(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2021-63261
(P2021-63261A)
(43)公開日　令和3年4月22日(2021.4.22)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
B22F 3/16	(2006.01)	B22F	3/16	4K018
B33Y 10/00	(2015.01)	B33Y	10/00	
B33Y 30/00	(2015.01)	B33Y	30/00	
B82Y 40/00	(2011.01)	B82Y	40/00	

審査請求 未請求　請求項の数 17　ＯＬ　（全 14 頁）

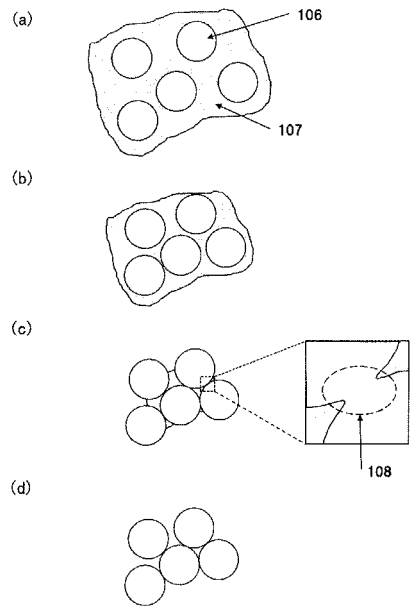
(21)出願番号　特願2019-187908 (P2019-187908)
(22)出願日　令和1年10月11日 (2019.10.11)

(71)出願人　314012076
パナソニックＩＰマネジメント株式会社
大阪府大阪市中央区城見２丁目１番６１号
(74)代理人　100106518
弁理士　松谷　道子
(74)代理人　100132263
弁理士　江間　晴彦
(74)代理人　100197583
弁理士　高岡　健
(72)発明者　古澤　彰男
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　豊田　慶
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】三次元形状造形物の製造方法および三次元形状造形物を製造するための製造装置

(57)【要約】
【課題】低エネルギー条件下で三次元形状造形物を効率的に製造するための方法を供すること。
【解決手段】本発明の一実施形態では、金属ナノ粒子および溶媒を含んで成る組成物をターゲットの所定箇所に吐出する吐出工程と、前記所定箇所に吐出した前記組成物の前記溶媒を揮発させて、少なくとも前記金属ナノ粒子同士を接合させる接合工程とを含み、前記吐出工程と前記接合工程とを繰り返し行うことで、所定のパターンを有する層を形成し、該層を積層することで三次元形状造形物を製造する、方法が供される。
【選択図】図３



【特許請求の範囲】
【請求項１】
金属ナノ粒子および溶媒を含んで成る組成物をターゲットの所定箇所に吐出する吐出工程と、
前記所定箇所に吐出した前記組成物の前記溶媒を揮発させて、少なくとも前記金属ナノ粒子同士を接合させる接合工程と
を含み、
前記吐出工程と前記接合工程とを繰り返し行うことで、所定のパターンを有する層を形成し、該層を積層することで三次元形状造形物を製造する、方法。
【請求項２】
前記溶媒の揮発により、隣接する一方の金属ナノ粒子と他方の金属ナノ粒子との間の距離を漸次短くし、それによって前記金属ナノ粒子同士を接合させる、請求項１に記載の三次元形状造形物の製造方法。
【請求項３】
前記溶媒として、沸点が７０℃以上１２０℃以下であるものを用いる、請求項１又は２に記載の三次元形状造形物の製造方法。
【請求項４】
前記溶媒として、沸点が８０℃以上１１０℃以下であるものを用いる、請求項３に記載の三次元形状造形物の製造方法。
【請求項５】
前記三次元形状造形物の製造をチャンバー内で行い、該チャンバー内の温度を４０度よりも高く７０℃よりも低い温度に設定する、請求項１～４のいずれかに記載の三次元形状造形物の製造方法。
【請求項６】
前記組成物中に含まれる前記金属ナノ粒子は、１００ｎｍ以下のモード径を有する、請求項１～５のいずれかに記載の三次元形状造形物の製造方法。
【請求項７】
前記金属ナノ粒子は、Ｃｕ、Ｆｅ、Ｎｉ、Ａｇ、およびＳｎからなる群から選択される少なくとも１種の金属元素を含んで成る、請求項１～６のいずれかに記載の三次元形状造形物の製造方法。
【請求項８】
ノズルを用いて前記ターゲットの所定箇所へと該組成物を吐出し、該ノズルの温度を所定の温度に制御する、請求項１～７のいずれかに記載の三次元形状造形物の製造方法。
【請求項９】
２μｍ以上のモード径を有する金属マイクロ粒子および前記溶媒を含んで成る第２の組成物を更に用いる、請求項１～８のいずれかに記載の三次元形状造形物の製造方法。
【請求項１０】
前記吐出工程において、ノズルを用いて、隣接する２つのノズル孔から前記組成物および前記第２の組成物を個別に吐出する、請求項９に記載の三次元形状造形物の製造方法。
【請求項１１】
少なくとも金属ナノ粒子および溶媒を含んで成る組成物をターゲットの所定箇所に吐出可能な吐出部を備える、三次元形状造形物の製造装置。
【請求項１２】
前記ターゲットが三次元形状造形物の前駆体又は三次元形状造形物を支持するステージであり、前記溶媒が揮発して少なくとも前記金属ナノ粒子同士が接合可能となるよう該ターゲットを加熱する加熱部を更に備える、請求項１１に記載の製造装置。
【請求項１３】
前記吐出部がノズル形態となっており、該ノズル形態の吐出部が前記組成物を吐出可能な温度となるように、該吐出部に温度制御部が設けられている、請求項１１又は１２に記載の製造装置。

