本発明において用いられるセラミックス粒子は、平均粒子径が $1\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下のものであることが好ましい。セラミックス粒子の平均粒径が $1\mu\text{m}$ 以上であることに

10

20

30

40

50

より、原料に流動性が付与され、リコート可能となる。また、平均粒子径が $100\mu\text{m}$ 以下であることにより、レーザー照射により、セラミックス粒子と樹脂とを含む原料の溶融が可能となる。さらに、原料からなる薄層の厚みを $150\mu\text{m}$ 以下とすることが可能となる。その結果、レーザー照射により樹脂を十分に溶かすことができ、原料同士を強固に結合させることが可能となる。セラミックス粒子の平均粒子径は $10\mu\text{m}$ 以上 $80\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。ここで、平均粒子径とは、JIS R6002研削といし用研磨材の粒度の試験方法に規定される光透過沈降法または沈降試験方法により測定された累積高さ 50% 点の粒子径(d_{50} 値)を意味する。

【0019】

セラミックス粒子として、平均粒子径が異なる二種以上の粒子を混合して用いることもできる。混合される二種以上のセラミックス粒子の各平均粒子径はいずれも上記範囲内であることが好ましい。また、混合される二種以上のセラミックス粒子は、混合粒子のタップ密度が単一粒子のそれより高くなるような割合で混合されるのが好ましい。

10

【0020】

セラミックス粒子として、複数の粒子を造粒した造粒粒子を用いることもできる。ここで、本発明において「造粒」とは、複数の粒子を結合剤(バインダー)等を用いてより大きな粒状に加工することを意味する。造粒することで、原料の流動性および充填性を向上させることができる。造粒粒子の平均粒子径は、 $1\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $10\mu\text{m}$ 以上 $80\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。また、造粒はスプレードライ、流動層式、および転動式など公知の手法を用いて行うことができる。

20

【0021】

(樹脂)

本発明において用いられる樹脂は、加熱により溶融する性質を有するものであることが好ましい。樹脂が溶融することにより、セラミックス粒子同士が溶融樹脂を介して繋がることができ、その結果、成形体がハンドリング可能な強度を有することが可能となる。また、後述するように、本発明では成形体が粉末焼結積層造形法により造形され、この造形法では原料からなる薄層にレーザーを照射してこれを焼結させて成形体を得るため、樹脂は加熱により溶融する性質を有するものであれば、特に制限なく用いることができる。

【0022】

本発明において、加熱により溶融する性質を有する樹脂として、熱可塑性樹脂を用いることができる。熱可塑性樹脂の具体例としては、ナイロン、ポリプロピレン、ポリ乳酸、ポリエチレン(PE)、ポリエチレンテレフタレート(PET)、ポリスチレン(PS)、アクリルニトリル・ブタジエン・スチレンコポリマー(ABS)、エチレン・酢酸ビニルコポリマー(EVA)、スチレン・アクリロニトリルコポリマー(SAN)、アクリル樹脂、ポリビニルアルコール、ポリビニルブチラル、パラフィンおよびポリカプロラクトンからなる群から選ばれる少なくとも1つが挙げられる。これらの中でも、ナイロン11やナイロン12が好ましく、ナイロン12がより好ましい。これらは、吸水性が低く耐薬品性に優れること等から経時的な変化が少なく粉末焼結積層造形に適している。

30

【0023】

また、本発明において、加熱により溶融する性質を有する樹脂として、熱硬化性樹脂を用いることもできる。熱硬化性樹脂の具体例としては、ノボラック型フェノール樹脂などが挙げられる。

40

【0024】

本発明において用いられる樹脂の平均粒子径は、 $5\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。これにより、樹脂とセラミックス粒子との混合不良および原料の流動性低下を防ぐことができる。樹脂の平均粒子径は $5\mu\text{m}$ 以上 $30\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。

【0025】

(原料)

