

(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2017-166050

(P2017-166050A)

(43) 公開日 平成29年9月21日(2017.9.21)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 2 2 F 3/16 (2006.01)	B 2 2 F 3/16	4 F 2 1 3
B 3 3 Y 10/00 (2015.01)	B 3 3 Y 10/00	4 K 0 1 8
B 2 9 C 67/00 (2017.01)	B 2 9 C 67/00	
B 2 2 F 3/105 (2006.01)	B 2 2 F 3/105	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2016-54945 (P2016-54945)
 (22) 出願日 平成28年3月18日 (2016.3.18)

(71) 出願人 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区新宿四丁目1番6号
 (74) 代理人 100116665
 弁理士 渡辺 和昭
 (74) 代理人 100164633
 弁理士 西田 圭介
 (74) 代理人 100179475
 弁理士 仲井 智至
 (72) 発明者 山田 健太郎
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
 (72) 発明者 宮下 武
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

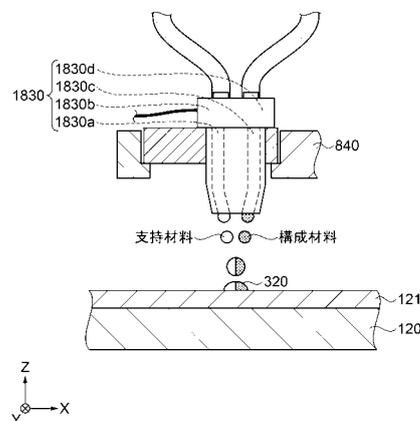
(54) 【発明の名称】 三次元造形物の製造方法

(57) 【要約】

【課題】高精度な三次元造形物を製造する三次元造形物の製造方法を提供する。

【解決手段】本発明の三次元造形物500の製造方法は、第一の粉末と第一の溶媒とバインダーとを含む第一の材料及び、第二の粉末と第二の溶媒とバインダーとを含む第二の材料を吐出手段から吐出して飛翔中に一体化させ、一体化させた第一の材料と第二の材料とにより三次元造形物500の輪郭に相当する輪郭層320を形成する輪郭層形成工程と、吐出手段から第一の材料を輪郭層320の前記第一の粉末側に吐出して、構成層310を形成する構成層形成工程と、吐出手段から第二の材料を輪郭層320の第二の粉末側に吐出して、支持層300を形成する支持層形成工程と、第一の粉末と第二の粉末とにエネルギーを付与し固化させる固化工程と、を有する。

【選択図】 図4B



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

層を形成し、積層することによって三次元造形物を製造する製造方法であって、

第一の粉末と第一の溶媒とバインダーとを含む第一の材料及び第二の粉末と第二の溶媒とバインダーとを含む第二の材料を吐出手段から吐出して飛翔中に一体化させ、一体化させた前記第一の材料と前記第二の材料とにより前記三次元造形物の輪郭に相当する輪郭層を形成する輪郭層形成工程と、

前記吐出手段から前記第一の材料を前記輪郭層の前記第一の粉末側に吐出して、構成層を形成する構成層形成工程と、

前記吐出手段から前記第二の材料を前記輪郭層の前記第二の粉末側に吐出して、支持層を形成する支持層形成工程と、

前記第一の粉末と前記第二の粉末とにエネルギーを付与し固化させる固化工程と、を有することを特徴とする三次元造形物の製造方法。

10

【請求項 2】

前記第一の溶媒と前記第二の溶媒は、少なくとも一つの同一組成の溶媒を含み、

前記第一の材料及び前記第二の材料の粘度範囲はそれぞれ $10 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以上 $20 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以下の範囲内であり、前記第一の材料と前記第二の材料の粘度範囲差が $2 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以下であることを特徴とする請求項 1 に記載の三次元造形物の製造方法。

【請求項 3】

前記第一の粉末の焼結温度又は融点が、前記第二の粉末の焼結温度又は融点よりも低いことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の三次元造形物の製造方法。

20

【請求項 4】

前記第一の粉末は前記三次元造形物を構成する材料であって、アルミ、チタン、鉄、銅、マグネシウム、ステンレス鋼、マルエージング鋼の少なくともいずれか一つの成分を含む粉末であり、

前記第二の粉末は前記三次元造形物を支持する材料であって、シリカ、アルミナ、酸化チタン、酸化ジルコンの少なくともいずれか一つの成分を含む粉末であることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか一項に記載の三次元造形物の製造方法。

【請求項 5】

前記輪郭層形成工程は、前記飛翔方向を軸に前記吐出手段を回転させ、

前記第一の材料を、前記三次元造形物に相当する領域に位置するように吐出することを特徴とする請求項 1 に記載の三次元造形物の製造方法。

30

【請求項 6】

前記固化工程は、前記層毎に行うことを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか一項に記載の三次元造形物の製造方法。

【請求項 7】

前記固化工程は、前記層形成工程が全て終了した後に行うことを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか一項に記載の三次元造形物の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明は、三次元造形物の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、層を積層することにより三次元造形物を製造する製造方法が実施されている。例えば、特許文献 1 には、支持体上に粉末材料からなる層を形成し、層の所定の領域に結合剤を吐出して粉末材料を結合させることによって造形物の断面形状を形成し、これらを繰り返すことにより三次元造形物を製造する技術が知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

50

【 0 0 0 3 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 5 - 0 0 7 5 7 2 号 公 報

【 発 明 の 概 要 】

【 発 明 が 解 決 し よ う と す る 課 題 】

【 0 0 0 4 】

しかしながら従来の三次元造形物の製造方法では、吐出された結合材料としみ出し防止液の粉末材料の層内における浸透性が造形物の輪郭精度を左右していた。特定の位置に着弾した結合材料としみ出し防止液は、粉末材料の層内で相互に影響しあいながら浸透し、浸透した際に形成される界面が造形物の輪郭となるため、着弾する際の時間差が発生してしまうと凹凸が発生し滑らかな表面の表現が困難であった。

10

【 0 0 0 5 】

そこで本発明は、上記の課題を解決すべく、着弾する際の時間差をなくし高精度な輪郭形状を形成できる三次元造形物の製造方法を提供することを目的としている。

【 課 題 を 解 決 す る た め の 手 段 】

【 0 0 0 6 】

[適 用 例 1] 本 適 用 例 に 係 る 三 次 元 造 形 物 の 製 造 方 法 は、層を形成し、積層することによって三次元造形物を製造する製造方法であって、第一の粉末と第一の溶媒とバインダーとを含む第一の材料及び第二の粉末と第二の溶媒とバインダーとを含む第二の材料を吐出手段から吐出して飛翔中に一体化させ、一体化させた前記第一の材料と前記第二の材料とにより前記三次元造形物の輪郭に相当する輪郭層を形成する輪郭層形成工程と、前記吐出手段から前記第一の材料を前記輪郭層の前記第一の粉末側に吐出して、構成層を形成する構成層形成工程と、前記吐出手段から前記第二の材料を前記輪郭層の前記第二の粉末側に吐出して、支持層を形成する支持層形成工程と、前記第一の粉末と前記第二の粉末とにエネルギーを付与し固化させる固化工程と、を有することを特徴とする。

