

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6536199号
(P6536199)

(45) 発行日 令和1年7月3日(2019.7.3)

(24) 登録日 令和1年6月14日(2019.6.14)

(51) Int. Cl.		F I	
B 2 2 F	3/105	(2006.01)	B 2 2 F 3/105
B 3 2 B	37/06	(2006.01)	B 3 2 B 37/06
B 3 2 B	15/00	(2006.01)	B 3 2 B 15/00
B 2 2 F	3/16	(2006.01)	B 2 2 F 3/16
B 2 3 K	26/34	(2014.01)	B 2 3 K 26/34

請求項の数 6 (全 23 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2015-120869 (P2015-120869)
 (22) 出願日 平成27年6月16日(2015.6.16)
 (65) 公開番号 特開2017-2387 (P2017-2387A)
 (43) 公開日 平成29年1月5日(2017.1.5)
 審査請求日 平成30年3月26日(2018.3.26)

(73) 特許権者 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 100194102
 弁理士 磯部 光宏
 (74) 代理人 100179475
 弁理士 仲井 智至
 (74) 代理人 100216253
 弁理士 松岡 宏紀
 (72) 発明者 鎌倉 知之
 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】 3次元形成装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ステージと、

金属粉末及びバインダーを含む被焼結材料を前記ステージに向けて供給する材料吐出部を備える材料供給手段と、

前記材料供給手段から供給された前記被焼結材料を乾燥する加熱部、及び、前記材料供給手段から供給される前記被焼結材料の着弾領域の温度を非接触で検出する温度検出部を有し、前記ステージと離れて配置される乾燥手段と、

乾燥した前記被焼結材料に焼結可能とするエネルギーを供給するエネルギー照射部を備えるエネルギー照射手段と、

前記ステージに対して、前記材料供給手段と、前記乾燥手段と、前記エネルギー照射手段と、が、相対的に3次元移動が可能となる駆動手段と、

前記乾燥手段を制御する乾燥制御部と、を備え、

前記材料吐出部、及び、前記エネルギー照射部が一つの保持手段に保持されており、

前記乾燥制御部は、

前記温度検出部で検出した前記着弾領域の温度に応じて、前記加熱部の温度を制御する

、

ことを特徴とする3次元形成装置。

【請求項2】

前記エネルギー照射手段は、前記重力方向に交差する方向に前記エネルギーを照射する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の 3 次元形成装置。

【請求項 3】

前記材料吐出部は、前記被焼結材料を液滴状にして吐出する、
ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の 3 次元形成装置。

【請求項 4】

複数の前記エネルギー照射部を備えている、
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 3 次元形成装置。

【請求項 5】

前記材料供給手段は、前記材料吐出部まで前記被焼結材料を供給する材料供給部を備え 10

前記材料供給部を複数備え、
異なる組成を有する前記被焼結材料を、少なくとも 2 種以上供給する、
ことを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか一項に記載の 3 次元形成装置。

【請求項 6】

前記エネルギー照射手段がレーザー照射手段である、
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 3 次元形成装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、3次元形成装置に関する。 20

【背景技術】

【0002】

従来、金属材料を用いて 3 次元形状を簡便に形成する製造方法として、特許文献 1 に示すような方法が開示されている。特許文献 1 に開示されている 3 次元形状造形物の製造方法は、原料に金属粉末と、溶剤と、粘着増進剤と、を有する金属ペーストを層状の材料層に形成して用いる。そして、層状の材料層に光ビームを照射して金属の焼結層もしくは金属の熔融層を形成し、材料層の形成と、光ビームの照射と、を繰り返すことにより焼結層もしくは熔融層が積層され、所望の 3 次元形状造形物が得られる。

【0003】

しかし特許文献 1 に示された 3 次元形状造形物の製造方法では、層状に供給される材料層の一部だけが光ビームの照射によって焼結あるいは熔融し、造形物の一部として形成され、光ビームが照射されない材料層は、除去されるだけの無駄な部分であった。また、所定の光ビームの照射領域に対して、その近傍でも不完全ではあるが焼結あるいは熔融した材料層が発生し、その不完全部分が所望の焼結あるいは熔融によって形成された部分に付着することで、造形物の形状が不安定になる、といった不具合があった。 30

【0004】

そこで、特許文献 2 あるいは特許文献 3 に開示されている所望の部位に粉末金属材料を供給しながらレーザーを照射し、金属肉盛部を形成することができるノズルを適用することで、特許文献 1 の不具合を解消することが想到できる。 40

【0005】

特許文献 2 , 3 に開示されているノズルは、ノズル中心部にレーザー照射部を備え、レーザー照射部の周囲に金属粉末（パウダー）を供給するパウダー供給部を備えている。そしてノズル中心のレーザー照射部から照射されるレーザーに向けてパウダーが供給され、供給されたパウダーがレーザーによって熔融して施工対象物上に肉盛金属として形成される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】特開 2008 - 184622 号公報 50

【特許文献2】特開2005-219060号公報

【特許文献3】特開2013-75308号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかし、特許文献2, 3に開示されたノズルを用いて肉盛金属を形成する場合、適用される金属粉体の粒径をより微小なものにすることが困難であった。すなわち、微小粒径、いわゆる微粉体とすることによって粒子間の付着性が増大する、いわゆる強付着性粉体となり、例えば圧縮空気などで搬送、噴出させると流路に付着しやすくなり、流動化を著しく損ない、噴射安定性が損なわれる。従って、パウダーの流動化を確保するためにパウダーの粒径を小さくすることには限界があり、微小粒径のパウダーを用いなければ実現できない微細で高精度な3次元形状の形成に特許文献2, 3に開示されたノズルを用いることは困難であった。

10

【0008】

そこで、微細な3次元造形物を形成することを可能とする、微小粒径の金属粉末を用いることができる3次元形成装置と3次元形成方法を得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の形態または適用例として実現することが可能である。

20

【0010】

〔適用例1〕本適用例の3次元形成装置は、ステージと、金属粉末と、バインダーと、が混練された被焼結材料を前記ステージに供給する材料供給手段と、前記材料供給手段から前記ステージに供給された前記被焼結材料を乾燥し乾燥被焼結材料を形成する乾燥手段と、前記乾燥被焼結材料を焼結可能とするエネルギーを供給するエネルギー照射手段と、を備え、前記ステージに対して、前記材料供給手段と、前記乾燥手段と、前記エネルギー照射手段と、が、相対的に3次元移動が可能となる駆動手段を備え、前記材料供給手段は、前記被焼結材料を重力方向に所定量供給する材料吐出部を備え、前記エネルギー照射手段は、前記エネルギーを出射するエネルギー照射部を備え、前記材料吐出部と、前記エネルギー照射部と、が一つの保持手段に保持されていることを特徴とする。