本発明による成形体の製造方法において用いられる原料は、セラミックス粒子と樹脂と

50

を少なくとも含み、これらを混合して原料（粉末）とする。混合方法としては乾式混合が好ましい。また、混合手段としては、公知の手段を用いることができる。具体的には、コンクリートミキサーのような内部に羽のある容器の中で攪拌させる混合装置、V型攪拌機などの容器攪拌型混合機、および攪拌ミキサーなどが挙げられる。

【0026】

本発明の好ましい態様によれば、セラミックス粒子と樹脂との混合比は、重量比で100：0.5以上100：100以下であることが好ましく、100：1以上100：100以下であることがより好ましく、100：3前後であることがさらに好ましい。これにより、ハンドリング可能な強度を有する成形体を得ることが可能となる。セラミックス粒子と樹脂との混合比率を100：3前後とすることにより、樹脂の量が過少となるのを抑制でき、セラミックス粒子同士を良好に繋げることができ、成形体の強度が高くなる。よって、成形体のハンドリングが良好となる。

10

【0027】

本発明の一つの態様によれば、原料を造粒粉末とすることもできる。セラミックス粒子と樹脂とを含む原料を造粒することにより、原料の流動性および充填性を向上させることができる。また、成形体にハンドリング可能な強度を与えることができる。造粒はスプレードライ、流動層式、および転動式など公知の手法を用いて行うことができる。造粒粉末を調製する際は、バインダーを用いることが好ましい。バインダーの具体例としては、ナイロン、ポリプロピレン、ポリ乳酸、ポリエチレン（PE）、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリスチレン（PS）、アクリルニトリル・ブタジエン・スチレンコポリマ（ABS）、エチレン・酢酸ビニルコポリマー（EVA）、スチレン・アクリロニトリルコポリマー（SAN）、アクリル樹脂、ポリビニルアルコール、ポリビニルブチラール、パラフィンおよびフェノール樹脂からなる群から選ばれる少なくとも1つが挙げられる。また、造粒粉末の平均粒子径は、1μm以上100μm以下であることが好ましく、10μm以上80μm以下であることがより好ましい。

20

【0028】

成形体の造形

本発明によるセラミックス成形体の製造方法にあつては、粉末焼結積層造形法を用いる。

【0029】

（粉末焼結積層造形法）

粉末焼結積層造形法は、積層造形法の一つであり、3次元の形状データが変換処理されたスライスデータに基づき、原料からなる薄層をレーザー熱源により逐次溶融、焼結し、そして複数の焼結薄層を積層することで成形体を造形する手法である。粉末焼結積層造形法を用いることにより、成形型が不要となり、また加工が少なく済むという利点が得られる。

30

【0030】

図1に、本発明による成形体の製造方法において用いられる粉末焼結積層造形装置の一例を示す。この装置は、レーザー光出射部101Aと、造形室101Bと、制御部（図示せず）とから構成されている。レーザー光出射部101Aには、レーザー光の光源とレーザー光の照射方向を制御するミラーとが設けられている。造形室101Bには、中央部に設置された造形用容器1と、その両側に設置された原料容器2a、2bと、造形用容器1および原料容器2a、2bの周囲に設けられ、それらの周囲に平坦な面を形成するフランジ4とが備えられている。さらに、フランジ4は下枠7、7a、7bで補強されている。原料容器2a、2bおよび造形用容器1にはヒーターが設けられている。

40

【0031】

造形用容器1内では、レーザー光の照射により造形が行われ、成形体が造形される。造形用容器1に囲まれた部分の表面領域を造形部1aと称する。原料容器2a、2bは、原料を収納する容器であり、原料容器2a、2bに囲まれた部分の表面領域を原料収納領域2c、2dと称する。フランジ4によって、造形用容器1と各原料容器2a、2bとを連結する連結部4a、4bが形成されている。これら連結部4a、4bは、造形部1aと同

50

じレベルの平面を形成し、造形部 1 a と各原料収納領域 2 c、2 d との間で原料が移動する際に原料が載る。

【0032】

また、造形用容器 1 内には、造形用容器 1 内壁に沿って降下する造形テーブル 5 a が設置され、原料容器 2 a、2 b 内には、原料容器 2 a、2 b 内壁に沿って上昇する原料供給テーブル 5 b、5 c が設置されている。