【請求項１４】
前記組成物中に含まれる前記金属ナノ粒子が、１００ｎｍ以下のモード径を有する、請求項１１～１３のいずれかに記載の製造装置。
【請求項１５】
前記吐出部が前記所定箇所に第２の組成物を更に吐出可能となっており、該第２の組成物が２μｍ以上のモード径を有する金属マイクロ粒子および前記溶媒を含んで成る、請求項１１～１４のいずれかに記載の製造装置。
【請求項１６】
前記吐出部が、前記組成物を貯蔵可能な第１の貯蔵部と、前記第２の組成物を貯蔵可能な第２の貯蔵部と連通している、請求項１５に記載の製造装置。
【請求項１７】
前記吐出部が、前記組成物と前記第２の組成物を個別に吐出可能な隣接する２つのノズル孔を備えている、請求項１５又は１６に記載の製造装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は、三次元形状造形物の製造方法および三次元形状造形物を製造するための製造装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
近年コンピュータ上で作成した３Ｄデータに基づき、三次元形状造形物を製造するための３Ｄプリンターが生産工場に導入される場合がある。３Ｄプリンターを使用することで、複雑な３次元形状や中空構造を切削加工することなく容易に製造することができる。
【０００３】
３Ｄプリンターで使用可能な材料は樹脂系材料と金属系材料とに分けることができる。樹脂系材料を用いる利点は三次元形状造形物を安価に造形できる点であり、ＡＢＳ、ナイロン、アクリル等の樹脂系材料を用いることができる。一方、金属系材料を用いる利点は強度と耐熱性とを兼ね備えた三次元形状造形物を製造できる点であり、ステンレス、チタン、インコネル等の金属系材料を用いることができる。３Ｄプリンターで造形した部品は航空機用エンジンにも採用されており、当該部品は今後も幅広い分野で使用されていくと考えられ製造業への貢献度が大きい。
【０００４】
三次元形状造形物を製造するための方式は３つある。具体的には、三次元形状造形物を製造するための方式は、結合剤噴射法、粉末床溶融結合法、および指向性エネルギー堆積法である。
【０００５】
結合剤噴射法は、平坦状に敷き詰めた金属粉末層にインクジェットヘッドから光硬化性樹脂を結合材として噴射し、金属粉末層を層毎に固めていく方式である。結合剤噴射法は、造形速度が速く、形状精度が高いといった利点がある（例えば特許文献１参照）。一方、結合剤噴射法は結合剤として樹脂材料を用いるため、得られる三次元形状造形物の耐熱性が低くなり得る。
【０００６】
粉末床溶融結合法は、平坦状に敷き詰めた金属粉末層にレーザービームまたは電子ビームを照射して、層毎に溶融結合させる方式である。粉末床溶融結合法は、高融点金属材料を用いた造形が可能であり、これに起因して耐久性を有する三次元形状造形物を製造可能である（例えば、特許文献２参照）。一方、粉末床溶融結合法は、形成した金属粉末層の全てを用いないため、溶融結合させない金属粉末は三次元形状造形物の製造のために用いられないため材料のロスが大きくなり得る。
【０００７】
指向性エネルギー堆積法は、レーザーを照射しながら、金属粉末を吹き付けて固めてい

く方式である。指向性エネルギー堆積法は金属粉末を積層して三次元形状造形物を製造する方式ではないため、金属粉末の使用量は三次元形状造形物の製造に必要な量分ですむ。そのため、指向性エネルギー堆積法は大型の三次元形状造形物の製造に適している（例えば、特許文献３参照。）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００８】

【特許文献１】特開２０１９－１１１７９２号公報

【特許文献２】特開２０１７－１７７５５７号公報

【特許文献３】特開２０１７－３１４９０号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００９】

ここで、本願発明者らは、上記の指向性エネルギー堆積法を用いて三次元形状造形物を製造する場合、以下の技術的課題が生じ得ることを新たに見出した。具体的には、レーザーにより融点以上の温度にまで、吹き付ける金属粉末を加熱して溶融させ、得られた溶融物を凝固させる必要がある。そのため、レーザー等を用いる高エネルギー条件下で三次元形状造形物を製造する必要がある。

【００１０】

本発明は、かかる事情に鑑みて為されたものである。すなわち、本発明の目的は、低エネルギー条件下で三次元形状造形物を効率的に製造するための方法およびそのための製造装置を供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【００１１】