30

【0011】

本適用例の3次元形成装置によれば、形成される3次元形状造形物の形状を形成する領域に必要な量の被焼結材料が供給され、供給された被焼結材料に向けてエネルギー照射手段によってエネルギーが供給されるため、材料供給のロス、供給エネルギーのロスが削減される。

【0012】

従来、金属粉末のみを供給し、焼結する場合に生じる、金属微粒子間での付着力が増大し、強付着性粉体となり、圧縮空気などで搬送、噴出させる場合に流路に付着しやすくなり、流動化を著しく損なうことがあり、金属微粒子の粒径を小さくするには限界があった。しかし、金属粉末と、バインダーと、を混練した被焼結材料が材料供給手段からステージ上に供給される構成とすることで、材料搬送の流路への付着を防止することができ、安定した材料供給が可能になり、極微小な金属粉体を用いて3次元形状造形物を形成することができる。

40

【0013】

エネルギー照射手段から照射される被焼結材料を焼結させるだけの大きなエネルギーによって、被焼結材料に混練され含まれる溶剤などの液体成分がきわめて短時間に蒸散される、すなわち爆発的に気化されることによる金属粉末の飛散に対して、焼結前にあらかじめ液体成分の蒸散を可能とする乾燥手段を備えることにより、焼結時の金属粉末の飛散を防止することができる。

【0014】

50

また、乾燥手段によってステージ上に吐出された被焼結材料から、被焼結材料に流動性を向上させることにも寄与する液体成分が除去されることで、ステージ上での被焼結材料の流動性を低下させることができる。従って、被焼結材料の吐出後に、被焼結材料がステージ上面に沿って拡散することを防止することができ、精密な3次元形状造形物を形成できる3次元形成装置を得ることができる。

【0015】

なお、本適用例において、「焼結可能とする」における焼結とは、供給材料にエネルギーが供給されることによって、供給材料を構成するバインダーが供給エネルギーによって蒸散し、そして、残った金属粉末同士が供給エネルギーによって金属結合することをいう。なお、本明細書では金属粉末が熔融結合される形態もエネルギーを供給することで金属粉末を結合させるものとして、焼結として説明する。

10

【0016】

〔適用例2〕上述の適用例において、前記エネルギー照射手段は、前記重力方向に交差する方向に前記エネルギーを照射することを特徴とする。

【0017】

上述の適用例によれば、材料供給手段とエネルギー照射手段とを相対的な移動を必要とせず、材料供給手段から供給された被焼結材料に対して焼結に必要なエネルギーを照射することができる。

【0018】

また、エネルギー照射部から照射されるエネルギー線を、重力方向に交差させて照射させることで、例えばステージ上で反射された反射エネルギー線がエネルギー照射部に向かわせないことができる。従って、反射エネルギー線によるエネルギー照射部の損傷を防止することができる。

20

【0019】

〔適用例3〕上述の適用例において、前記材料吐出部は、前記被焼結材料を液滴状にして吐出することを特徴とする。

【0020】

上述の適用例によれば、被焼結材料を微小な液滴状にしてステージ上に供給し、焼結させることで、微小形状の焼結体の集合物として3次元形状造形物が形成される。従って、微細部分の形成を行うことができ、小型で精密な3次元形状造形物を容易に得ることができる。

30

【0021】

〔適用例4〕上述の適用例において、複数の前記エネルギー照射部を備えていることを特徴とする。

【0022】

上述の適用例によれば、ステージ上に供給された被焼結材料に、均一にエネルギーを供給することができる。

【0023】

〔適用例5〕上述の適用例において、前記材料供給手段は、少なくとも前記被焼結材料が前記ステージに対向した材料吐出口を備える前記材料吐出部まで前記被焼結材料を供給する材料供給部を備え、前記材料供給部を複数備え、異なる組成を有する前記被焼結材料を、少なくとも2種以上供給することを特徴とする。

40

【0024】

上述の適用例によれば、異なる組成毎に被焼結材料を供給する材料供給手段を備えることができ、組成毎の各材料供給手段の材料供給と、エネルギー照射手段と、によって異なる材料の焼結もしくは熔融を可能とし、2種以上の組成材料からなる造形物を容易に形成することができる。

【0025】

〔適用例6〕上述の適用例において、前記エネルギー照射手段がレーザー照射手段であることを特徴とする。

50

【 0 0 2 6 】

上述の適用例によれば、ターゲットとなる供給材料に集中してエネルギーを照射することができ、品質の良い3次元形状造形物を形成することができる。また、例えば被焼結材料の種類に合わせて、照射エネルギー量（パワー、走査速度）を制御することが容易に行うことができ、所望の品質の3次元形状造形物を得ることができる。

【 0 0 2 7 】

〔適用例7〕上述の適用例において、前記乾燥手段は、前記乾燥被焼結材料の温度を検出する温度検出手段を備えることを特徴とする。

【 0 0 2 8 】

上述の適用例によれば、乾燥手段とは別にエネルギー照射手段からの熱エネルギーが3次元形状造形物に付加される。従って、温度検出手段を備え、温度検出手段で得られた乾燥対象物の領域の温度データを取得することにより、乾燥手段から放射される乾燥エネルギー、例えば熱線、のエネルギー量を最適に制御することができ、過乾燥を防止することができる。

10

【 0 0 2 9 】

〔適用例8〕本適用例の3次元形成方法は、金属粉末と、バインダーと、が混練された被焼結材料を所望の形状に供給する材料供給工程と、前記材料供給工程によって供給された被焼結材料を乾燥し乾燥被焼結材料を形成する乾燥工程と、前記乾燥被焼結材料に向けて、前記乾燥被焼結材料を焼結可能とするエネルギーを供給し前記乾燥被焼結材料を焼結させる焼結工程と、により単層を形成する単層形成工程と、前記単層形成工程によって形成された第一の単層に積層させ、前記単層形成工程によって第二の単層を形成する積層工程と、を含み、前記積層工程を所定の回数、繰り返して3次元形状造形物が形成される3次元形成方法であって、前記単層形成工程は、前記材料供給工程において前記被焼結材料を液滴状で吐出させ、着弾した単位液滴状材料に対して行われる前記焼結工程を、所定の前記単層の形成領域に亘って行うことを特徴とする。

20

【 0 0 3 0 】

本適用例の3次元形成方法によれば、形成される3次元形状造形物の形状を形成する領域に必要な量の被焼結材料が供給され、供給された焼結材料に向けてエネルギー照射手段によってエネルギーが供給されるため、材料供給のロス、供給エネルギーのロスが削減される。

30

【 0 0 3 1 】

従来、金属粉末のみを供給し、焼結する場合に生じる、金属微粒子間での付着力が増大し、強付着性紛体となり、圧縮空気などで搬送、噴出させる場合に流路に付着しやすくなり、流動化を著しく損なうことがあり、金属微粒子の粒径を小さくするには限界があった。しかし、金属粉末と、バインダーと、を混練した被焼結材料が材料供給手段からステージ上に供給される構成とすることで、材料搬送の流路への付着を防止することができ、極微小な金属紛体を用いて3次元形状造形物を形成することができる。