【0033】

制御部は、造形テーブル 5 a を薄層一層分降下させ、原料供給テーブル 5 b または 5 c を上昇させて、リコーター（原料運搬手段）6 によって原料供給テーブル 5 b または 5 c 上の原料を運び出し、フランジ 4 a または 4 b の上面を移動させて造形テーブル 5 a 上に原料を運び入れ、そして造形テーブル 5 a 上で原料からなる薄層を造形させる。制御部は、次いで、レーザー光及び制御ミラーにより、所望の固定部 1 1 および成形体のスライスデータ（描画パターン）に基づき原料からなる薄層を選択的に加熱して焼結させ、一層分の焼結薄層を造形する。制御部は、さらに、これら一連の操作を繰り返させて複数の焼結薄層を逐次積層させ、セラミックス成形体 1 0 を造形させる。

10

【0034】

つまり、粉末焼結積層造形装置にあっては、造形用容器 1 内で、原料からなる薄層を造形し、この薄層をスライスデータに基づいて選択的に加熱し焼結して、焼結薄層を造形し、この操作を繰り返して焼結薄層を積層し、セラミックス成形体 1 0 を得る。

【0035】

20

（セラミックス成形体造形の事前準備）

セラミックス成形体の造形に先立って、得られた原料は、粉末焼結積層造形装置の原料容器 2 a、2 b 内に充填される。その後、原料を充填した原料容器 2 a、2 b は、装置本体にセットされる。

【0036】

（焼結環境）

本発明の好ましい態様によれば、造形室内が不活性雰囲気下に置かれることが好ましい。不活性雰囲気下とするのに、ヘリウム、アルゴン、および窒素などの不活性ガスを用いることができる。これにより、焼結に付される原料および焼結された原料の酸化を防止することができる。

30

【0037】

（予備加熱）

本発明の好ましい態様によれば、原料を焼結して成形体を造形する前に、原料粉末容器（原料）、造形部および造形部に敷かれた原料からなる薄層を予備加熱しておくことが好ましい。これにより、造形時原料にレーザー照射する際、原料が溶融および焼結し易くなる。また、成形体を効率良く造形することができる。予備加熱の温度は原料の種類によって適宜決定することができるが、原料に含まれる樹脂の融点または軟化点付近の温度で予備加熱するのが好ましい。具体的には、原料に含まれる樹脂の融点または軟化点よりも 5 ~ 100 低い温度、より好ましくは 5 ~ 50 低い温度、さらにより好ましくは 5 ~ 30 低い温度で行う。原料の樹脂としてナイロン 12 を用いる場合は、130 以上 180 以下の温度で予備加熱するのが好ましい。

40

【0038】

（リコート工程）

成形体の造形にあっては、原料容器内の原料は、リコーターによって造形テーブル上に搬送され敷き詰められ、原料からなる薄層を形成する。これをリコート工程と呼ぶ。原料容器と造形部との表面が原料で面一になるように敷かれる。

【0039】

成形体の造形前は、リコート工程により造形部に原料が敷かれる。予備加熱により、造形部に敷き詰められた原料が所望の温度に制御された後、成形体の造形を開始するのが好ましい。つまり、造形部に敷かれた原料が所望の温度到達後、リコート工程の後、所望の

50

領域にレーザーを照射して、成形部を含む焼結薄層を造形するのが好ましい。

【0040】

焼結薄層の厚みは、好ましくは $30\mu\text{m}$ 以上 $150\mu\text{m}$ 以下であり、より好ましくは $50\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下である。これにより、レーザー照射で原料粉末に含まれる樹脂を十分に溶かすことができ、原料粉末同士を強固に結合させることが可能となる。