20

【 0 0 0 7 】

本適用例によれば、輪郭層形成工程において、第一の材料と第二の材料は飛翔中に一体化し、第一の材料と第二の材料の界面が着弾前に形成される。飛翔中に形成された界面は着弾後も維持されるため、ぬれ広がり速度及び、着弾する際の時間差による輪郭形成時の寸法誤差を排除することができ、高精度に造形物の輪郭を形成できる。その結果、高精度な三次元造形物を得ることができる。また、輪郭層形成工程と、構成層形成工程と、支持層形成工程と、固化工程と、を有し、あらかじめ輪郭層形成工程により輪郭層を先に形成し、輪郭層によって区切られた構成層の領域と支持層の領域にそれぞれ第一の材料と第二の材料を配置することができる。これによって、構成層及び支持層の形成時に吐出される材料による輪郭層へのぬれ広がりによる材料配置位置への干渉を防ぐことができるため、造形精度を向上することができる。さらに、輪郭層形成工程の直後に固化工程を実施することもできる。これによって先に形成した輪郭層を固定して、構成層形成工程及び支持層形成工程による輪郭位置の干渉を防ぐことにより、造形精度を向上することができる。

30

【 0 0 0 8 】

[適 用 例 2] 上 記 適 用 例 に 記 載 の 三 次 元 造 形 物 の 製 造 方 法 に お い て、前記第一の溶媒と前記第二の溶媒は、少なくとも一つの同一組成の溶媒を含み、前記第一の材料及び前記第二の材料の粘度範囲はそれぞれ $10 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以上 $20 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以下の範囲内であり、前記第一の材料と前記第二の材料の粘度範囲差が $2 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以下であることが好ましい。

40

【 0 0 0 9 】

本適用例によれば、第一の溶媒と第二の溶媒とは少なくとも一つの同一組成の溶媒を含むため、界面での親和性を持ち、飛翔中に一体化することができる。また、材料の粘度範囲が $10 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以上 $20 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以下であれば、第一の材料と第二の材料とが一体化してから固化工程までの時間に第一の粉末と第二の粉末とが分散して混じり合うことを防ぐことができる。そのため、固化工程の後に第二の材料を除去すると、固化された第一の材料による滑らかな輪郭表面を得ることができ、造形精度を高めることができる。また、粘度範囲差を $2 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以下にすることで、着弾した後に第一の材料の高さと第二の材料の

50

高さの差を抑えることができる。そのため、層の厚み方向の寸法誤差を軽減でき、造形精度を向上することができる。

【0010】

[適用例3] 上記適用例に記載の三次元造形物の製造方法において、前記第一の粉末の焼結温度又は融点が、前記第二の粉末の焼結温度又は融点よりも低いことが好ましい。

【0011】

本適用例によれば、第一の粉末の焼結温度又は融点が、第二の粉末の焼結温度又は融点よりも低く、その差を利用して、固化工程後容易に第一の材料と第二の材料とを分離することができる。これによって簡単に三次元造形物を得ることができる。

【0012】

[適用例4] 上記適用例に記載の三次元造形物の製造方法において、前記第一の粉末は前記三次元造形物を構成する材料であって、アルミ、チタン、鉄、銅、マグネシウム、ステンレス鋼、マルエージング鋼の少なくともいずれか1つの成分を含む粉末であり、前記第二の粉末は前記三次元造形物を支持する材料であって、シリカ、アルミナ、酸化チタン、酸化ジルコンの少なくともいずれか1つの成分を含む粉末であることが好ましい。

【0013】

本適用例によれば、三次元造形物を構成する材料である第一の粉末及び三次元造形物を支持する材料である第二の粉末の焼結温度又は融点の差により、固化工程において、第一の粉末のみを選択的に固化させ、第二の粉末を粉末状態もしくは除去容易な程度の焼結状態に留めておくことが容易であるため、三次元造形物の強度を確保しつつ、三次元造形物を取り外す際の分離作業や取り外した後の成形作業などの負荷が大きくなるということを抑制できる。

【0014】

[適用例5] 上記適用例に記載の三次元造形物の製造方法において、前記輪郭層形成工程は、前記飛翔方向を軸に前記吐出手段を回転させ、前記第一の材料を、前記三次元造形物に相当する領域に位置するように吐出することが好ましい。

【0015】

本適用例によれば、飛翔方向を軸に吐出手段を回転させることによって、第一の材料と第二の材料との界面を任意の方向に制御できるため、造形物の輪郭に沿った方向に第一の材料と第二の材料との界面を形成することができる。これによって、造形精度を高めることができる。

【0016】

[適用例6] 上記適用例に記載の三次元造形物の製造方法において、前記固化工程は、前記層毎に行うことが好ましい。

【0017】

本適用例によれば、固化工程を層毎に行った場合には、エネルギー付与が層毎に調整でき固化を効率的に実行することが可能になる。

【0018】

[適用例7] 上記適用例に記載の三次元造形物の製造方法において、前記固化工程は、前記層形成工程が全て終了した後に行うことが好ましい。

【0019】

本適用例によれば、全層の三次元造形物を固化対象として行った場合には、全体として三次元造形物の寸法の変化を和らげることができる。特に本態様は焼結による固化手段を採用した場合に適している。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明の実施形態に係る三次元造形物の製造方法に用いる製造装置の構成を示す概略構成図。

【図2】図1に示すC部の拡大図。

【図3】本発明の実施形態に係る三次元造形物の製造方法のフローチャート。

10

20

30

40

50

【図 4 A】構成材料と支持材料とを連続体状に吐出する方法を説明する図。

【図 4 B】構成材料と支持材料とを液滴状に吐出する方法を説明する図。

【図 5 A】本発明の実施形態に係る吐出部の配置と、三次元造形物の形成形態と、の関係を概念的に説明する平面図。

【図 5 B】本発明の実施形態に係る吐出部の配置と、三次元造形物の形成形態と、の関係を概念的に説明する平面図。

【図 5 C】本発明の実施形態に係る吐出部の配置と、三次元造形物の形成形態と、の関係を概念的に説明する平面図。

【図 6 A】図 5 A に示す A 部の拡大図。

【図 6 B】図 5 A に示す A 部の拡大図（吐出部回転後）。

【図 7】吐出部から構成材料のみを吐出する方法を説明する図。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下、図面を参照して、本発明に係る実施形態を説明する。なお、以下の各図においては、各層や各部材を認識可能な程度の大きさにするため、各層や各部材の尺度を実際とは異ならせしめている。また、各図では、説明の便宜上、互いに直交する 3 軸として、X 軸、Y 軸及び Z 軸を図示しており、以下の説明では、X 軸に平行な方向を「X 軸方向」と言い、Y 軸に平行な方向を「Y 軸方向」と言い、Z 軸に平行な方向を「Z 軸方向」と言う。

【0022】

< 三次元造形物の製造装置 >

まず、本発明の実施形態に係る三次元造形物 500 の製造方法に用いる製造装置 2000 の構成について、図 1 を参照し説明する。

図 1 は、本発明の実施形態に係る三次元造形物の製造方法に用いる製造装置の構成を示す概略構成図である。

本実施形態の三次元造形物 500 の製造装置 2000 は、材料を供給する吐出手段である吐出部 1830 と材料を固化するレーザー照射部 3100 とを備えている。吐出部 1830 から供給されるのは、第一の材料としての構成材料と、第二の材料としての支持材料である。構成材料には、第一の粉末である三次元造形物 500 を構成する粉末と、第一の溶媒と、バインダーと、が含まれる。また、支持材料には、第二の粉末である三次元造形物 500 を支持する支持部を形成する粉末と、第二の溶媒と、バインダーと、が含まれる。