【 0 0 3 2 】

エネルギー照射手段から照射される被焼結材料を焼結させるだけの大きなエネルギーによって、被焼結材料に混練され含まれる溶剤などの液体成分がきわめて短時間に蒸散される、すなわち爆発的に気化されることによる金属粉末の飛散に対して、焼結前にあらかじめ液体成分の蒸散を可能とする乾燥手段を備えることにより、焼結時の金属粉末の飛散を防止することができる。

40

【 0 0 3 3 】

また、乾燥手段によってステージ上に吐出された被焼結材料から、被焼結材料に流動性を向上させることにも寄与する液体成分が除去されることで、ステージ上での被焼結材料の流動性を低下させることができる。従って、被焼結材料の吐出後に、被焼結材料がステージ上面に沿って拡散することを防止することができ、精密な3次元形状造形物を形成できる3次元形成方法を得ることができる。

【 0 0 3 4 】

50

〔適用例 9〕上述の適用例において、前記材料供給工程の前記被焼結材料の吐出方向は重力方向であり、前記焼結工程の前記エネルギーの照射方向が重力方向に交差する方向であることを特徴とする。

【0035】

上述の適用例によれば、材料供給手段とエネルギー照射手段とを相対的な移動を必要とせず、材料供給手段から供給された被焼結材料に対して焼結に必要なエネルギーを照射することができる。

【0036】

〔適用例 10〕上述の適用例において、前記積層工程において、前記単層を重力方向に支持するサポート部が形成され、前記サポート部は、前記焼結工程において前記エネルギーが照射されない未焼結部であることを特徴とする。

10

【0037】

上述の適用例によれば、重力方向に 3 次元形状造形物が形成されない、いわゆるオーバーハング部を形成する場合、材料供給面としてサポート部を形成することにより、オーバーハング部の重力方向の変形を防止し、所望の形状を有する 3 次元形状造形物を形成することができる。

【0038】

〔適用例 11〕上述の適用例において、前記サポート部を除去する、サポート部除去工程を備えることを特徴とする。

【0039】

20

上述の適用例によれば、サポート部は未焼結部の状態であり容易に除去することが可能である。従って、任意の位置にサポート部を形成しても、完成品としての 3 次元形状造形物の形成を損なうことがなく、正確な形状を備える 3 次元形状造形物を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図 1】第 1 実施形態に係る 3 次元形成装置の構成を示す概略構成図。

【図 2】第 1 実施形態に係る 3 次元形成装置の保持手段を示し、(a) は側面外観図、(b) は上面からの外観図。

【図 3】被焼結材料の乾燥の概念図を示し、(a) は乾燥前の状態を示す拡大図、(b) は乾燥後の状態を示す拡大図。

30

【図 4】レーザーの照射角度と、単位材料単位材料への照射エネルギーと、の関係を説明する概念図であり、(a) と (b) は、第 1 レーザー照射部の照射状態図、(c) と (d) は、第 2 レーザー照射部の照射状態図、(e) は、(b)、(d) に示す照射領域の状態の合成図。

【図 5】第 2 実施形態に係る 3 次元形成装置の構成を示す概略構成図。

【図 6】第 2 実施形態に係る 3 次元形成装置の保持手段を示し、(a) は外観平面図、(b) は外観側面図。

【図 7】(a) は第 3 実施形態に係る 3 次元形成方法を示すフローチャートであり、(b) は (a) に示す単層形成工程の詳細フローチャート。

40

【図 8】第 3 実施形態に係る 3 次元形成方法による工程を示す部分断面図。

【図 9】第 3 実施形態に係る 3 次元形成方法による工程を示す部分断面図。

【図 10】第 3 実施形態に係る 3 次元形成方法による工程を示す部分断面図。

【図 11】第 3 実施形態に係る 3 次元形成方法による工程を示す部分断面図。

【図 12】第 4 実施形態に係る 3 次元形成方法により形成される 3 次元形状造形物を示す、(a) は平面外観図、(b) は (a) に示す A - A' 部断面図。

【図 13】第 4 実施形態に係る 3 次元形成方法を示すフローチャート。

【図 14】第 4 実施形態に係る 3 次元形成方法による工程を示す断面図と平面図。

【発明を実施するための形態】

【0041】

50

以下、図面を参照して、本発明に係る実施形態を説明する。

【0042】

(第1実施形態)

図1は、第1実施形態に係る3次元形成装置の構成を示す概略構成図である。なお、本明細書における「3次元形成」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2次元形状の形状であっても厚みを有する形状を形成することも含まれる。

【0043】

図1に示すように、3次元形成装置1000は、基台10と、基台10に備える駆動手段としての駆動装置11によって、図示するX、Y、Z方向に駆動可能に備えられたステージ20を備えている。さらに、一方の端部が基台10に固定され、他方の端部に後述する材料供給手段とエネルギー照射手段と、を保持する保持手段としてのヘッド31を保持固定する支持アーム32と、を備えるヘッド支持部30を備えている。また、一方の端部が基台10に固定され、他方の端部に乾燥手段としてのハロゲンランプ40(以下、ランプ40という)と、ステージ20上に形成される3次元造形物の形成過程における温度を計測する非接触温度計50(以下、温度計50という)と、を保持固定するランプ支持部60を備えている。なお、本実施形態ではステージ20を駆動装置11によってX、Y、Z方向に駆動させる構成を説明するが、これに限定されず、ステージ20と、ヘッド31と、が相対的にX、Y、Z方向に駆動可能であればよい。

【0044】

そしてステージ20上に、3次元形状造形物200に形成される過程での部分造形物201、202、203が層状に形成される。3次元形状造形物200の形成には後述するが、レーザーによる熱エネルギーの照射がされるため、ステージ20を熱から保護するため、耐熱性を有する試料プレート21を用いて、試料プレート21の上に3次元形状造形物200を形成してもよい。試料プレート21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、更に焼結あるいは熔融される供給材料との反応性も低く、3次元形状造形物200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、部分造形物201、202、203の3層を例示したが、所望の3次元形状造形物200の形状まで積層される。

【0045】

ヘッド31には、材料供給手段としての材料供給装置70に備える材料吐出部71と、エネルギー照射手段としてのレーザー照射装置80に備えるエネルギー照射部としてのレーザー照射部81と、が保持されている。レーザー照射部81は、本実施形態では第1レーザー照射部81aと、第2レーザー照射部81bと、を備えている。