【0041】

本発明において、レーザーは、造形すべき固定部および成形体のスライスデータ（描画パターン）に基づき原料からなる薄層を選択的に加熱して焼結させ、一層分の焼結薄層を造形する。レーザーは、照射出力が 10W 以上のものを用いるのが好ましい。これにより、原料に含まれる樹脂が溶融され、原料同士が安定して焼結される。レーザーの種類としては、 CO_2 レーザー、YAGレーザー、および半導体レーザーなど公知のレーザーを用いることができる。

10

【0042】

（固定部の造形）

成形体の造形にあつては、原料からなる薄層の所望の領域にレーザーを照射して、当該薄層を焼結させて焼結薄層を造形する。一層目の焼結薄層は、固定部を含むように造形する。なお、一層目の焼結薄層とは、レーザーにより焼結した層として一層目であるという意味である。レーザーによる焼結開始前は、造形部に原料からなる薄層が何層も形成されている場合があるが、このような原料からなる薄層は、造形体を構成するものではないため、一層目には含めない。

20

【0043】

固定部とは、成形体を構成する複数の成形部が位置ずれしないようにするためのものであり、成形体と同じ原料で造形される。本発明のセラミックス成形体の製造方法において、固定部を含む焼結薄層を少なくとも一層目に造形することにより、リコート工程において、リコーターが動く際に原料に含まれるセラミックス粒子が成形部に引っ掛かることによって生じる成形部の位置ずれを抑制し、位置決め精度の低下を防止することが可能となる。一層目の焼結薄層には、成形部を含んでも良い。固定部の形状や造形する位置は、造形したい成形体の形状や大きさに合わせて適宜決めることができる。例えば、原料からなる薄層の全体を焼結させた固定部や、原料からなる薄層のうち一部の領域を焼結させて多面体や円など複数の固定部を造形しても良い。

30

【0044】

本発明において、二層目以降の焼結薄層を造形する際、固定部を含む焼結薄層を造形しても良い。成形体の形状や大きさによって、確実に位置ずれを防止するため固定部は一層目のみでなく、複数造形することが好ましい。成形部の位置ずれを防止するために、固定部を複数設け、成形部の下方だけでなく、造形する成形体と同じぐらいの高さになるように造形しても良い。また、固定部を複数設ける場合、これらが接触していないことが好ましい。これにより、固定部を分散させて造形させることができ、成形部の位置ずれを抑制しやすくすることが可能となる。

【0045】

本発明において、固定部を含む焼結薄層は、固定部のみを構成するものでも良いし、固定部と成形部とを構成するものでも良い。固定部のみを構成する焼結薄層である場合は、原料からなる薄層全体にレーザーを照射して、全体を焼結させた焼結薄層を造形させることが好ましい。

40

【0046】

本発明において、固定部と成形部は接触していても良いし、接触していなくても良い。接触している場合は、成形体と固定部とを含む造形体を造形した後、造形体から固定部を除去しなければならない。よって、固定部と成形部の接触面積が小さい方が好ましいが、成形部の位置ずれを防止するために、成形部と固定部は3点以上の接点数を設けることが好ましい。接触していない場合は、成形部の位置がずれないように、成形部と固定部の間隔を制御して固定部を造形することが好ましい。具体的には、成形部の位置ずれを小さく抑

50

えるため成形部と固定部の間の距離を0.2mmより大きく10mm未満にすることが好ましい。固定部と成形部とが接触していない場合は、造形体を造形した後、造形体から固定部を除去する必要があるため、より好ましい。

【0047】

(成形体の造形)

原料からなる薄層の少なくとも一部の領域にレーザーを照射して、当該薄層を焼結させてセラミックス成形体を含む焼結薄層を造形するための工程を所望の回数繰り返して成形部を含む焼結薄層を複数造形し、所望の成形体を得る。

【0048】

以下に、本発明の固定部の形態について図面を参照しつつ説明する。なお、図面は模式的または概念的なものであり、本発明はこれらの実施形態に限られるものではない。図には一つの成形体を造形した実施形態を示して説明するが、複数個の成形体を同時に造形してもよい。