なお、本明細書における「三次元造形」とは、いわゆる立体造形物を形成することを示すものであって、例えば、平板状、いわゆる二次元形状の形状であっても厚さを有する形状を形成することも含まれる。また、「支持する」とは、下側から支持する場合の他、横側から支持する場合や、場合によっては上側から支持する場合も含む意味である。

【0023】

図 1 に示す三次元造形物 500 の製造装置 2000 は、基台 110 と、基台 110 に備える駆動手段によって、図示する X, Y, Z 方向の移動、あるいは Z 軸を中心とする回転方向に駆動可能に備えられたステージ 120 と、吐出部 1830 及びステージ 120 を制御する制御ユニット 400 と、吐出部 1830 に構成材料を供給する構成材料供給ユニット 1210 と、吐出部 1830 に支持材料を供給する支持材料供給ユニット 1710 と、を備えている。吐出部 1830 は、一方の端部が基台 110 に固定されたヘッドベース 840 のステージ 120 に向かい合う端部に保持されている。また、構成材料及び支持材料を焼結または溶融させるためのレーザー照射部 3100 と、レーザー照射部 3100 からのレーザー光を位置決めするガルバノミラー 3000 をステージ 120 の上方に備えている。ただし、このような構成に限定されない。

【0024】

ステージ 120 上には、三次元造形物 500 が形成される過程での層 501, 502, 503 が形成される。三次元造形物 500 の形成には、レーザーなどによる熱エネルギーの照射がなされるため、ステージ 120 の熱からの保護のため、耐熱性を有する試料プレ

10

20

30

40

50

ート121を用いて、試料プレート121の上に三次元造形物500を形成してもよい。本実施形態の試料プレート121は頑丈で製造の容易な金属製のものである。しかしながら、試料プレート121としては、例えばセラミック板を用いることで、高い耐熱性を得ることができ、更に熔融（あるいは焼結されてもよい）される三次元造形物500の構成材料との反応性も低く、三次元造形物500の変質を防止することができる。なお、図1では、説明の便宜上、層501, 502, 503の3層を例示したが、所望の三次元造形物500の形状まで（図1中の層50nまで）積層される。ここで、層501, 502, 503, . . . , 50nは、各々、吐出部1830から吐出される、支持材料と構成材料により二種材料の境界面を形成する輪郭層320と、支持材料のみで形成される支持層300と、構成材料のみで形成される構成層310と、で構成される。

10

【0025】

次に、構成材料と支持材料とを吐出する吐出部1830について、図2を参照し説明する。

図2は、図1に示すC部の拡大図である。

吐出部1830は、図2に示すように、構成材料を吐出するための構成材料吐出ノズル1830c及び構成材料吐出駆動部1830dと、支持材料を吐出するための支持材料吐出ノズル1830a及び支持材料吐出駆動部1830bと、を備えている。構成材料吐出駆動部1830dは、構成材料供給ユニット1210と供給チューブを介して接続されており、構成材料供給ユニット1210の構成材料を構成材料吐出ノズル1830cに供給し吐出する。支持材料吐出駆動部1830bは、支持材料供給ユニット1710と供給チューブを介して接続されており、支持材料供給ユニット1710の支持材料を支持材料吐出ノズル1830aに供給し吐出する。

20

【0026】

吐出部1830が備える構成材料吐出ノズル1830cの出口穴と、支持材料吐出ノズル1830aの出口穴との間隔は1mm程度が好ましい。また、吐出部1830と試料プレート121の距離は5mm程度であり、構成材料吐出ノズル1830cと支持材料吐出ノズル1830aそれぞれの中心軸のなす角は19度程度であることが好ましい。

【0027】

構成材料吐出ノズル1830cと、支持材料吐出ノズル1830aより、それぞれから構成材料と支持材料が同時に吐出されると、吐出部1830から3mm程度飛翔した位置で構成材料と支持材料は一体化する。一体化した構成材料と支持材料は互いにXY軸方向の速度成分が相殺され、略Z方向へ飛翔し試料プレート121へ着弾する。このとき構成材料と支持材料の吐出量はそれぞれ3nL程度であり、吐出速度はそれぞれ10m/s程度であることが好ましい。このような吐出条件により、構成材料と支持材料が一体化する際の飛散を防ぐことができる。

30

【0028】

吐出部1830は、構成材料を収容した構成材料供給ユニット1210及び支持材料を収容した支持材料供給ユニット1710に接続されている。そして、構成材料が構成材料供給ユニット1210から、吐出部1830に供給される。また、支持材料が支持材料供給ユニット1710から、吐出部1830に供給される。支持材料は構成材料より融点の高い材料を選択することで、三次元造形物500を取り外す際の分離作業や取り外した後の成形作業などの負荷が大きくなるということを抑制できる。

40

【0029】

再び図1に戻り、制御ユニット400は、図示しない、例えばパーソナルコンピュータ等のデータ出力装置から出力される三次元造形物500の造形用データに基づいて、ステージ120と吐出部1830とを制御している。そして、制御ユニット400により、ステージ120及び吐出部1830が連携して駆動及び動作するように制御している。

【0030】

基台110に移動可能に備えられているステージ120は、制御ユニット400からステージ120の移動開始と停止、移動方向、移動量、移動速度などを制御する信号が送ら

50

れ、X, Y, Z方向に移動する。材料供給コントローラ1500は、制御ユニット400からの制御信号に基づき、支持材料吐出駆動部1830bにおける支持材料吐出ノズル1830aからの支持材料吐出量などを制御する信号を生成し、その信号により支持材料吐出ノズル1830aから所定量の支持材料が吐出される。また、材料供給コントローラ1500は、制御ユニット400からの制御信号に基づき、構成材料吐出駆動部1830dにおける構成材料吐出ノズル1830cからの構成材料吐出量などを制御する信号を生成し、その信号により構成材料吐出ノズル1830cから所定量の構成材料が吐出される。この支持材料と構成材料とを同時に吐出することにより、飛翔中に二つの材料を一体化させて境界を形成し、それが着弾して輪郭層320を形成することができる。

【0031】

次に、構成材料及び支持材料の構成材料について説明する。

三次元造形物500を構成する粉末である第一の粉末としては、例えばマグネシウム(Mg)、鉄(Fe)、コバルト(Co)やクロム(Cr)、アルミニウム(Al)、チタン(Ti)、銅(Cu)、ニッケル(Ni)の単体粉末、もしくはこれらの金属を1つ以上含む合金(マルエージング鋼、ステンレス、コバルトクロムモリブデン、チタニウム合金、ニッケル合金、アルミニウム合金、コバルト合金、コバルトクロム合金)などの混合粉末を用いることが可能である。また、ポリアミド、ポリアセタール、ポリカーボネート、変性ポリフェニレンエーテル、ポリブチレンテレフタレート、ポリエチレンテレフタレートなどの汎用エンジニアリングプラスチックを用いることが可能である。その他、ポリサルフォン、ポリエーテルサルフォン、ポリフェニレンサルファイド、ポリアリレート、ポリイミド、ポリアミドイミド、ポリエーテルイミド、ポリエーテルエーテルケトンなどのエンジニアリングプラスチックも用いることが可能である。