【0046】

3次元形成装置1000は、例えば図示しないパーソナルコンピューター等のデータ出力装置から出力される3次元形状造形物200の造形用データに基づいて、上述したステージ20、材料供給装置70に備える材料吐出部71、レーザー照射装置80、およびランプ40を制御する制御手段としての制御ユニット100を備えている。制御ユニット100には、図示されないが、少なくともステージ20の駆動制御部と、材料吐出部71の作動制御部と、ランプ40の出力制御部と、レーザー照射装置80の作動制御部と、を備えている。そして、制御ユニット100には、ステージ20、材料吐出部71、ランプ40、およびレーザー照射装置80と、が連携して駆動、動作させる制御部を備えている。

【0047】

基台10に移動可能に備えられているステージ20は、制御ユニット100からの制御信号に基づき、ステージコントローラー101においてステージ20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生成され、基台10に備える駆動装置11に送られ、図示するX、Y、Z方向にステージ20が移動する。

【0048】

ヘッド31に固定されている材料吐出部71では、制御ユニット100からの制御信号

10

20

30

40

50

に基づき、材料供給コントローラ 103 において材料吐出部 71 からの材料吐出量などを制御する信号が生成され、生成された信号により材料吐出部 71 から所定量の材料が吐出される。

【0049】

材料吐出部 71 には、材料供給装置 70 に備える材料供給ユニット 72 から材料供給経路としての供給チューブ 72a が延設され、接続されている。材料供給ユニット 72 には、本実施形態に係る 3次元形成装置 1000 によって造形される 3次元形状造形物 200 の原料を含む被焼結材料が供給材料として収容されている。供給材料の被焼結材料としては、3次元形状造形物 200 の原料となる金属、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)、ニッケル (Ni) の単体粉末、もしくはこれらを 1つ以上含む合金などの混合粉末を、溶剤と、バインダーとしての増粘剤と、に混練して得られるスラリー状 (あるいはペースト状) の混合材料である。

【0050】

なお、金属粉末は、平均粒径が 10 μ m 以下のものが好ましく、溶媒または分散媒としては、例えば、蒸留水、純水、RO 水等の各種水その他、メタノール、エタノール、2-プロパノール、1-ブタノール、2-ブタノール、オクタノール、エチレングリコール、ジエチレングリコール、グリセリン等のアルコール類、エチレングリコールモノメチルエーテル (メチルセロソルブ)、エチレングリコールモノエチルエーテル (エチルセロソルブ)、エチレングリコールモノフェニルエーテル (フェニルセロソルブ) 等のエーテル類 (セロソルブ類)、酢酸メチル、酢酸エチル、酢酸ブチル、ギ酸エチル等のエステル類、アセトン、メチルエチルケトン、ジエチルケトン、メチルイソブチルケトン、メチルイソプロピルケトン、シクロヘキサノン等のケトン類、ペンタン、ヘキサン、オクタン等の脂肪族炭化水素類、シクロヘキサン、メチルシクロヘキサン等の環式炭化水素類、ベンゼン、トルエン、キシレン、ヘキシルベンゼン、ヘプチルベンゼン、オクチルベンゼン、ノニルベンゼン、デシルベンゼン、ウンデシルベンゼン、ドデシルベンゼン、トリデシルベンゼン、テトラデシルベンゼン等の長鎖アルキル基及びベンゼン環を有する芳香族炭化水素類、塩化メチレン、クロロホルム、四塩化炭素、1,2-ジクロロエタン等のハロゲン化炭化水素類、ピリジン、ピラジン、フラン、ピロール、チオフェン、メチルピロリドン等の芳香族複素環類、アセトニトリル、プロピオニトリル、アクリロニトリル等のニトリル類、N,N-ジメチルホルムアミド、N,N-ジメチルアセトアミド等のアミド類、カルボン酸塩またはその他の各種油類等が挙げられる。

【0051】

増粘剤としては上述の溶剤または分散媒に可溶であれば、限定されない。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、合成樹脂等を用いることができる。また、例えば、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) 等の熱可塑性樹脂を用いることもできる。熱可塑性樹脂を用いる場合には、材料吐出部 71 及び材料供給ユニット 72 を加熱することで熱可塑性樹脂の柔軟性を維持する。また、耐熱溶剤として、シリコーンオイル等を用いることで、流動性を向上できる。

【0052】

ランプ支持部 60 に固定されたランプ 40 は、ランプ 40 から放射される熱によって、材料吐出部 71 から吐出され、試料プレート 21 上、もしくは部分造形物 201, 202, 203 の最上層、本例では部分造形物 203 上に着弾した材料が乾燥される。すなわち、金属粉末、溶媒または分散媒、更には増粘剤が混練された材料から、液体成分を蒸散させる。従って、ランプ 40 は、材料吐出部 71 からの吐出材料の着弾領域に向けて配置されることが好ましい。なお、乾燥手段としてはランプ 40 に限定されない。例えば赤外線ランプ、あるいは高周波の照射による加熱乾燥、あるいはステージ 20 を加熱することで部分造形物を加熱する、などの手段であってもよい。

【0053】

ヘッド31に固定されているレーザー照射装置80に備えるレーザー照射部81は、制御ユニット100からの制御信号に基づき、レーザー発振器82により所定出力のレーザーが発振され、レーザー照射部81より、レーザーが照射される。レーザーは、材料吐出部71から吐出された供給材料に照射され、供給材料に含まれる金属粉末を焼結、もしくは熔融し固体化する。本実施形態に係る3次元形成装置1000に用いられるレーザーは特に限定はないが、ファイバーレーザー、あるいは炭酸ガスレーザーが、波長が長く金属の吸収効率が高い利点があることから、好適に用いられる。また、出力が高く、造形時間の短縮ができることから、ファイバーレーザーがより好ましい。

【0054】

材料が吐出される最上層の部分造形物203は、上述したランプ40からの放射熱と、レーザー照射部81からのレーザー照射熱と、の2つの熱源により加熱される。従って、過剰に加熱されることを回避するため、ランプ支持部60には温度計50が備えられている。温度計50は非接触で測定対象物の温度を測定することが可能であり、部分造形物203の温度を測定しランプ出力コントローラー102に測定された温度データを送出する。そして、測定された温度が材料吐出部71から吐出された材料に対する所定の乾燥温度より高い場合にはランプ40への供給電力を減らし、乾燥温度より低い場合には供給電力を増やす制御がランプ出力コントローラー102によって行われる。

【0055】

図2は、図1に示すヘッド31と、ヘッド31に保持された材料吐出部71とレーザー照射部81と、ランプ40と、温度計50と、を示す拡大外観図であり、(a)は図1に示すY方向矢視外観図、(b)は図2(a)に示す試料プレート21からのZ方向矢視外観図である。