10

【0049】

図2～6は、本発明の実施形態に係る成形体を製造する例を示す模式図である。粉末焼結積層造形法では、造形体は下から上に向かって一層ずつ造形され、一層目は焼結薄層のうち最下部の層、つまり一層目の焼結薄層を意味する。

【0050】

図2に示す造形体20は、一層目の焼結薄層として成形部22と固定部23とを造形し、その後複数の成形部22を造形して得られる造形体20の模式図である。下図は平面図であり、上図は平面図のA-A線に沿った断面図である。本実施形態において、一層目の焼結薄層は、成形部22および固定部23を構成する。成形部22と固定部23とが接触し、成形部22の周囲を囲うように固定部23が造形されている。図2では、固定部23を一層目のみに造形した場合を示しているが、複数層連続で造形されたものでも良い。また、造形される固定部23の形状や大きさは、成形部22が位置ずれせず、所望の形状の成形体21を得られれば、特に制限されるものではない。得られる成形体21は、固定部23と接触した造形体20として造形される。よって、造形体20を造形した後、造形体20から固定部23を除去して成形体21を得る。

20

【0051】

図3に示す造形体30は、一層目の焼結薄層として薄層全体が焼結された固定部33となるように造形し、固定部33と接触するように固定部33上に球状の固定部33aが造形される。固定部33aの上に成形体31の一層目である成形部32が固定部33aと接触して造形され、その後複数層の成形部32を造形して得られる造形体30の模式図である。下図は平面図であり、上図は平面図のA-A線に沿った断面図である。本実施形態において、一層目の焼結薄層は、固定部のみを造形する。成形部32と固定部33は固定部32aを介して造形される。よって、成形部32と固定部33aとの接触面積を小さくすることが出来るため、造形体30から固定部33、33aの除去が容易となる。図3では、固定部33を一層目のみに造形した場合を示しているが、複数層連続で造形されたものでも良い。造形される固定部33および33aの形状や大きさは、成形部32が位置ずれせず、所望の形状を得られれば、特に制限されるものではない。得られる成形体31は固定部33、33aと接触した造形体30として造形される。よって、造形体30を造形した後、造形体30から固定部33、33aを除去して成形体31を得る。

30

40

【0052】

図4に示す造形体40は、一層目の焼結薄層として固定部43、43a、43bと成形部42とが接触するように造形し、その後複数の成形部42を造形して得られる造形体40の模式図である。下図は平面図であり、上図は平面図のA-A線に沿った断面図である。一層目の焼結薄層において、固定部43は成形部42を囲うように設けられる外枠43aと、外枠43aと成形部42との間に設けられる複数の固定部43bから構成される。よって、成形部42と固定部43bは複数箇所接触している。固定部43bと成形部42は、成形部42の位置ずれが防止できれば、可能な限り小さな面積で接触することが好ま

50

しい。固定部 4 3 b の形状は、図 4 に示すように、円状、四角状などが挙げられる。その後、成形部 4 2 のみを含む複数の焼結薄層が造形され、造形体 4 0 が造形される。固定部 4 3 は一層目のみに限定されるものではなく、複数層造形されたものでもよい。得られる成形体 4 1 は、固定部 4 3 b と接触した造形体 4 0 として造形される。よって、造形体 4 0 を造形した後、造形体 4 0 から固定部 4 3 a、4 3 b を除去して成形体 4 1 を得る。

【0053】

図 5 に示す造形体 5 0 は、一層目の焼結薄層として固定部 5 3 と成形部 5 2 とを造形し、その後複数層の成形部を造形して得られる造形体 5 0 の模式図である。下図は平面図であり、上図は平面図の A-A 線に沿った断面図である。一層目として造形される固定部 5 3 と成形部 5 2 とは接触していない。成形部 5 2 の位置ずれを防止するために、固定部 5 3 と成形部 5 2 との間の距離は、0.2 mm より大きく 1.0 mm 未満とすることが好ましい。その後、成形部 5 2 のみを含む複数の焼結薄層が造形され、造形体 5 0 が造形される。図では、固定部は一層目のみに造形しているが、複数層造形されたものでもよい。また、二層目以降も固定部を成形部と接触しないように造形し、成形体と同じ高さの固定部を造形しても良い。得られる成形体 5 1 は、固定部 5 3 と接触していないため、成形体 5 1 とから固定部 5 3 を除去する必要はない。