【0032】

また、三次元造形物500を支持する粉末である第二の粉末としては、例えばシリカ、アルミナ、酸化チタン、酸化亜鉛、酸化ジルコン、酸化錫、酸化マグネシウム、チタン酸カリウム等の各種金属酸化物、水酸化マグネシウム、水酸化アルミニウム、水酸化カルシウム等の各種金属水酸化物、窒化珪素、窒化チタン、窒化アルミ等の各種金属窒化物；炭化珪素、炭化チタン等の各種金属炭化物、硫化亜鉛等の各種金属硫化物、炭酸カルシウム、炭酸マグネシウム等の各種金属の炭酸塩、硫酸カルシウム、硫酸マグネシウム等の各種金属の硫酸塩、ケイ酸カルシウム、ケイ酸マグネシウム等の各種金属のケイ酸塩、リン酸カルシウム等の各種金属のリン酸塩、ホウ酸アルミニウム、ホウ酸マグネシウム等の各種金属のホウ酸塩や、これらの複合物等、石膏(硫酸カルシウムの各水和物、硫酸カルシウムの無水物)などの混合粉末を用いることが可能である。

【0033】

このように、第一の粉末及び第二の粉末に特に限定はなく、上記金属以外の金属やセラミックスや樹脂等も使用可能である。但し、第二の粉末には第一の粉末より融点の高い材料を選択するほうが好ましい。第一の粉末に金属を用いる場合は、第二の粉末としては、より融点の高いセラミックス粉末などを用いることが好ましい。これは第一の粉末にエネルギーを付与して固化する際に、より高い温度で固化される材質を選択することで、第一の粉末のみを選択的に固化させ、第二の粉末を粉末状態もしくは除去容易な程度の焼結状態に留めておくことにより、三次元造形物500を取り外す際の分離作業や取り外した後の成形作業の負荷を抑制できるためである。

【0034】

構成材料に含まれる第一の溶媒としては、例えば、水；エチレングリコールモノメチルエーテル、エチレングリコールモノエチルエーテル、プロピレングリコールモノメチルエーテル、プロピレングリコールモノエチルエーテル等の(ポリ)アルキレングリコールモノアルキルエーテル類；酢酸エチル、酢酸n-プロピル、酢酸iso-プロピル、酢酸n-ブチル、酢酸iso-ブチル等の酢酸エステル類；ベンゼン、トルエン、キシレン等の芳香族炭化水素類；メチルエチルケトン、アセトン、メチルイソブチルケトン、エチル-n-ブチルケトン、ジイソプロピルケトン、アセチルアセトン等のケトン類；エタノール

10

20

30

40

50

、プロパノール、ブタノール等のアルコール類；テトラアルキルアンモニウムアセテート類；ジメチルスルホキシド、ジエチルスルホキシド等のスルホキシド系溶剤；ピリジン、
 -ピコリン、2,6-ルチジン等のピリジン系溶剤；テトラアルキルアンモニウムアセテート（例えば、テトラブチルアンモニウムアセテート等）等のイオン液体等が挙げられ、これらから選択される1種または2種以上を組み合わせる用いることができる。

【0035】

また、支持材料に含まれる第二の溶媒としては、前記第一の溶媒の例に挙げた溶媒を用いることができ、これらから選択される1種または2種以上を組み合わせる用いることができる。ただし、第一の溶媒に対して少なくとも一つの同一組成の溶媒を含む。

【0036】

バインダーとしては、例えば、アクリル樹脂、エポキシ樹脂、シリコーン樹脂、セルロース系樹脂或いはその他の合成樹脂又はPLA（ポリ乳酸）、PA（ポリアミド）、PPS（ポリフェニレンサルファイド）或いはその他の熱可塑性樹脂である。

【0037】

なお、第一の材料及び第二の材料の粘度範囲はそれぞれ10 Pa・s以上20 Pa・s以下の範囲内であり、第一の材料と第二の材料との粘度範囲差が2 Pa・s以下であることが好ましい。第一の材料及び第二の材料の粘度範囲はそれぞれ10 Pa・s以上20 Pa・s以下の範囲内とすることで、輪郭層形成工程において、第一の材料と第二の材料が一体化してから固化工程までの時間に第一の粉末と第二の粉末が分散して混じり合うことを防ぐことができる。また、粘度範囲差を2 Pa・s以下にすることで、着弾した後に第一の材料の高さと第二の材料の高さの差を抑えることができる。

【0038】

構成材料と支持材料は同程度の固形分濃度であることが好ましく、その割合は90 wt %程度が好ましい。これによって、固化工程時において層の厚みを均一とすることができる。

【0039】

<三次元造形物の製造方法>

次に、上記製造装置2000を用いて行う三次元造形物500の製造方法の一例について、図3を参照して説明する。図3は、本発明の実施形態に係る三次元造形物の製造方法のフローチャートである。

【0040】

本実施形態の三次元造形物500の製造方法は、図3に示すように、最初にステップS110で、三次元造形物500のデータを制御ユニット400に取得する。詳細には、例えばパーソナルコンピュータにおいて実行されているアプリケーションプログラム等から、三次元造形物500の形状を表すデータを取得する。

【0041】

次に、ステップS120で、層毎のデータを作成する。詳細には、三次元造形物500の形状を表すデータにおいて、Z方向の造形解像度に従ってスライスし、断面毎にビットマップデータ（断面データ）を制御ユニット400で生成する。

この際、生成されるビットマップデータは、三次元造形物500の非構成領域（支持層300の形成領域）と、三次元造形物500の構成領域（構成層310の形成領域）と、その輪郭領域（輪郭層320の形成領域）と、に区別されたデータとなる。

【0042】

次に、ステップS130で、形成しようとする層のデータが、三次元造形物500の非構成領域（支持層300）を形成するデータか、三次元造形物500の構成領域（構成層310）を形成するデータか、輪郭領域（輪郭層320）を形成するデータかを判断する。なお、この判断は制御ユニット400により行われる。

本ステップで、支持層300を形成するデータと判断された場合はステップS140に進み、構成層310を形成するデータと判断された場合はステップS150に進み、輪郭層320を形成するデータと判断された場合はステップS190に進む。

10

20

30

40

50

以下では、輪郭層 3 2 0、構成層 3 1 0、支持層 3 0 0 の順に製造する方法を一例として挙げ説明する。

【 0 0 4 3 】

(輪郭層形成工程)

ステップ S 1 9 0 の輪郭層形成工程は、第一の粉末と第一の溶媒とバインダーとを含む構成材料と、第二の粉末と第二の溶媒とバインダーとを含む支持材料を吐出部 1 8 3 0 から吐出して飛翔中に一体化させ、一体化させた構成材料と支持材料とにより三次元造形物 5 0 0 の輪郭に相当する輪郭層 3 2 0 を形成する工程である。なお、構成材料と支持材料とを吐出する方法は、二通りあるので、図 4 A と図 4 B を参照して説明する。図 4 A は、構成材料と支持材料とを連続体状に吐出する方法を説明する図である。図 4 B は、構成材料と支持材料とを液滴状に吐出する方法を説明する図である。図 2 に示す吐出部 1 8 3 0 の第一の吐出方法は、図 4 A に示すように、構成材料及び支持材料が連続体状で吐出される状態により輪郭層 3 2 0 を形成する形態である。また、第二の吐出方法は、図 4 B に示すように、構成材料及び支持材料が液滴状で供給される状態により輪郭層 3 2 0 を形成する形態である。構成材料及び支持材料の吐出形態は、液滴状であっても連続体状であっても、どちらでもよいが、本実施形態では構成材料及び支持材料が液滴状で吐出される形態により説明する。