【0056】

図2(a)に示すように、ヘッド31に保持される材料吐出部71は、吐出ノズル71bと、吐出ノズル71bから所定の量の材料を吐出させる吐出駆動部71aと、を備えている。吐出駆動部71aには、材料供給ユニット72に繋がれた供給チューブ72aが接続され、供給チューブ72aを介して被焼結材料Mが供給される。吐出駆動部71aには、図示しない吐出駆動装置が備えられ、材料供給コントローラー103からの制御信号に基づき被焼結材料Mを吐出ノズル71bに送出する。

【0057】

吐出ノズル71bの材料吐出口71c(以下、吐出口71cという)から吐出された被焼結材料Mは、液滴状、すなわち略球体形状となる材料飛翔体Mfとなって試料プレート21、あるいは図1に示す最上層の部分造形物203に向けて飛翔し、試料プレート21、あるいは部分造形物203に着弾し単位液滴状材料Ms(以下、単位材料Msという)として試料プレート21上、あるいは部分造形物203上に形成される。

【0058】

そして、試料プレート21上、あるいは部分造形物203上に形成された単位材料Msには、乾燥手段としてのランプ40から出射される熱線Lhが照射され、単位材料Msに含まれる溶媒または分散媒、更には増粘剤などから、液体成分が蒸散され、単位材料Msは乾燥される。なお、熱線Lhは、単位材料Msに含まれる溶媒または分散媒、あるいは増粘剤などの含む液体成分の沸点を超えない温度に単位材料Msを加熱することが好ましい。すなわち、単位材料Msに含まれる溶媒または分散媒、あるいは増粘剤などの含む液体成分の沸点を超える温度まで単位材料Msを加熱することで、液体成分に突沸を発生させ、単位材料Ms中の金属粉末を飛散させる虞があり、これを防止するために、液体成分の沸点を超えない温度での乾燥が好ましい。

【0059】

ランプ40は、図2(a)に示すように、熱源となる光源41と、光源41から出射される熱線Lhを、照射対象物に収束させる集光レンズ42と、光源41と集光レンズ42とを収納し、集光レンズ42から収束させた熱線Lhを出射させる開口43aを備えたレンズ収納部43と、を備えている。なお、ランプ40は、図2(a)に図示した形態に限

10

20

30

40

50

定されず、集光反射部（リフレクター）を備える光源（ランプ）であってもよい。

【0060】

図3に、単位材料 M_s の乾燥の概念図を示し、図3(a)は乾燥前の状態を示す拡大図、図3(b)は乾燥後の状態を示す拡大図である。

【0061】

図3(a)に示すように、単位材料 M_s は、3次元形状造形物200を構成する材料の金属粉末 M_{mp} が、バインダー M_b と混練され、略均一に分散した状態で試料プレート21、もしくは部分造形物203上に着弾している。そこに、ランプ40から出射された熱線 L_h が照射されると、図3(b)に示すようにバインダー M_b に含まれる溶媒または分散媒、更には増粘剤に含まれる液体成分が熱線 L_h の熱によって蒸散され、金属粉末 M_{mb} の周囲にバインダー M_b 中に含まれていた液体成分以外の固形分、例えば樹脂成分を含む乾燥後のバインダー M_b' が残り、液体成分の体積に対応した空間 s が形成された乾燥後の乾燥被焼結材料としての単位材料 M_s' が形成される。空間 s は、互いに連通する連通経路 T_s を形成するものがあり、その連通経路 T_s は乾燥後の単位材料 M_s' の外部へと連通する。

【0062】

そして、図2(a)に示すように、乾燥後の単位材料 M_s' に向けて、第1レーザー照射部81aからレーザー L_1 が、第2レーザー照射部81bからレーザー L_2 が、出射される。レーザー L_1 と、レーザー L_2 と、によって単位材料 M_s' は加熱、焼成される。

【0063】

この時、レーザー L_1 、 L_2 は短時間で大きな熱エネルギーを乾燥後の単位材料 M_s' に付与することとなるが、図3(a)に示す乾燥前の単位材料 M_s に対してレーザー L_1 、 L_2 の熱エネルギーを照射すると、単位材料 M_s に混練された溶媒または分散媒、更には増粘剤に含まれる液体成分が爆発的に蒸散され金属粉末 M_{mp} を飛散させてしまう虞があった。しかし、単位材料 M_s を乾燥させて図3(b)に示す乾燥後の単位材料 M_s' の状態に対してレーザー L_1 、 L_2 を照射することで、液体成分の爆発的な蒸散を回避することができ、金属粉末 M_{mp} の飛散を防止することができる。また、図3(b)に示す乾燥後のバインダー M_b' がレーザー L_1 、 L_2 の熱エネルギーによってガス化し、蒸散される際にも空間 s 内、あるいは空間 s の連通経路 T_s を通して単位材料 M_s' の外部へと放出され、金属粉末 M_{mp} が飛散することなく、焼成され焼結させることができる。

【0064】

吐出口71cから吐出される材料飛翔体 M_f は、吐出口71cから図示矢印の重力方向 G に向けて吐出されることが好ましい。すなわち、材料飛翔体 M_f を確実に着弾位置に向けて飛翔させ、単位材料 M_s が所望の位置に配置させることが、重力方向 G に材料飛翔体 M_f を吐出することで可能になる。そして、重力方向 G に向けて吐出され着弾し、乾燥された単位材料 M_s' に向けて照射されるレーザー L_1 、 L_2 は、重力方向 G に対して交差する方向、すなわち、第1レーザー照射部81aからは、重力方向 G と角度 θ_1 をなす図示する照射方向 F_{L_1} に向けてレーザー L_1 が出射され、単位材料 M_s に照射される。同様に、第2レーザー照射部81bからは、重力方向 G と角度 θ_2 をなす図示する照射方向 F_{L_2} に向けてレーザー L_2 が出射され、単位材料 M_s' に照射される。

【0065】

上述したように、ランプ40によって加熱乾燥された乾燥後の単位材料 M_s' に対して、レーザー L_1 、 L_2 が照射されることで、レーザー L_1 、 L_2 の照射を受けた単位材料 M_s' 近傍は、加熱乾燥のランプ40からの熱線 L_h と、レーザー L_1 、 L_2 と、の熱エネルギーが集中することによって、次に吐出される単位材料 M_s は乾燥温度を超えてしまう虞がある。そこで温度計50によって、次に吐出される単位材料 M_s の着弾領域の温度を測定する、そして、その測定温度データに基づいてランプ出力コントローラ102によってランプ40に備える光源41への出力電力を制御することで、次に吐出される単位材料 M_s の着弾領域の温度を所定の温度範囲にすることができる。