上記目的を達成するために、本発明の一実施形態では、

金属ナノ粒子および溶媒を含んで成る組成物をターゲットの所定箇所に吐出する吐出工程と、

前記所定箇所に吐出した前記組成物の前記溶媒を揮発させて、少なくとも前記金属ナノ粒子同士を接合させる接合工程と

を含み、

前記吐出工程と前記接合工程とを繰り返し行うことで、所定のパターンを有する層を形成し、該層を積層することで三次元形状造形物を製造する、方法が提供される。

【００１２】

又、上記目的を達成するために、本発明の一実施形態では、

金属ナノ粒子および溶媒を含んで成る組成物を少なくともターゲットの所定箇所に吐出可能な吐出部を備える、三次元形状造形物の製造装置が提供される。

【発明の効果】

【００１３】

本発明の一実施形態に従えば、低エネルギー条件下で三次元形状造形物を効率的に製造可能である。

【図面の簡単な説明】

【００１４】

【図１】本発明の実施形態１に係る三次元形状造形物の製造方法を示すフロー図

【図２】三次元形状造形物の製造のために用いる組成物を模式的に示す断面図

【図３】金属ナノ粒子同士を接合させるメカニズムを模式的に示すフロー図

【図４】溶媒沸点とネッキング率との関係を示す図

【図５】三次元形状造形物の製造装置のチャンバー内の温度とネッキング率との関係を示す図

【図６】本発明の実施形態２に係る三次元形状造形物の製造方法を示すフロー図

【図７】三次元形状造形物の製造のために用いる第２の組成物を模式的に示す断面図

【図８】組成物と第２の組成物の合計質量に対する第２の組成物の割合と三次元形状造形物の質量変化比／ネッキング率との関係を示す図
【図９】本発明の一実施形態に係る三次元形状造形物の製造装置を模式的に示す斜視図
【図１０】吐出部の模式平面図
【発明を実施するための形態】
【００１５】
［本発明の製造方法］
以下、本発明の一実施形態に係る三次元形状造形物の製造方法について、図面を参照しながら説明する。
【００１６】
本願発明者らは、高エネルギー条件下でなくとも三次元形状造形物を好適に製造可能な三次元形状造形物の製造方法およびそのための製造装置について鋭意検討した。その結果、本発明を案出するに至った。
【００１７】
＜実施形態１＞
以下、本発明の実施形態１に係る三次元形状造形物の製造方法について説明する。図１は、本発明の実施形態１に係る三次元形状造形物の製造方法を示すフロー図である。
【００１８】
本発明の実施形態１は、主として、吐出工程１０１と接合工程１０２とを含み、吐出工程１０１と接合工程１０２とを繰り返し行うことで、所定のパターンを有する層を形成し、当該層を積層することで三次元形状造形物を製造することを特徴とする。
【００１９】
吐出工程１０１は、金属ナノ粒子および溶媒を含んで成る組成物（以下の第１の組成物に相当）をターゲットの所定箇所に吐出する工程である。接合工程１０２は、ターゲットの所定箇所に吐出した組成物の溶媒を揮発させて、少なくとも金属ナノ粒子同士を接合させる工程である。
【００２０】
すなわち、接合工程１０２は、ターゲットの所定箇所への組成物の接触工程１０３と、少なくとも金属ナノ粒子同士を接合させる工程１０４とを含む。なお、当該接合工程１０２は、後述するターゲットと金属ナノ粒子との間における接合態様も含む。
【００２１】
第１の組成物
以下、上記の組成物（第１の組成物に相当）について具体的に説明する。図２は、三次元形状造形物の製造のために用いる組成物を模式的に示す断面図である。
【００２２】
第１の組成物１０５は、金属ナノ粒子１０６と溶媒を主成分とするバインダー１０７とを含んで成る液状の組成物である。
【００２３】
・金属ナノ粒子
第１の組成物に用いられる金属ナノ粒子１０６としては、Ｃｕ、Ｆｅ、Ｎｉ、Ａｇ、およびＳｎから成る群から選択される少なくとも１種の金属元素を含むものが好ましい。さらに、金属ナノ粒子１０６としては、Ｆｅ－Ｎｉ、Ｎｉ－Ｓｎ、Ａｇ－Ｃｕ、Ｓｎ－Ａｇ等の２元合金でも良く、２元合金にＳｂ、Ｂｉ、Ｉｎ、Ａｇ、Ｃｕ、およびＳｎから成る群から選択される少なくとも１種の元素を更に含んで良い。一例としては、金属ナノ粒子１０６は、Ｃｕ粒子であってよい。
【００２４】
金属ナノ粒子１０６は、下記で述べる金属ナノ粒子間での固相拡散のしやすさを考慮して１００ｎｍ以下のモード径を有することが好ましい。例えば、金属ナノ粒子１０６として８０ｎｍのモード径を有するものが用いられてよい。
【００２５】