10

【 0 0 4 4 】

以下、輪郭層 3 2 0 の形成手順について、図 5 A ~ 図 5 C 及び図 6 A ~ 図 6 B を参照して説明する。図 5 A ~ 図 5 C は、吐出部 1 8 3 0 の配置と、三次元造形物 5 0 0 の形成形態と、の関係を概念的に説明する平面図である。図 6 A ~ 図 6 B は、図 5 A に示す A 部の拡大図である。なお、輪郭層形成工程では、ヘッドベース 8 4 0 に 4 個の吐出部 1 8 3 0 が備えられた例を挙げて説明する。

20

【 0 0 4 5 】

ヘッドベース 8 4 0 には、図 5 A に示すように、4 個の吐出部 1 8 3 1 ~ 1 8 3 4 が、Y 軸方向に沿って千鳥配列に配置されている。まず、ステージ 1 2 0 が X 軸方向に移動すると、複数の吐出部 1 8 3 1 ~ 1 8 3 4 から構成材料及び支持材料がほぼ同じ体積量、且つ、同じタイミングにて液滴状態で吐出され、試料プレート 1 2 1 の所定の位置 (三次元造形物 5 0 0 の輪郭となるべき領域) に一体化された構成材料及び支持材料が配置され、輪郭層 3 2 0 が形成される。輪郭層 3 2 0 の膜厚 (構成材料及び支持材料の高さ) には均一性が求められるため、構成材料及び支持材料に含まれる粉末の固形分濃度は略等しく調整されている。具体的には、図 5 A に示すように、ステージ 1 2 0 を X 軸方向に移動させながら、吐出部 1 8 3 1 ~ 1 8 3 4 から構成材料及び支持材料を吐出して飛翔中に一体化させ、一体化した構成材料及び支持材料による複合材料が試料プレート 1 2 1 の所定の位置に配置され、輪郭層構成部 3 2 0 a、3 2 0 b、3 2 0 c 及び 3 2 0 d が形成される。なお、X 軸方向と交差する方向で三次元造形物 5 0 0 の輪郭を形成する場合は、図 6 A 及び図 6 B に示すように、飛翔方向である Z 軸を中心に所定の角度分だけ支持材料吐出ノズル 1 8 3 0 a 及び構成材料吐出ノズル 1 8 3 0 c を回転調整させて吐出させる。次に、吐出部 1 8 3 1 ~ 1 8 3 4 の Y 軸方向における 2 ライン目の輪郭層構成部 (3 2 0 a' , 3 2 0 b' , 3 2 0 c' , 3 2 0 d') を形成するため、Y 軸方向にステージ 1 2 0 を移動させる。移動量は、ノズル間のピッチを P とすると、 P/n (n は自然数) ピッチ分だけ Y 軸方向に移動させる。本実施例では n を 3 として説明する。

30

40

【 0 0 4 6 】

上記のように輪郭層構成部を形成することによって、図 5 A に示すように、吐出部 1 8 3 1 ~ 1 8 3 4 の X 軸方向における 1 ライン分 (Y 軸方向における 1 ライン目) の輪郭層構成部 (3 2 0 a , 3 2 0 b , 3 2 0 c , 3 2 0 d) と、図 5 B に示すように、Y 軸方向における 2 ライン目の輪郭層構成部 (3 2 0 a' , 3 2 0 b' , 3 2 0 c' , 3 2 0 d') が形成される。

【 0 0 4 7 】

次に、吐出部 1 8 3 1 ~ 1 8 3 4 の Y 軸方向における 3 ライン目の輪郭層構成部 (3 2

50

0 a' , 3 2 0 b' , 3 2 0 c' , 3 2 0 d') を形成するため、Y 軸方向にステージ 1 2 0 を移動させる。移動量は、P / 3 ピッチ分だけ Y 軸方向に移動させる。そして、上記と同様な動作を行うことで、図 5 C に示すように、Y 軸方向における 3 ライン目の輪郭層構成部 (3 2 0 a' , 3 2 0 b' , 3 2 0 c' , 3 2 0 d') が形成され、輪郭層 3 2 0 を得ることができる。

【 0 0 4 8 】

(輪郭層固化工程)

次に、ステップ S 2 0 0 の輪郭層固化工程に進む。本実施形態では、輪郭層構成部からなる輪郭層 3 2 0 を形成してから、レーザー照射部 3 1 0 0 及びガルバノミラー 3 0 0 0 を用いて輪郭層 3 2 0 を焼結または溶融し固化する。なお、輪郭層構成部が形成される毎に輪郭層構成部をそれぞれ焼結または溶融し固化してもよい。このとき、構成材料及び支持材料に含まれる溶媒やバインダー等の有機成分は気化もしくは熱分解して気化し除去される。なお、本ステップは、不活性ガスや触媒ガス雰囲気の下で行うことが特に好ましい。

10

【 0 0 4 9 】

(構成層形成工程)

次に、構成層 3 1 0 を形成する工程であるステップ S 1 5 0 の構成層形成工程に進む。ステップ S 1 5 0 の構成層形成工程は、構成材料のみを吐出部 1 8 3 0 から吐出して構成層 3 1 0 を形成する工程である。次に、構成層 3 1 0 の形成手順について説明する。構成層形成工程において、構成材料のみを液滴の状態に吐出部 1 8 3 0 から吐出させて構成層 3 1 0 を形成する。構成材料は、輪郭層の第一の粉末を含む構成材料面に接するように吐出される。このとき、輪郭層形成工程で輪郭層 3 2 0 を形成する際に吐出される構成材料の液滴量よりも、構成層形成工程で構成層 3 1 0 を形成する際に吐出される液滴量の方が大きい。つまり、構成層 3 1 0 を形成する際の液滴よりも小さい液滴で輪郭層 3 2 0 を形成する。すなわち、相対的に小さい液滴で三次元造形物 5 0 0 の輪郭の形状を決定する輪郭層 3 2 0 を形成し、相対的に大きい液滴で三次元造形物 5 0 0 の内部を構成する構成層 3 1 0 を形成する。このため、三次元造形物 5 0 0 において高い精度で形成する必要がある輪郭の形状を決定する輪郭層 3 2 0 を高い精度で形成することができるとともに、三次元造形物 5 0 0 において高い精度で形成する必要のない内部を構成する構成層 3 1 0 を迅速に形成できる。具体的には、輪郭層 3 2 0 を形成する際の吐出量 3 n L に対し、構成層 3 1 0 を形成する際の吐出量は 6 n L であることが好ましい。なお、上述した連続体状で構成層 3 1 0 を形成してもよい。