【0066】

10

20

30

40

50

上述したように、本実施形態に係る3次元形成装置1000に備える材料供給装置70は、材料吐出部71から液滴状の材料飛翔体Mfを吐出するものである。従来技術の金属微粉末を材料供給口から噴出させてレーザーなどのエネルギー線によって焼結する形態では、粒子間の付着力が増大する、いわゆる強付着性紛体となり、例えば圧縮空気などで搬送、噴出させると流路に付着しやすくなり、流動化を著しく損なうこととなっていた。しかし、本実施形態では、材料の被焼結材料Mとして平均粒径が $10\mu\text{m}$ 以下の金属微粉末と、溶剤と、増粘剤と、を混練した混練材を用い、優れた流動性を付与することができる。

【0067】

しかも、高い流動性を付与することによって、微量の被焼結材料Mを液滴状にして材料吐出部71の吐出口71cから吐出することが可能となり、試料プレート21上、もしくは部分造形物203上に単位材料Msを配置させることができる。更に、ランプ40によって単位材料Msを乾燥させ、乾燥後の単位材料Ms'とすることで、着弾後の単位材料Ms'の変形、例えば潰れや試料プレート21、もしくは部分造形物203上面に沿った流れなど、を抑制することができる。すなわち、微量の造形の連続体としての微細な3次元造形物を形成することができる。

10

【0068】

また、単位材料Msが形成された位置に向かうように重力方向に交差する F_{L1} 、 F_{L2} 方向にレーザーL1、L2が照射されることから、ヘッド31と、試料プレート21もしくは部分造形物203と、の相対的な位置を移動させることなく単位材料MsにレーザーL1、L2を照射することができる。

20

【0069】

さらに、レーザーL1、L2の照射前にランプ40によって単位材料Msを乾燥し、乾燥後の単位材料Ms'とすることにより、レーザーL1、L2の短時間の高いエネルギー照射によっても単位材料Ms'に含む金属粉末Mmpを飛散させることがない。従って、高い精度の3次元形状造形物200を形成することができる。

【0070】

図4は、レーザーL1、L2の照射角度 θ_1 、 θ_2 と、単位材料Msへの照射エネルギーと、の関係を説明する概念図である。図4(a)と図4(b)は、第1レーザー照射部81aと、第1レーザー照射部81aから出射されるレーザーL1と、の照射状態図であり、図4(c)と図4(d)は、第2レーザー照射部81bと、第2レーザー照射部81bから出射されるレーザーL2と、の照射状態図である。また図4(e)は、レーザーL1、L2が照射される照射領域の状態、すなわち図4(b)、(d)を合成、描画したものである。

30

【0071】

図4(a)に示すように、第1レーザー照射部81aからは試料プレート21、もしくは部分造形物203の上面に向けて、重力方向Gに対して角度 θ_1 をなす F_{L1} 方向にレーザーL1が出射される。第1レーザー照射部81aから出射されるレーザーL1は、その出射方向 F_{L1} に直交する面での断面において、略円形状のレーザー出射形L1dが形成されている。レーザーL1が試料プレート21、もしくは部分造形物203の上面に到達すると、照射方向 F_{L1} の角度 θ_1 の傾きにより、レーザー出射形L1dは、図4(b)に示すように楕円形状のレーザー照射形状L1sとなる。

40

【0072】

同様に、第2レーザー照射部81bでは、図4(c)に示すように、第2レーザー照射部81bからは試料プレート21、もしくは部分造形物203の上面に向けて、重力方向Gに対して角度 θ_2 をなす F_{L2} 方向にレーザーL2が出射される。第2レーザー照射部81bから出射されるレーザーL2は、その出射方向 F_{L2} に直交する面での断面において、略円形状のレーザー出射形L2dが形成されている。レーザーL2が試料プレート21、もしくは部分造形物203の上面に到達すると、照射方向 F_{L2} の角度 θ_2 の傾きにより、レーザー出射形L2dは、図4(d)に示すように楕円形状のレーザー照射形状L2sと

50

なる。そして図4(e)に示すように、試料プレート21、もしくは部分造形物203の上面に着弾し乾燥された単位材料 M_s' (図2参照)が、レーザー照射形状 L_{1s} 、 L_{2s} の領域内に配置されるようにレーザー L_1 、 L_2 が照射される。

【0073】

また、上述したように、重力方向 G に対して交差する方向 F_{L1} 、 F_{L2} にレーザー L_1 、 L_2 を照射することにより、試料プレート21、もしくは部分造形物203によって反射される反射レーザー L_{r1} 、 L_{r2} は、図4(a)、(c)に示すように、重力方向 G の軸線に対して反対角度方向に進行する。従って、レーザー L_1 、 L_2 の反射レーザー L_{r1} 、 L_{r2} がレーザー照射部81a、81bに向かうことがなく、レーザー照射部81a、81bの損傷を防止することができる。

10

【0074】

なお、上述した第1実施形態に係る3次元形成装置1000は、2つのレーザー照射部81a、81bを備える構成であるが、これに限定されない。例えば、1つのレーザー照射部、もしくは3以上のレーザー照射部を備えていてもよい。また、レーザー L_1 、 L_2 は重力方向 G に交差する方向 F_{L1} 、 F_{L2} に照射するように、レーザー照射部81a、81bをヘッド31に装着させているが、これに限定されない。また、本実施形態に係る3次元形成装置1000では、照射されるエネルギーとしてレーザー L_1 、 L_2 を用いる形態を説明したが、これに限定されない。被焼結材料 M を焼結させる熱量を供給する手段であれば、例えば高周波、ハロゲンランプなどであってもよい。

【0075】

20

(第2実施形態)

図5は、複数の被焼結材料によって3次元造形物を形成する第2実施形態に係る3次元形成装置2000を示す概略構成図である。また、図6は、ヘッド231の詳細構成を示し、(a)はヘッド231の図5の図面上方から Z 軸に沿った外観平面図、(b)は X 軸方向の外観側面図である。なお、3次元形成装置2000は、第1実施形態に係る3次元形成装置1000における材料供給装置70の構成が異なるものであるため、同じ構成要素には同じ符号を付し、説明は省略する。

【0076】

図5に示すように、第2実施形態に係る3次元形成装置2000は、材料供給手段としての第1材料供給装置240と、第2材料供給装置250と、を備えている。第1材料供給装置240は、第1材料供給ユニット242と、第1供給チューブ242aと、第1供給チューブ242aが繋がれヘッド231に保持される第1材料吐出部241と、を備えている。同様に、第2材料供給装置250は、第2材料供給ユニット252と、第2供給チューブ252aと、第2供給チューブ252aが繋がれヘッド231に保持される第2材料吐出部251と、を備えている。

30

【0077】

ヘッド231は、図6(a)に示すように、ヘッド体231aに、可動ヘッド231bを備えている。可動ヘッド231bは、本実施形態では、ヘッド体231aに回転駆動可能に配置された駆動ネジ軸231cと、駆動ネジ軸231cを回転駆動させる駆動装置232と、を備えている。可動ヘッド231bには、回転する駆動ネジ軸231cの回転方向 R に対応して可動ヘッド231bを Y 軸方向の図示する S 方向への往復運動をさせるネジ嵌合部を備えている。