・バインダー
第１の組成物に用いられるバインダー１０７は、溶媒として例えば２－プロパノール（沸点８２℃）およびジカルボン酸（例えばアジピン酸）の混合物である。バインダー１０７の合計質量に対する溶媒の比率は特に限定されるものではないが７０質量％～９０質量％、例えば８０質量％である。金属ナノ粒子１０６とバインダー１０７は７５：２５の質量比率で混合されていてよい。
【００２６】
以下、金属ナノ粒子同士を接合させるメカニズムについて説明する。図３は、金属ナノ粒子同士を接合させるメカニズムを模式的に示すフロー図である。
【００２７】
まず、図３（ａ）に示すように、まずターゲットの所定箇所に第１の組成物を吐出する。第１の組成物に含まれる溶媒が主成分であるバインダー１０７が時間の経過とともに揮発し始める。これにより、図３（ｂ）に示すように隣接する金属ナノ粒子１０６との距離が徐々に短くなる。そして、図３（ｃ）に示すように、バインダー１０７の揮発が更に進み、隣接する金属ナノ粒子１０６が接触すると、金属ナノ粒子１０６間で固相拡散によるネッキング１０８が発生する。その結果、金属ナノ粒子１０６同士を接合することが可能となる。なお、ターゲット（例えば製造途中の三次元形状造形物の前駆体又は三次元形状造形物を支持するステージ）と金属ナノ粒子との間でも固相拡散によるネッキングが進んで、金属ナノ粒子がターゲットに接合する。
【００２８】
金属粒子径が小さいと粒子の持つ表面エネルギーの割合が大きくなるため、粒子表面で固相状態での原子の拡散が発生し得る。金属粒子の場合、粒子径が概ね１００ｎｍ以下であると、固相拡散が顕著に現れる。最後に、図３（ｄ）に示すように、バインダー１０７が全て揮発すると、金属ナノ粒子１０６同士の接合およびターゲットへの金属ナノ粒子１０６の接合が完了する。
【００２９】
以下、溶媒沸点とネッキング率との関係について説明する。図４は、溶媒沸点とネッキング率との関係を示す図である。
【００３０】
図４では、造形物の断面を分析することでネッキング率を数値化している。一例として、４０℃のチャンバー内の温度にて造形を行う。造形物の断面を電子後方散乱回折法（ＥＢＳＤ）で分析して結晶方位の違いから金属ナノ粒子の輪郭を導き出し、粒子の外周長さＡを数値化する。ネッキングが進行すると外周長さが短くなり得る。そのため、ネッキングしていない初期の粉末の外周長さＢとすると、ネッキング率は（Ｂ－Ａ）／Ｂ×１００で表すことができる。なお、ネッキング率が高い方が金属ナノ粒子同士の接合が強いことを意味する。
【００３１】
図４に示すように、溶媒沸点（溶媒沸点ともいう）が７８℃を超えるとネッキング率が４０％以上になり結合状態が良好になる。これは溶媒が揮発することによって固相拡散が進むことによる。溶媒沸点がさらに高くなるとネッキング率も上昇するが、溶媒沸点が１２０℃を超えるとネッキング率は４０％未満に低下する。これは溶媒の揮発が不十分となり固相拡散の進行が進まなくなることによる。
【００３２】
以上の事から、ネッキング率は６０％以上であればより強固な結合となり得る点を鑑み、溶媒沸点は７０℃以上１２０℃以下であってよく、好ましくは８０℃以上１１０℃以下であり、例えば８２℃以上１１０℃以下である。かかる点を鑑み、上記の溶媒としては、上記の２－プロパノール（沸点８２℃）以外にトルエン、ブタノール等も用いることができる。
【００３３】
以下、三次元形状造形物の製造装置（造形装置に相当）のチャンバー内の温度とネッキ

ング率との関係について説明する。図５は、造形装置のチャンバー内の温度とネッキング率との関係を示す図である。

【００３４】

図５に示すように、チャンバー内の温度が４０℃を超えるとネッキング率は４０％以上になり良好な結合状態となる。これは溶媒の揮発がスムーズに進んで固相拡散が行われることによる。なお、チャンバー内温度がさらに高くなるとネッキング率が上昇するが、チャンバー内温度が７０℃を超えるとネッキング率は４０％未満に低下する。

【００３５】

かかる事項は溶媒の揮発が早く進み過ぎて、第１の組成物がターゲット（例えば三次元形状造形物の前駆体又は三次元形状造形物を支持するステージ）の所定部位に接触する前に金属ナノ粒子が露出して当該粒子表面が酸化膜で覆われるためである。金属ナノ粒子表面が酸化膜で覆われると固相拡散が進行しなくなり得る。

【００３６】

かかる点を鑑み、ネッキング率は６０％以上であれば強固な結合となることが一般的である点を鑑み、チャンバー内の温度は４０℃よりも高く７０℃よりも低いことがよい。好ましくは、チャンバー内の温度は５０℃以上で６０℃以下であることが望ましい。

【００３７】

以上の事からも、実施形態１では、組成物の吐出工程１０１で、金属ナノ粒子１０６とバインダー１０７とを混合して得られる第１の組成物１０５をターゲットの所定箇所に接触させ、溶媒の揮発により固相拡散を生じさせることで金属ナノ粒子１０６同士の接合およびターゲットへの金属ナノ粒子１０６の接合をすることが可能となる。