20

30

【 0 0 5 0 】

ここで、吐出部 1 8 3 0 から構成材料のみを吐出する方法について、図 7 を参照して説明する。図 7 は、吐出部から構成材料のみを吐出する方法を説明する図である。吐出部 1 8 3 0 から構成材料のみを吐出すると、図 7 に示すように、構成材料吐出ノズル 1 8 3 0 c は Z 軸に対し 9 . 5 度程度の傾きを持っているため飛翔方向は構成材料吐出ノズル 1 8 3 0 c に沿って傾く。この際に着弾位置は輪郭層 3 2 0 を形成した際の位置からオフセット量 θ だけずれる。オフセット量 θ はおよそ 0 . 3 3 mm であり、この分だけ吐出部 1 8 3 0 とステージ 1 2 0 の相対位置を補正して任意の位置に構成材料を供給する。

40

【 0 0 5 1 】

(構成層固化工程)

構成層 3 1 0 を形成後は、ステップ S 1 7 0 の構成層固化工程に進む。ステップ S 1 7 0 の構成層固化工程では、レーザー照射部 3 1 0 0 及びガルバノミラー 3 0 0 0 を用いて構成層 3 1 0 を焼結または溶融し固化する。このとき、輪郭層の構成材料面を含めて焼結または溶融し固化することにより平坦性を向上させることができる。このとき、構成材料に含まれる第一の溶媒やバインダー等の有機成分は気化もしくは熱分解して気化し徐々される。なお、不活性ガスや触媒ガス雰囲気の下で行うことが特に好ましい。

【 0 0 5 2 】

(支持層形成工程)

50

次に、支持層 300 を形成する工程であるステップ S 140 の支持層形成工程に進む。ステップ S 140 の支持層形成工程は、支持材料のみを吐出部 1830 から吐出して支持層 300 を形成する工程である。次に、支持層 300 の形成手順について説明する。支持層形成工程において、支持材料のみを液滴の状態では吐出部 1830 から吐出させて支持層 300 を形成する。支持材料は、輪郭層の第二の粉末を含む支持材料面に接するように吐出される。このとき、輪郭層形成工程で輪郭層 320 を形成する際に吐出される支持材料の液滴量よりも、支持層形成工程で支持層 300 を形成する際に吐出される液滴量の方が大きい。つまり、支持層 300 を形成する際の液滴よりも小さい液滴で輪郭層 320 を形成する。すなわち、相対的に小さい液滴で三次元造形物 500 の輪郭の形状を決定する輪郭層 320 を形成し、相対的に大きい液滴で三次元造形物 500 を支持する支持層 300 を形成する。このため、三次元造形物 500 において高い精度で形成する必要のある輪郭の形状を決定する輪郭層 320 を高い精度で形成することができるとともに、三次元造形物 500 において高い精度で形成する必要のない支持層 300 を迅速に形成できる。具体的には、輪郭層 320 を形成する際の吐出量 3 nL に対し、支持層 300 を形成する際の吐出量は 6 nL であることが好ましい。なお、上述した連続体状で支持層 300 を形成してもよい。

10

20

30

40

50

【0053】

また、上述の構成材料と同じく、吐出部 1830 から支持材料のみを吐出すると、支持材料吐出ノズル 1830 a は Z 軸に対し 9.5 度程度の傾きを持っているため飛翔方向は支持材料吐出ノズル 1830 a に沿って傾く。この際に着弾位置は輪郭層 320 を形成した際の位置からオフセット量 O だけずれる。オフセット量 O はおよそ 0.33 mm であり、この分だけ吐出部 1830 とステージ 120 の相対位置を補正して任意の位置に支持材料を供給する。

【0054】

(支持層固化工程)

支持層 300 を形成後は、ステップ S 160 の支持層固化工程に進む。ステップ S 160 の支持層固化工程では、レーザー照射部 3100 及びガルバノミラー 3000 を用いて支持層 300 を焼結する。輪郭層 320 の支持材料面を含めて焼結することにより平坦性を向上させることができる。このとき、支持材料に含まれる第二の溶媒やバインダー等の有機成分は気化もしくは熱分解して気化し除去される。ただし、本ステップ(ステップ S 160)は、省略してもよい。

【0055】

以上により、輪郭層 320、構成層 310、支持層 300 から構成される層 501 が形成される。そして、ステップ S 180 により、ステップ S 120 において生成された各層に対応するビットマップデータに基づく三次元造形物 500 の形成が終了するまで、ステップ S 130 からステップ S 180 ままで繰り返される。

【0056】

つまり、輪郭層 320、構成層 310、及び支持層 300 の層毎に固化工程を行い、積層体としての三次元造形物 500 を形成している。そして、ステップ S 180 の終了に伴い、本実施例の三次元造形物 500 の製造方法を終了する。

なお、固化工程を層毎に行った場合には、エネルギー付与が層毎に調整でき固化を効率的に実行することが可能となる。

また、ステップ S 140 の支持層 300 形成、ステップ S 150 の構成層 310 形成、ステップ S 190 の輪郭層 320 形成の順番は、特に限定されない。

【0057】

次に、上述の本実施形態に係る三次元造形物 500 の製造方法の他の実施例について説明する。上述した実施形態では、輪郭層形成工程、構成層形成工程、支持層形成工程それぞれの工程ごとに固化工程を有していた。本実施例では、固化工程は、積層体として三次元造形物 500 を形成した後一括で行うものである。具体的には、製造装置 2000 とは別に設けられた恒温槽(加熱部)で第一の粉末の焼結温度(第二の粉末の焼結温度未満

)になるように加熱し、構成層310を焼結し固化する。固化工程により、構成材料及び支持材料に含まれる溶媒やバインダー等の有機成分を熱分解して気化させるので、未焼結の支持層300は、粉末状態となり、焼結した構成層310から容易に除去することが可能である。

【0058】

また、上述した実施形態では、構成材料及び支持材料を用いたが、構成材料及び支持材料とは異なる材料を吐出可能なヘッドユニットから吐出して、構成層310や支持層300を形成しても良い。その結果、異種材料から構成される三次元造形物500を得ることができる。

【0059】

以上述べたように、本実施形態に係る三次元造形物500の製造方法によれば、以下の効果を得ることができる。

輪郭層形成工程において、第一の材料と第二の材料は飛翔中に一体化し、第一の材料と第二の材料の界面が着弾前に形成される。飛翔中に形成された界面は着弾後も維持されるため、ぬれ広がり速度及び、着弾する際の時間差による輪郭形成時の寸法誤差を排除することができ、高精度に造形物の輪郭を形成できる。その結果、高精度な三次元造形物500を得ることができる。また、輪郭層形成工程と、構成層形成工程と、支持層形成工程と、固化工程と、を有し、あらかじめ輪郭層形成工程により輪郭層320を先に形成し、輪郭層320によって区切られた構成層310の領域と支持層300の領域にそれぞれ第一の材料と第二の材料を配置することができる。これによって、構成層310及び支持層300の形成時に吐出される材料による輪郭層320へのぬれ広がりによる材料配置位置への干渉を防ぐことができるため、造形精度を向上することができる。さらに、輪郭層形成工程の直後に固化工程を実施することもできる。これによって先に形成した輪郭層320を固定して、構成層形成工程及び支持層形成工程による輪郭位置の干渉を防ぐことにより、造形精度を向上することができる。