10

【0054】

図 6 に示す造形体 6 0 は、一層目の焼結薄層として固定部 6 3 と成形部 6 2 とを造形し、その後成形部 6 2 のみを含む焼結薄層を造形する。その後、固定部 6 4 a、6 4 b および 6 4 c と成形部 6 2 を含む焼結薄層を造形して得られる造形体 6 0 の模式図である。下図は平面図であり、上図は平面図の A-A 線に沿った断面図である。一層目の焼結薄層として、成形部 6 2 と固定部 6 3 とが接触した、成形部 6 2 と固定部 6 3 とを含む焼結薄層が造形される。その後、成形部 6 2 のみを含む焼結薄層が造形される。成形体 6 1 のようなオーバーハング形状を有する成形体を造形する場合、成形部 6 2 a および 6 2 b の形状を造形する際に位置ずれが発生する可能性がある。よって、固定部を任意の位置に複数箇所造形するのが好ましい。図 6 に示すように、成形部 6 2 a と 6 2 b の位置ずれを防止するために、成形部 6 2 a および 6 2 b のそれぞれの下に 6 4 a や 6 4 b のような固定部を設ける。このとき造形される固定部 6 4 および 6 5 の形状や大きさは、成形部 6 2 が位置ずれせず、所望の形状の成形体 6 1 を得られれば、特に制限されるものではない。得られる成形体 6 1 は固定部 6 3、6 4 a および 6 4 b と接触して造形され、造形体 6 0 として造形される。よって、造形体 6 0 を造形した後、造形体 6 0 から固定部 6 3、6 4 a、6 4 b、6 4 c を除去して成形体 6 1 を得る。

20

30

【0055】

(固定部の除去)

固定部と成形体とが接触する場合、造形体を造形後、造形体から固定部を除去することが必要となる。除去する方法としてはブラシやヤスリ、ナイフ、ハンドグラインダーや精密グラインダー等による簡易的な除去方法が利用できる。固定部の接触面積を小さくしている場合は、手作業により容易に除去でき、剥離面をヤスリで整える方法も選定できる。

【0056】

固定部の除去は必ずしも造形体の造形直後に実施する必要はない。加熱による変形、破損を防ぐ目的で、造形体を仮焼や焼結などの加熱処理を行った後に除去しても良い。加熱処理後は、造形体は、セラミックス粒子の表面拡散により、セラミックス粒子同士の結合状態がより強固となっているため、接合部分の欠け、割れを防ぐためにも、機械加工やサンドブラストのような除去作業を利用することが好ましい。

40

【0057】

用途

本発明により得られるセラミックス成形体は、砥石、型などに用いることができる。また、得られたセラミックス成形体を焼結することにより、複雑形状のセラミックス焼結体の作製に好適に利用できる。

【実施例】

50

【 0 0 5 8 】

本発明を以下の実施例により更に詳細に説明するが、本発明はこれらの実施例により限定されるものではない。

【 0 0 5 9 】

(実施例)

原料として、平均粒子径 $30\ \mu\text{m}$ のセラミックス粉末と平均粒子径 $10\ \mu\text{m}$ のナイロン 12 を用いた。セラミックス粉末とナイロン 12 の重量比が $100:3$ となるようにナイロン 12 を秤量し、 $10\ \text{kg}$ の混合粉末をプラスチックポット内に投入し、2 時間以上の乾式攪拌混合を行い、造形用の原料粉末とした。

【 0 0 6 0 】

造形装置は、Aspect 社製粉末積層式 3D 造形装置 (SEMplice300) を用いた。調製した原料を原料容器に所定量投入し、ムラのないように充填した。原料を充填した原料容器を装置本体にセットした後、造形室に窒素を導入した。予め造形室内の造形テーブル上に所定の厚みの原料からなる薄層を形成させた。原料容器及び造形用容器に設けられているヒータの温度を 160 に設定し、原料からなる薄層を予備加熱した。