【００３８】

そのため、吐出工程１０１と接合工程１０２とを繰り返し行うことで、所定のパターンを有する層を形成し、当該層を積層することができ、その結果として、最終的に本発明の実施形態１に係る三次元形状造形物を製造することができる。以上の事から、本発明によれば、レーザー等を用いる高エネルギー条件下によることなく低エネルギー条件下で三次元形状造形物を製造することができる。

【００３９】

＜実施形態２＞

以下、本発明の実施形態２に係る三次元形状造形物の製造方法について説明する。図６は、本発明の実施形態２に係る三次元形状造形物の製造方法を示すフロー図である。

【００４０】

実施形態２は、実施形態１と異なり、吐出時に第１の組成物に加えて第２の組成物を更に吐出するものである。具体的には、実施形態２に係る三次元形状造形物の製造方法は、第１の組成物の吐出工程１０９と、第２の組成物の吐出工程１１０と、組成物に含まれる金属ナノ粒子同士を接合させる接合工程１１１とを含む。接合工程１１１は、ターゲットの所定箇所への第１の組成物の接触工程１１２と、ターゲットの所定箇所への第２の組成物の接触工程１１３と、組成物に含まれる金属ナノ粒子同士を接合させる接合工程１１４を有する。

【００４１】

第１の組成物の吐出工程１０９および第２の組成物の吐出工程１１０はそれぞれ、三次元形状造形物の材料である組成物を吐出する工程であり、具体的には金属を含有する液状の原料をターゲットの所定部位に吐出する工程である。ターゲットの所定箇所への第１の組成物の接触工程１１２およびターゲットの所定箇所への第２の組成物の接触工程１１３はそれぞれ、吐出した組成物をターゲットの所定箇所に接触させる工程である。

【００４２】

実施形態２では、第１の組成物の吐出工程１０９および第２の組成物の吐出工程１１０と、組成物に含まれる金属ナノ粒子同士を接合させる接合工程１１４とを繰り返すことによって、三次元形状造形物を製造する。なお、第１の組成物の吐出と第２の組成物の吐出は独立して吐出量を制御することが好ましい。

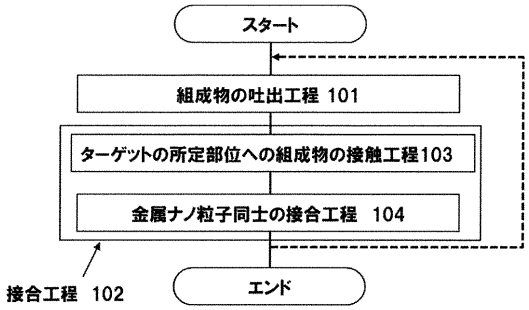
【００４３】
第２の組成物
以下、第２の組成物について具体的に説明する。図７は、三次元形状造形物の製造のために用いる第２の組成物を模式的に示す断面図である。
【００４４】
第２の組成物１１５は、金属粒子１１６および溶媒を主成分とするバインダー１１７を含んで成る液状の組成物である。
【００４５】
金属粒子１１６としては例えばＣｕ粒子を用いることができる。レーザー回折・散乱法で測定した金属粒子１１６のモード径は２μｍ以上であり、例えば２．５μｍである。かかる点を鑑み、本明細書では、金属粒子１１６を金属マイクロ粒子と称し得る。
【００４６】
第２の組成物に用いられるバインダー１１７は、溶媒として例えば２－プロパノール（沸点８２℃）およびジカルボン酸（例えばアジピン酸）の混合物である。バインダー１１７の合計質量に対する溶媒の比率は、特に限定されるものではないが例えば９０質量％である。金属粒子１１６とバインダー１１７は例えば９０：１０の質量比率で混合される
【００４７】
以下、第１の組成物と第２の組成物の合計質量に対する第２の組成物の含有割合と、三次元形状造形物の質量変化比／ネッキング率との間の関係について説明する。図８は、第１の組成物と第２の組成物の合計質量に対する第２の組成物の割合と三次元形状造形物の質量変化比／ネッキング率との関係を示す図である。なお、三次元形状造形物の質量比は、第２の組成物の比率が０である場合１としてこれに対する比率を示す。
【００４８】
ここで、金属粒子径が小さくなると粒子の比表面積が大きくなる。比表面積が大きい金属粒子を含む組成物を吐出する場合、吐出可能な粘度を維持するために、組成物に含まれるバインダー量を多くする一方金属量を減らす必要がある。つまり、粒子径が小さい金属ナノ粒子を含む組成物を吐出する場合、単位時間あたりの金属吐出量が減少してしまう。そのため、最終的に得られる三次元形状造形物の製造に時間を要する可能性がある。
【００４９】
かかる点を鑑み、三次元形状造形物の製造のために用いる材料が、ナノサイズのモード径を有する金属ナノ粒子を含む第１の組成物に加えて、マイクロサイズのモード径を有する金属粒子１１６を含む第２の組成物を含むことが好ましい。
【００５０】
この点につき、図８に示すように、第２の組成物の含有割合を１０％に高めると、第２の組成物の含有割合が０％である場合と比較して得られる三次元形状造形物の質量は１０２０倍に増加する。第２の組成物の含有割合を２０％に高めると、第２の組成物の含有割合が０％である場合と比較して得られる三次元形状造形物の質量は２３００倍になり得る。
【００５１】
なお、第２の組成物の含有割合が１０％以下である場合、ネッキング率が６０％以上となるが、第２の組成物の含有割合が２０％になるとネッキング率が４５％に低下する。第２の組成物の含有割合が３０％を超えるとネッキング率は２０％以下になる。これは、モード径が２μｍの金属マイクロ粒子の割合が多くなると、固相拡散による結合量が少なくなることによる。
【００５２】
以上の事から、単位時間あたりの金属吐出量の低減防止と、ネッキング率が４０％以上確保されることがよいという当業者の認識との両立をふまえ、第２の組成物の含有割合は２０％以下が望ましい。なお、実施形態１にて述べたように、ネッキング率が６０％以上であればより強固な接合が可能となる点を鑑み、第２の組成物の含有割合は１０％であることがより好ましい。