【0060】

また、第一の溶媒と第二の溶媒は、少なくとも一つの同一組成の溶媒を含むため、界面での親和性を持ち、飛翔中に一体化することができる。また、材料の粘度範囲が $10\text{ Pa}\cdot\text{s}$ 以上 $20\text{ Pa}\cdot\text{s}$ 以下であれば、構成材料と支持材料とが一体化してから固化工程までの時間に構成粉末と支持粉末とが分散して混じり合うことを防ぐことができる。そのため固化工程の後に支持材料を除去すると、固化された構成材料による滑らかな輪郭表面を得ることができ、造形精度を高めることができる。また、粘度範囲差を $2\text{ Pa}\cdot\text{s}$ 以下にすることで、着弾した後に構成材料の高さと支持材料の高さの差を抑えることができる。そのため、層の厚み方向の寸法誤差を軽減でき、造形精度を向上することができる。

【0061】

また、第一の粉末の焼結温度又は融点が、第二の粉末の焼結温度又は融点よりも低いので、その差を利用して、固化工程後容易に構成材料と支持材料とを分離することができる。これによって簡単に三次元造形物500を得ることができる。

【0062】

また、第一の粉末は三次元造形物500を構成する材料であって、アルミ、チタン、鉄、銅、マグネシウム、ステンレス鋼、マルエージング鋼の少なくともいずれか1つの成分を含む粉末であり、第二の粉末は三次元造形物500を支持する材料であって、シリカ、アルミナ、酸化チタン、酸化ジルコンの少なくともいずれか1つの成分を含む粉末である。そのため、第一の粉末及び第二の粉末の焼結温度又は融点の差により、固化工程において第一の粉末のみを選択的に固化させ、第二の粉末を粉末状態もしくは除去容易な程度の焼結状態に留めておくことが容易である。よって、三次元造形物500の強度を確保しつつ、三次元造形物500を取り外す際の分離作業や取り外した後の成形作業などの負荷が大きくなるということを抑制できる。

【0063】

また、輪郭層形成工程において、飛翔方向を軸に吐出部1830を回転させることによ

10

20

30

40

50

って、第一の材料と第二の材料との界面を任意の方向に制御できるため、造形物の輪郭に沿った方向に構成材料と支持材料との界面を形成することができる。これによって、造形精度を高めることができる。

【0064】

また、固化工程を各層形成毎に行うことにより、エネルギー付与が層毎に調整でき固化を効率的に実行することが可能になる。

【0065】

また、固化工程を層形成工程が全て終了した後に行うと、全層の三次元造形物500を固化対象として行うこととなり、全体として三次元造形物500の寸法の変化を和らげることができる。特に、焼結による固化手段を採用した場合に適している。

10

【0066】

本発明は、上述の実施例に限られるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲において種々の構成で実現することができる。例えば、発明の概要の欄に記載した各形態中の技術的特徴に対応する実施例中の技術的特徴は、上述の課題の一部又は全部を解決するために、あるいは、上述の効果の一部又は全部を達成するために、適宜、差し替えや、組み合わせを行うことが可能である。また、その技術的特徴が本明細書中に必須なものとして説明されていなければ、適宜、削除することが可能である。

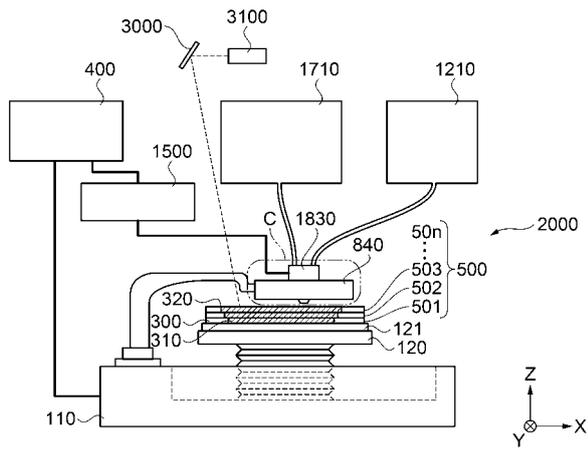
【符号の説明】

【0067】

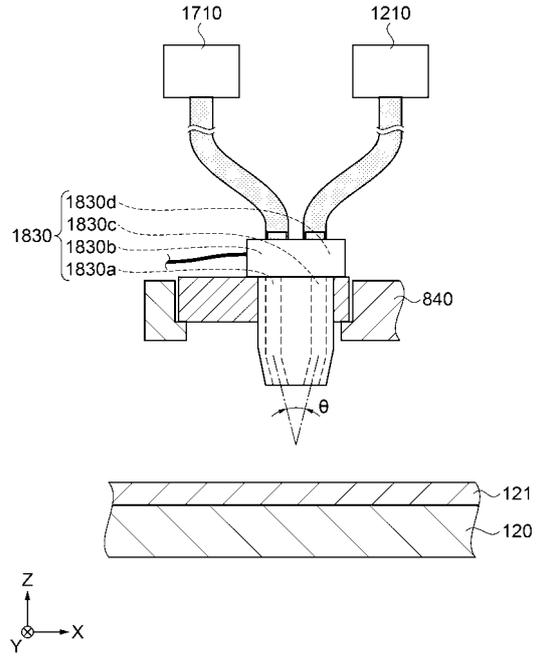
110 ... 基台、120 ... ステージ、121 ... 試料プレート、300 ... 支持層、310 ... 構成層、320 ... 輪郭層、320a, 320b, 320c, 320d ... 輪郭層構成部、400 ... 制御ユニット、500 ... 三次元造形物、501, 502, 503, 50n ... 層、840 ... ヘッドベース、1210 ... 構成材料供給ユニット、1500 ... 材料供給コントローラー、1710 ... 支持材料供給ユニット、1830 ... 吐出部、1830a ... 支持材料吐出ノズル、1830b ... 支持材料吐出駆動部、1830c ... 構成材料吐出ノズル、1830d ... 構成材料吐出駆動部、1831, 1832, 1833, 1834 ... 吐出部、2000 ... 製造装置、3000 ... ガルバノミラー、3100 ... レーザー照射部、O ... 着弾位置オフセット量。