【 0 0 6 1 】

造形テーブルを薄層一層分下方に移動させて、一方の原料容器からリコーターによって原料を運び、造形テーブル上に原料からなる薄層を形成した。このとき、下方への移動ステップは $100\ \mu\text{m}$ で設定した。スライスデータ (描画パターン) に基づき、X 方向及び Y 方向に $18\ \text{W}$ の出力のレーザ光を走査することにより、原料からなる薄層を選択的に加熱して溶融・焼結させ、一層目の焼結薄層を造形した。一層目の焼結薄層は、成形部および固定部を構成するように造形させた。成形部のサイズが $50\times 50\times 0.1\text{mm}$ 、固定部のサイズが $250\times 250\times 0.1\text{mm}$ であり中抜き形状となるよう造形させ、成形部と固定部とが接触し、成形部の周囲を囲うように固定部を造形した。一層目と同様の焼結薄層を 3 層積層させることにより、 $250\times 250\times 0.3\text{mm}$ サイズの成形部および固定部を造形した。その後、所望の形状の成形部を造形するようにプログラミングし、成形部を含む焼結薄層を複数積層することで、 $50\times 50\times 10\text{mm}$ サイズの成形体と固定部とが接触した造形体を造形した。得られた造形体の写真を図 7 に示す。

【 0 0 6 2 】

造形体は、手作業により固定部を除去し、成形体を得た。その後、固定部を除去した面をヤスリにより整えた。得られた成形体の写真を図 8 に示す。

【 0 0 6 3 】

(比較例)

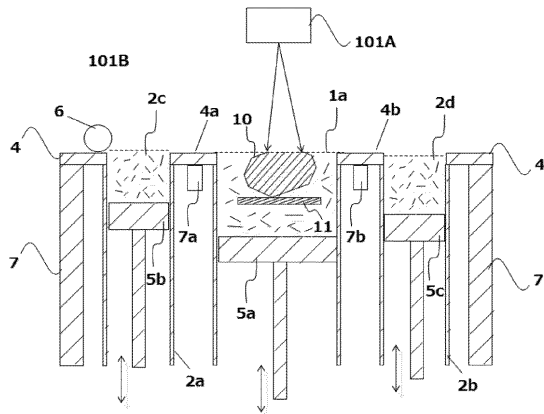
固定部を造形しなかった以外は実施例 1 と同様に行い、成形体を造形した。得られた成形体の写真を図 9 に示す。造形の初期で成形体が位置ずれし、ニアネット成形できなかった。