【００５３】
それ故、第１の組成物の吐出工程１０９と第２の組成物の吐出工程１１０とを併用することで、時間あたりの吐出する造形材料に含まれる金属量を増やすことができる。その結果として、最終的に得られる三次元形状造形物の製造速度を高める、すなわち三次元形状造形物の製造時間を短縮させることが可能となる。
【００５４】
［本発明の製造装置］
以下、本発明の一実施形態に係る三次元形状造形物の製造装置について説明する。図９は、本発明の一実施形態に係る三次元形状造形物の製造装置を模式的に示す斜視図である。
【００５５】
本発明の一実施形態に係る三次元形状造形物の製造装置は、少なくとも金属ナノ粒子および溶媒を含んで成る組成物１０５（上記第１の組成物に相当）をターゲットの所定箇所に吐出可能な吐出部１２３を備えることを特徴とする。
【００５６】
吐出部１２３の一例としては、ノズル形態の吐出部を用いることができる。当該吐出部１２３を用いることで、少なくとも組成物１０５をターゲットの所定箇所に吐出可能である。なお、当該吐出部１２３に加え、後述する本発明の一実施形態に係る製造装置の構成要素は全てチャンバー１２７の内部に設けられている。
【００５７】
ターゲットの所定箇所に組成物１０５を吐出すると、組成物１０５に含まれる溶媒が揮発し始め、それによって隣接する金属ナノ粒子との距離が徐々に短くなる。主成分が溶媒であるバインダーの揮発が更に進み、隣接する金属ナノ粒子が接触すると、金属ナノ粒子間で固相拡散によるネッキングが発生する。その結果、金属ナノ粒子同士およびターゲット（例えば製造途中の三次元形状造形物の前駆体又は三次元形状造形物を支持するステージ）への金属ナノ粒子の接合を行うことが可能となる。
【００５８】
なお、本発明の製造方法の欄で述べているように、組成物１０５中に含まれる金属ナノ粒子は、ネッキングを好適に生じさせる観点から１００ｎｍ以下のモード径を有することが好ましい。
【００５９】
吐出部１２３からの造形物の材料である組成物１０５の吐出と、金属ナノ粒子同士の接合およびターゲットと金属ナノ粒子との接合と、を繰り返し行うことで、所定のパターンを有する層を形成することができる。そして、当該層を積層することで、最終的に上記の実施形態１に係る三次元形状造形物を製造することができる。以上の事から、本発明の製造装置を用いれば、レーザー等を用いる高エネルギー条件下によることなく低エネルギー条件下で三次元形状造形物を製造することができる。
【００６０】
本発明の一実施形態に係る三次元形状造形物の製造装置は、下記態様を採ることが好ましい。
【００６１】
一態様では、本発明の一実施形態に係る三次元形状造形物の製造装置は、加熱部１２６を更に備えていることが好ましい。製造途中の三次元形状造形物の前駆体１２２の土台となるステージ１２５の下部には、任意の温度に制御可能な加熱部１２６が設けられている。
【００６２】
これにより、ターゲット（ステージ１２５又はステージ１２５上に位置する三次元形状造形物の前駆体１２２）を加熱することができる。その結果、ターゲットの加熱に起因して、金属ナノ粒子同士およびターゲットと金属ナノ粒子が接合可能となるように溶媒をより好適に揮発させることができる。