20

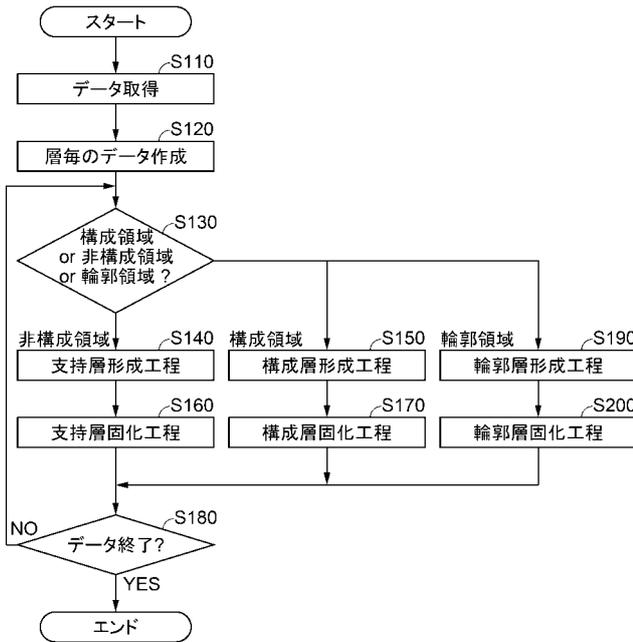
【 図 1 】



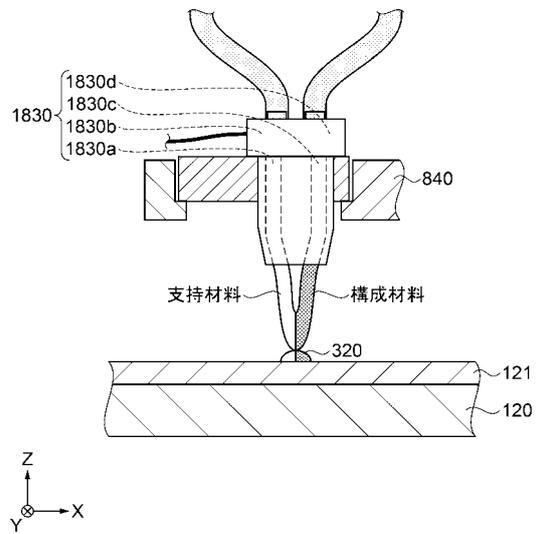
【 図 2 】



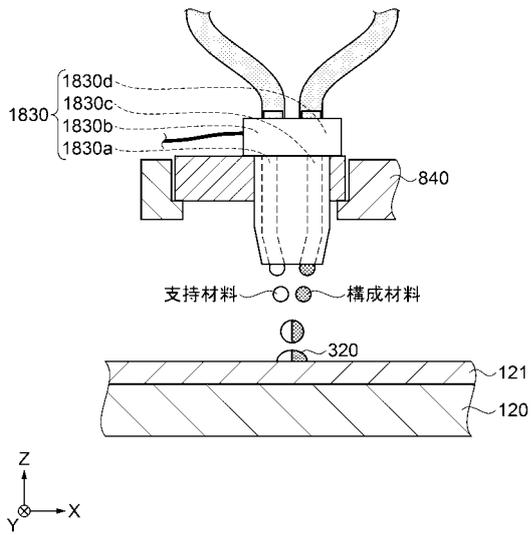
【 図 3 】



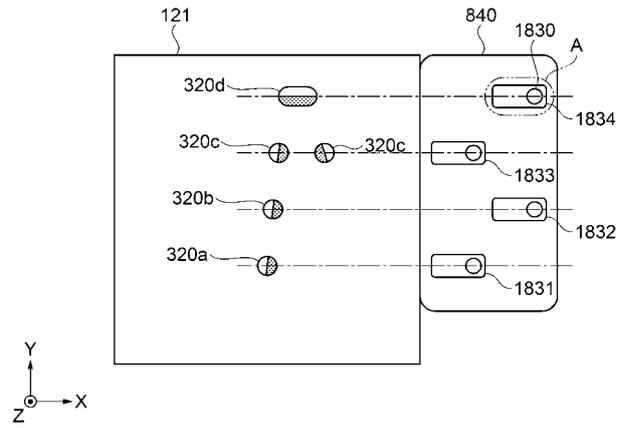
【 図 4 A 】



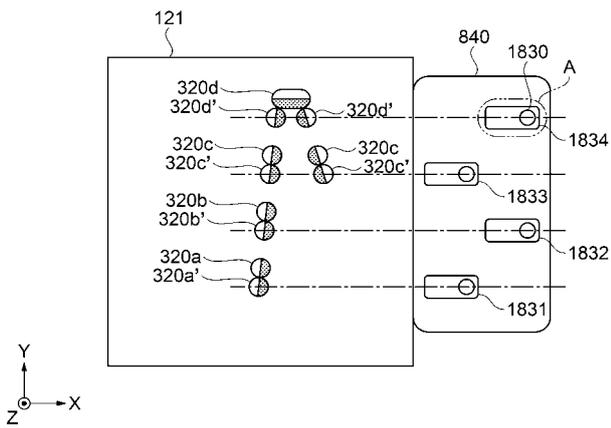
【 図 4 B 】



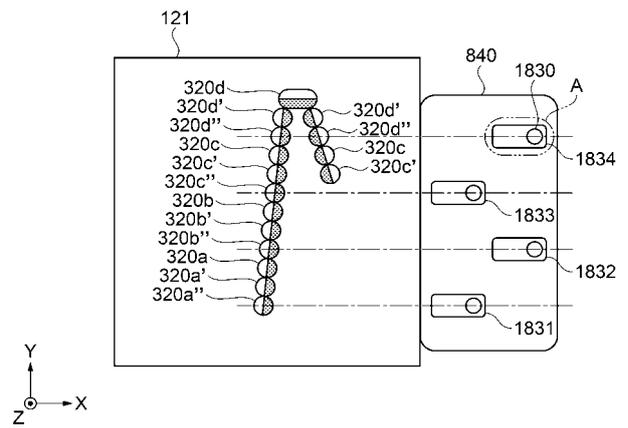
【 図 5 A 】



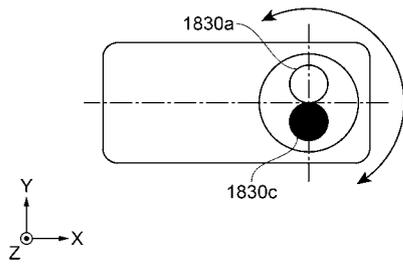
【 図 5 B 】



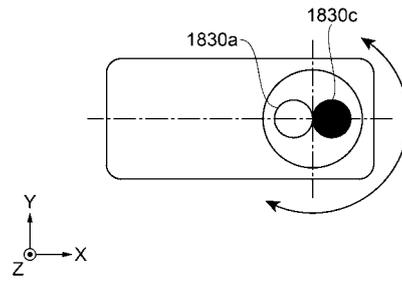
【 図 5 C 】



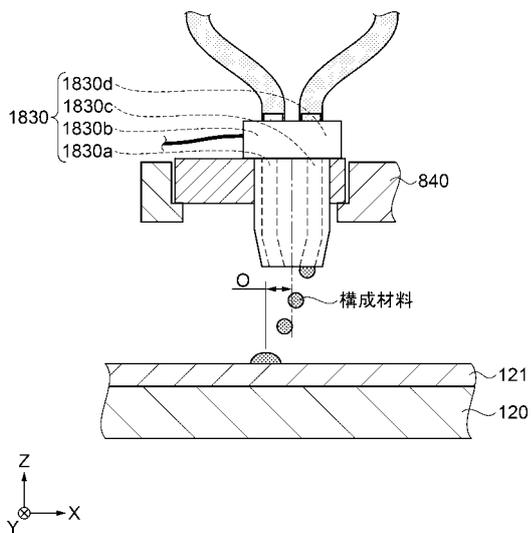
【 図 6 A 】



【 図 6 B 】



【 図 7 】



フロントページの続き

(72)発明者 須貝 圭吾

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72)発明者 石田 方哉

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

Fターム(参考) 4F213 AD02 AD03 WA25 WB01 WL02 WL12 WL32 WL62

4K018 AA03 AA06 AA07 AA10 AA13 AA14 AA24 AA33 AA40 AB01

AC01 BA02 BA03 BA04 BA07 BA08 BA13 BA17 BA20 CA07

CA44 EA51 EA60