10

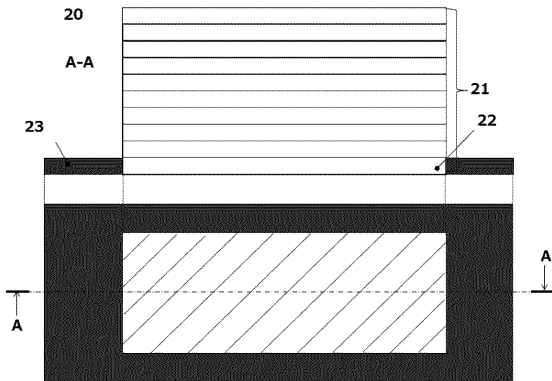
20

30

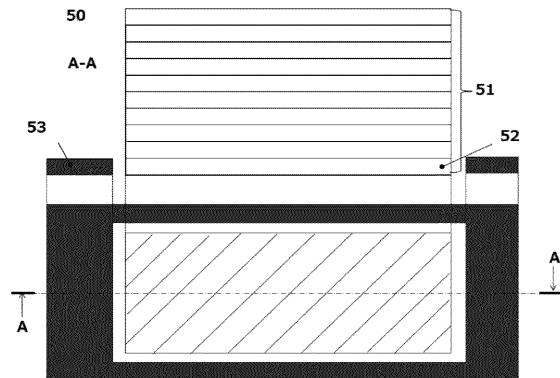
【図 1】



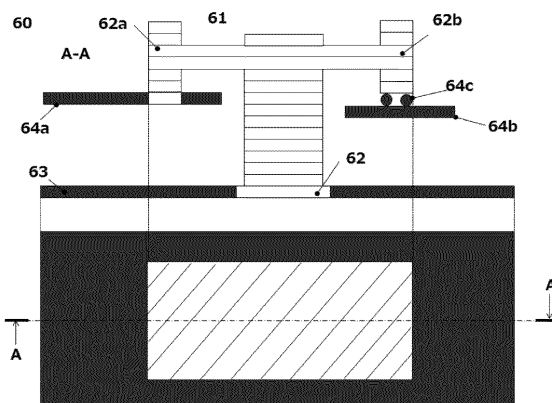
【図 2】



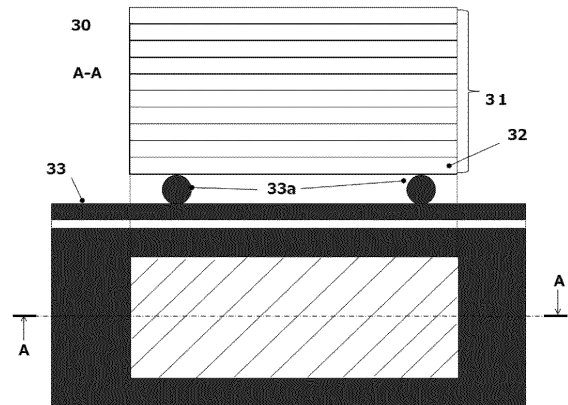
【図 5】



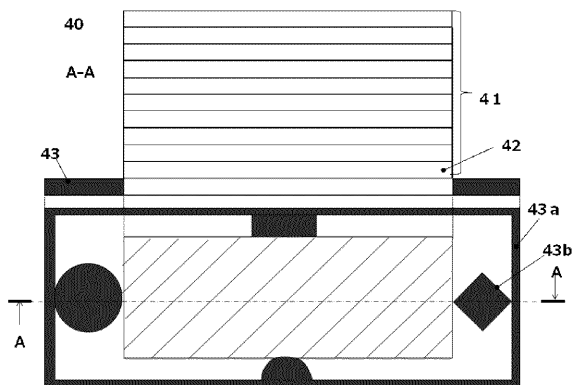
【図 6】



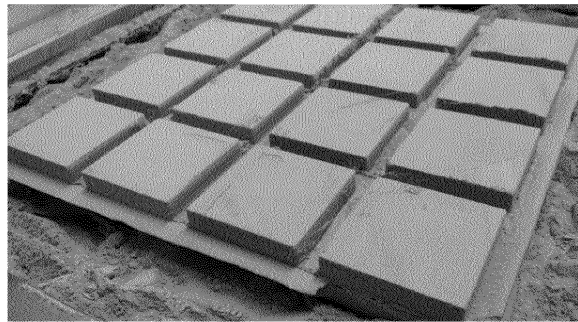
【図 3】



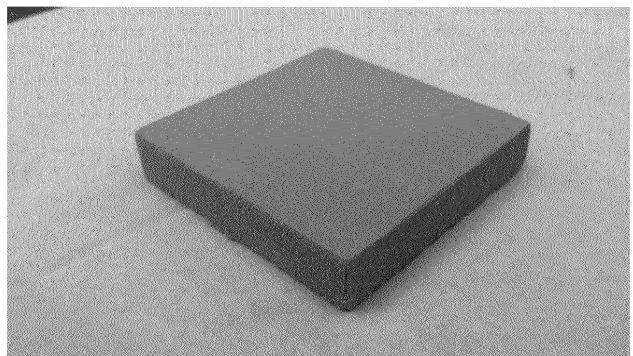
【図 4】



【図 7】



【図 8】



【 図 9 】