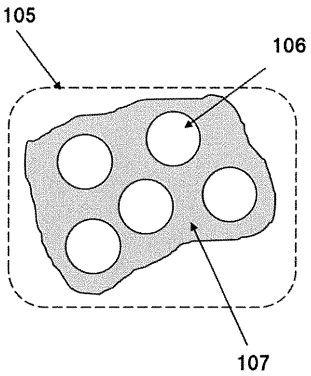
【００６３】
具体的には、加熱部１２６の内部にはシースヒーターが組み込まれており、ステージ１２５の温度を３０℃から９０℃の範囲で一定の温度に保持可能となっている。加熱源はシースヒーターに限らず、カートリッジヒーター、シリコンラバーヒーター、セラミックヒーター、および電熱線等からなる群から少なくとも１つを選択することができる。また、ステージ１２５と接触させることなく、遠赤外線ヒーター、石英ガラス管ヒーター等を用いて加熱してもよい。
【００６４】
一態様では、本発明の一実施形態に係る三次元形状造形物の製造装置は、第１の貯蔵部１１８および第２の貯蔵部１１９を備えていることが好ましい。第１の貯蔵部１１８は、第１の組成物１０５を貯蔵するための貯蔵部である。第２の貯蔵部１１９は、第２の組成物１１５を貯蔵するための貯蔵部である。
【００６５】
上記の吐出部１２３は、第１の貯蔵部１１８の底部および第２の貯蔵部１１９の底部を共有するように設けられている。又、図１０に示すように、吐出部１２３は、組成物１０５を吐出するための第１の吐出穴１２０と後述する第２の組成物を吐出するための吐出穴１２１を有して成る。
【００６６】
吐出部１２３がかかる構成を有することで、第１の貯蔵部１１８と連通する第１の吐出穴１２０から組成物１０５（第１の組成物）を吐出させ、ターゲット１２２の所定箇所に第１の組成物１０５を接触させることが可能となる。又、第２の貯蔵部１１９と連通する第２の吐出穴１２１から第２の組成物１１５を吐出させ、ターゲット１２２の所定箇所に第２の組成物１１５を接触させることが可能となる。
【００６７】
なお、本発明の製造方法の欄で述べているように、第２の組成物１１５は金属マイクロ粒子を含んで成ることが好ましく、単位時間あたりの金属吐出量の低減を防止する観点から２μｍ以上のモード径を有することが好ましい。
【００６８】
吐出部１２３から第１の組成物１０５に加え第２の組成物１１５をターゲットの所定箇所に独立して吐出することで、時間あたりの吐出する造形材料に含まれる金属量を増やすことができる。その結果として、最終的に得られる三次元形状造形物の製造速度を高める、すなわち三次元形状造形物の製造時間を短縮させることが可能となる。
【００６９】
なお、吐出穴の平面形状は円形が望ましいが、楕円形、三角形、多角形であっても良い。また、吐出穴の断面形状は入口側と出口側の寸法が等しい直線型が望ましいが、入口側と出口側で寸法の異なるテーパ型又は逆テーパ型であってもよい。
【００７０】
一態様では、ノズル形態の吐出部１２３が、組成物を吐出可能な温度となるように温度制御部１２４を備えていることが好ましい。これは、吐出部１２３の温度が組成物を吐出可能な温度未満であると、吐出部１２３からターゲットの所定箇所に対して所定量を好適に吐出できない可能性があること等による。
【００７１】
以上、本発明の一実施形態について説明してきたが、本発明の適用範囲のうちの典型例を例示したに過ぎない。従って、本発明はこれに限定されず、種々の改変がなされ得ることを当業者は容易に理解されよう。
【産業上の利用可能性】
【００７２】
本発明の一実施形態に係る三次元形状造形物の製造方法および三次元形状造形物の製造装置は、低エネルギー条件下で三次元形状造形物を製造するために用いることができる。
【符号の説明】

【００７３】
１０１　組成物の吐出工程
１０２　接合工程
１０３　組成物のターゲットの所定箇所への接触工程
１０４　金属ナノ粒子同士の接合工程
１０５　第１の組成物
１０６　金属ナノ粒子
１０７　バインダー
１０８　ネッキング
１０９　第１の組成物の吐出工程
１１０　第２の組成物の吐出工程
１１１　接合工程
１１２　第１の組成物のターゲットの所定箇所への接触工程
１１３　第２の組成物のターゲットの所定箇所への接触工程
１１４　金属粒子同士の接合工程
１１５　第２の組成物
１１６　金属粒子
１１７　バインダー
１１８　第１の貯蔵部
１１９　第２の貯蔵部
１２０　第１の吐出穴
１２１　第２の吐出穴
１２２　三次元形状造形物の前駆体
１２３　吐出部
１２４　温度調節部
１２５　ステージ
１２６　加熱部
１２７　チャンバー