40

【0078】

可動ヘッド231bには、第1吐出ノズル241bと、第2吐出ノズル251bと、が保持されている。ヘッド体231aには、レーザー照射装置80に備える第1レーザー照射部81aと、第2レーザー照射部81bと、が保持されている。

【0079】

図6に示す本実施形態に係る3次元形成装置2000のヘッド231の状態は、レーザー照射部81a、81bの照射位置に対応するように可動ヘッド231bを移動させて第2吐出ノズル251bを配置させている。図6(b)に示すように、材料供給コントロー

50

ラー 260 からは、第 2 材料供給装置 250 に対して材料供給の指令に基づき、駆動装置 232 に駆動ネジ軸 231c を駆動させて、可動ヘッド 231b を所定の位置まで移動させる信号が入力され、可動ヘッド 231b が移動させられる。そして、可動ヘッド 231b が所定の位置に到達した後、第 2 材料吐出部 251 に備える吐出駆動部 251a に材料吐出駆動信号が入力され、第 2 吐出ノズル 251b から、第 2 材料供給ユニット 252 に収容された材料が吐出される。

【0080】

そして、次に第 1 材料供給装置 240 による材料供給に移行する場合には、材料供給コントローラー 260 から、第 2 材料供給装置 250 からの材料供給を停止させる信号が出され、駆動装置 232 に駆動ネジ軸 231c を駆動させて、可動ヘッド 231b を所定の位置まで移動させる信号が入力され、可動ヘッド 231b が移動させられる。そして、可動ヘッド 231b が所定の位置に到達した後、第 1 材料吐出部 241 に備える吐出駆動部 241a に材料吐出駆動信号が入力され、吐出ノズル 241b から、第 1 材料供給ユニット 242 に収容された材料が吐出される。

【0081】

このように、可動ヘッド 231b を S 方向に往復移動させることで、第 1 材料供給装置 240、あるいは第 2 材料供給装置 250 から、レーザー照射部 81a, 81b からのレーザー L1, L2 の照射領域に所望の被焼結材料を吐出させることができる。なお、本実施形態では 2 種類の被焼結材料を吐出させる形態を説明したが、これに限定されず、材料種類に応じて複数の材料供給装置を備えることができる。

【0082】

また、本実施形態に係る 3 次元形成装置 2000 では 2 種類の被焼結材料に対応して第 1 材料吐出部 241 と、第 2 材料吐出部 251 と、を備える形態を説明したが、図示しないが、例えば第 1 実施形態に係る 3 次元形成装置 1000 の構成の供給チューブ 42a の途中に供給材料を切り替え可能にする流路切り替え装置を設けることで、複数の被焼結材料を 1 つの材料吐出部 71 から吐出することが可能となる。

【0083】

(第 3 実施形態)

第 3 実施形態として、第 1 実施形態に係る 3 次元形成装置 1000 を用いて 3 次元形状造形物を形成する 3 次元形成方法を説明する。図 7 (a) は第 3 実施形態に係る 3 次元形成方法を示すフローチャートであり、図 7 (b) は図 7 (a) に示す単層形成工程 (S300) の詳細フローチャートである。また、図 8 および図 9 は本実施形態に係る 3 次元形成方法を説明する部分断面図である。

【0084】

(3 次元造形用データ取得工程)

図 7 (a) に示すように、本実施形態に係る 3 次元形成方法は、3 次元形状造形物 200 の 3 次元造形用データを、図示しない、例えばパーソナルコンピューターなどから制御ユニット 100 (図 1 参照) に取得する、3 次元造形用データ取得工程 (S100) が実行される。3 次元造形用データ取得工程 (S100) において取得された 3 次元造形用データは、制御ユニット 100 から、ステージコントローラー 101 と、材料供給コントローラー 103 と、レーザー発振器 82 と、ランプ出力コントローラー 102 と、に制御データが送られ、積層開始工程に移行される。

【0085】

(積層開始工程)

積層開始工程 (S200) では、3 次元形成方法を示す図 8 (a) に示すように、ステージ 20 に載置された試料プレート 21 に対して、所定の相対位置にヘッド 31 が配置される。この時、XY 平面 (図 1 参照) において、上述した 3 次元造形用データに基づく造形の起点であるステージ 20 の座標位置 P11 (x_{11}, y_{11}) に、材料吐出部 71 の吐出ノズル 71b の吐出口 71c から吐出される液滴状の被焼結材料である材料飛翔体 Mf (図 2 参照) が着弾するように試料プレート 21 を備えるステージ 20 が移動され、3 次元

10

20

30

40

50

造形物の形成が開始され、単層形成工程に移行される。

【0086】

(単層形成工程)

単層形成工程(S300)は、図7(b)に示すように材料供給工程(S310)と、乾燥工程(S320)と、焼結工程(S330)と、を含んでいる。まず、材料供給工程(S310)として、図8(b)に示すように、積層開始工程(S200)によって所定の位置としてのP11(x_{11} , y_{11})位置にヘッド31に保持された吐出ノズル71bが対向するように試料プレート21が移動し、吐出ノズル71bから、被焼結材料としての供給材料90が、試料プレート21上に向けて液滴状の材料飛翔体91として吐出口71cから重力方向に吐出される(図2参照)。供給材料90としては、3次元形状造形物200の原料となる金属、例えばステンレス、チタン合金の単体粉末、もしくは合金化が困難なステンレスと銅(Cu)、あるいはステンレスとチタン合金、あるいはチタン合金とコバルト(Co)やクロム(Cr)、などの混合粉末を、溶剤と、バインダーとしての増粘剤と、に混練し、スラリー状(あるいはペースト状)に調整されたものである。

10

【0087】

材料飛翔体91は、試料プレート21の上面21aに着弾し、単位液滴状材料92(以下、単位材料92という)として上面21a上のP11(x_{11} , y_{11})位置で形成され、材料供給工程(S310)が終了する。材料飛翔体91は、吐出口71cから重力方向に吐出され、飛翔することにより、単位材料92は着弾すべきP11(x_{11} , y_{11})位置に正確に着弾させることができる。

20

【0088】

次に乾燥工程(S320)に移行される。乾燥工程(S320)は、図8(c)に示すように材料供給工程(S310)によって、試料プレート21の上面21aに着弾した単位材料92に向けて、ランプ40から熱線Lhが照射される。この時、試料プレート21の上面21aの温度が温度計50によって測定され、ランプ40に入力される電力が制御され、所定の乾燥温度となる熱線Lhのエネルギーが単位材料92に照射される。そして、液体成分が蒸散し乾燥した乾燥後の乾燥被焼結材料としての単位材料93が形成される。これにより、乾燥前の単位材料92より流動性の悪い乾燥後の単位材料93となり、上面21aに沿って濡れ広がることが抑制され、単位材料93は試料プレート21の上面21aからの高さh1(いわゆる肉盛量)を確保することができる。