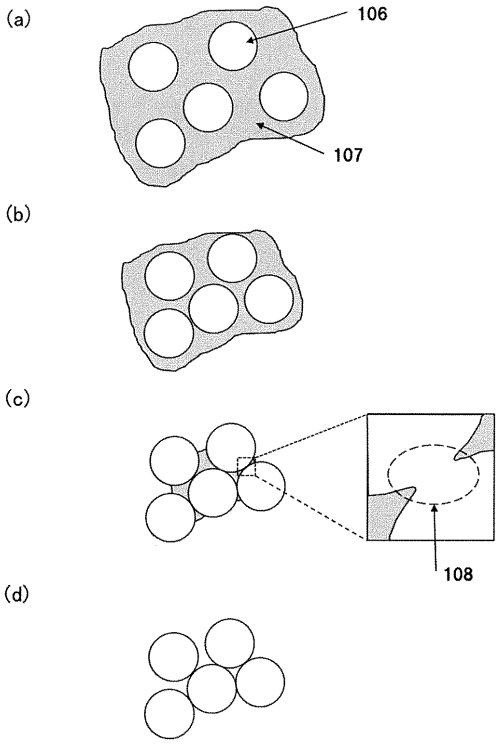
【図１】



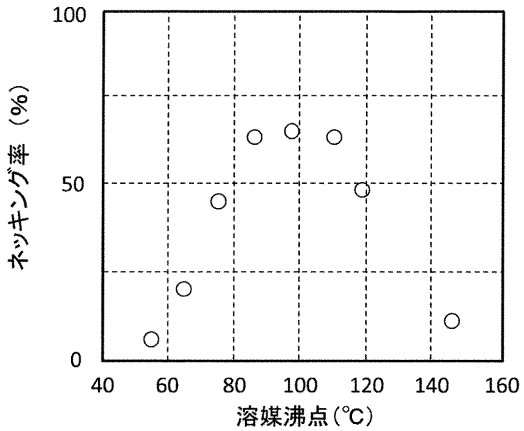
【図２】



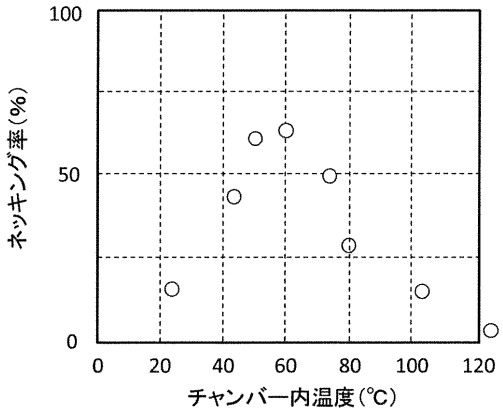
【図３】



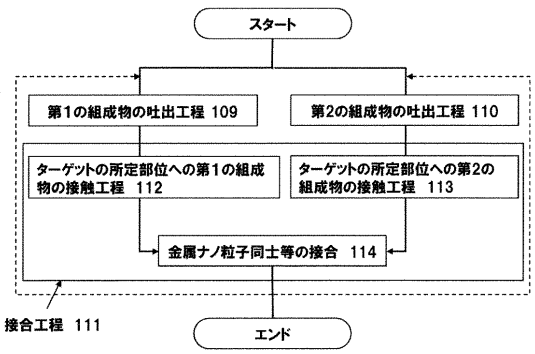
【図４】



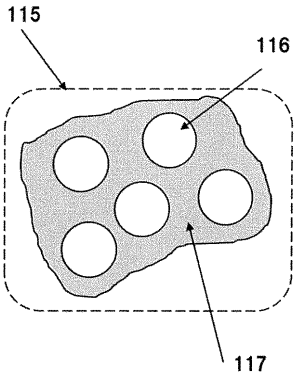
【図５】



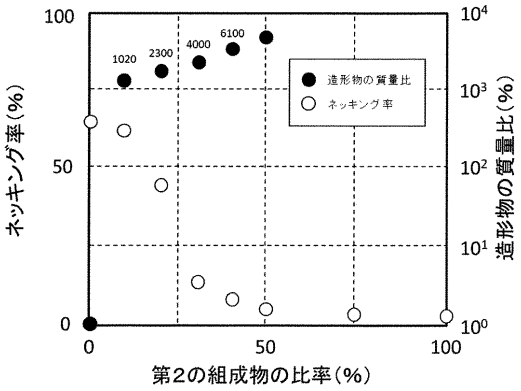
【図６】



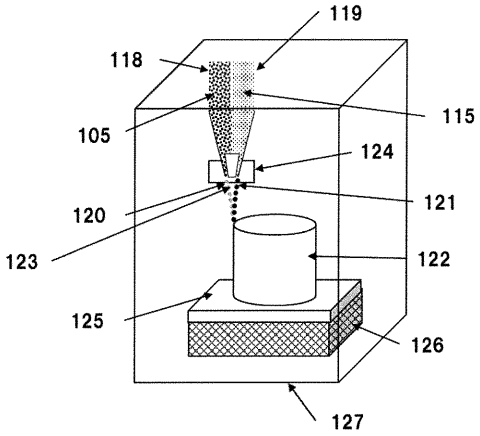
【図７】


115
116
117

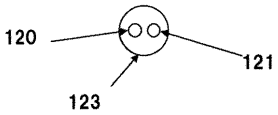
【図８】


100
50
0
0
50
100
1020
2300
4000
6100
造形物の質量比
ネッキング率
ネッキング率（%）
造形物の質量比（%）
第2の組成物の比率（%）

【図９】


119
118
115
105
124
121
120
123
122
125
126
127

【図１０】


120
121
123

フロントページの続き

(72)発明者　石谷　伸治
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　日根　清裕
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　河西　陽子
大阪府門真市大字門真１００６番地　パナソニック株式会社内

Ｆターム(参考) 4K018 AA02 AA03 AA07 AA24 AA40 BA01 BA02 BA04 BA13 BA20
BB04 BB05 BD04 CA33 CA44 EA51 EA60