30

【0089】

なお、熱線Lhは、単位材料92に含まれる溶媒または分散媒、あるいは増粘剤などの含む液体成分の沸点を超えない温度に単位材料92を加熱することが好まし。すなわち、単位材料92に含まれる溶媒または分散媒、あるいは増粘剤などの含む液体成分の沸点を超える温度まで単位材料92を加熱することで、液体成分に突沸を発生させ、単位材料Ms中の金属粉末を飛散させる虞があり、これを防止するために、液体成分の沸点を超えない温度での乾燥が好ましい。

【0090】

乾燥工程(S320)を経て単位材料93が上面21aに配設されると、焼結工程(S330)が開始される。焼結工程(S330)は、図9(d)に示すように、レーザー照射部81a, 81bからレーザーL1, L2が単位材料93に向けて重力方向に交差するように照射される(図2参照)。レーザーL1, L2が持つエネルギー(熱)によって単位材料93に含まれる乾燥後のバインダーMb'(図3(b)参照)は蒸散し、金属粉末は粒子同士が結合する、いわゆる焼結されるか、もしくは熔融結合されることによって、金属塊の単位焼結体94となってP11(x_{11} , y_{11})位置に形成される。レーザーL1, L2の照射は、乾燥後の単位材料93の材料組成、体積、などの条件によって照射条件が設定され、設定された照射量を単位材料93に照射した後、照射は停止される。

40

【0091】

そして後述するが、上述の材料供給工程(S310)と、乾燥工程(S320)と、焼結工程(S330)と、が繰り返されて、本例では第一の単層としての第1層目の部分造

50

形物 201 が形成される。部分造形物 201 は、上述の材料供給工程 (S310) と、乾燥工程 (S320) と、焼結工程 (S320) と、がステージ 20 の移動とともに m 回繰り返され、m 回目の単位焼結体 94 が、部分造形物 201 の端部となるステージ 20 の座標 $P_{END} = P1m(x_{1m}, y_{1m})$ 位置に形成される。

【0092】

そこで、 $P11(x_{11}, y_{11})$ 位置に単位焼結体 94 が形成されると、材料供給工程 (S310) と、乾燥工程 (S320) と、焼結工程 (S330) と、が、部分造形物 201 が形成されるまでの繰り返し数 m 回に到達しているか、すなわち吐出ノズル 71b がステージ 20 の座標位置 $P_{END} = P1m(x_{1m}, y_{1m})$ に到達しているか、を判定する形成経路確認工程 (S340) が実行される。形成経路確認工程 (S340) において、繰り返し数 m 回に到達していない、すなわち吐出ノズル 71b にステージ 20 の座標位置 $P_{END} = P1m(x_{1m}, y_{1m})$ に到達していない「NO」と判定された場合には、図 9 (e) に示すように、再度、材料供給工程 (S310) に移行され、ステージ 20 は、次の単位材料 93 の形成位置である $P12(x_{12}, y_{12})$ 位置に吐出ノズル 71b が対向するように駆動される。そして、 $P12(x_{12}, y_{12})$ 位置に吐出ノズル 71b が対向したところで、材料供給工程 (S310) と、乾燥工程 (S320) と、焼結工程 (S330) と、が実行され、 $P12(x_{12}, y_{12})$ 位置に単位焼結体 94 が形成される。

10

【0093】

そして、図 9 (f) に示すように、材料供給工程 (S310) と、乾燥工程 (S320) と、焼結工程 (S330) と、が m 回繰り返されることにより、部分造形物 201 が形成される。そして、繰り返し数 m 回目となる吐出ノズル 71b が対向するステージ 20 の座標位置が座標 $P_{END} = P1m(x_{1m}, y_{1m})$ 位置にあるか確認され、「YES」と判定されると、単層形成工程 (S300) が終了する。

20

【0094】

(積層数比較工程)

単層形成工程 (S300) によって、第一の単層としての第 1 層目の部分造形物 201 が形成されると、3次元造形用データ取得工程 (S100) によって得られた造形データと比較する積層数比較工程 (S400) に移行される。積層数比較工程 (S400) では、3次元形状造形物 200 を構成する部分造形物の積層数 N と、積層数比較工程 (S400) の直前の単層形成工程 (S300) までで積層された部分造形物の積層数 n と、を比較する。

30

【0095】

積層数比較工程 (S400) において、 $n = N$ と判定された場合、3次元形状造形物 200 の形成が完了したと判定し、3次元形成は終了する。しかし、 $n < N$ と判定された場合、再度、積層開始工程 (S200) から実行される。

【0096】

図 10 (a) は、第二の単層としての第 2 層目の部分造形物 202 の形成方法を示す断面図である。まず、図 10 (a) に示すように、再度、積層開始工程 (S200) が実行される。このとき、ステージ 20 は、吐出口 71c およびレーザー照射部 81a, 81b と、第 1 層目の部分造形物 201 の厚み $h1$ 相当分が離間するように、Z 軸方向に移動される。更に 3次元造形データに基づく第 2 層目の造形の起点であるステージ 20 の座標位置 $P21(x_{21}, y_{21})$ に、材料吐出部 71 の吐出ノズル 71b の吐出口 71c から吐出される液滴状の被焼結材料である材料飛翔体 91 (図 2 参照。図 2 に示す材料飛翔体 Mf。) が着弾するように試料プレート 21 を備えるステージ 20 が移動され、3次元造形物の第 2 層目の形成が開始され、第 2 層目の積層開始工程 (S200) に移行される。

40

【0097】

以降、上述した第 1 層目の部分造形物 201 の形成を示す図 8、図 9 と同様に、単層形成工程 (S300) が実行される。まず、材料供給工程 (S310) として、図 10 (b) に示すように、積層開始工程 (S200) によって所定の位置としての $P21(x_{21}, y_{21})$ 位置にヘッド 31 に保持された吐出ノズル 71b が対向するようにステージ 20 の

50

移動に伴って試料プレート 2 1 が移動し、吐出ノズル 7 1 b から、被焼結材料としての供給材料 9 0 が、第 1 層目の部分造形物 2 0 1 の上面 2 0 1 a に向けて液滴状の材料飛翔体 9 1 として吐出口 7 1 c から吐出される。

【 0 0 9 8 】

材料飛翔体 9 1 は、部分造形物 2 0 1 の上面 2 0 1 a に着弾し、単位液滴状材料 9 2 (以下、単位材料 9 2 という)として上面 2 0 1 a に配置され、 $P 2 1 (x_{21}, y_{21})$ 位置での材料供給工程 (S 3 1 0) が終了し、部分造形物 2 0 1 の上面 2 0 1 a に高さ $h 2$ (いわゆる肉盛量) を単位材料 9 2 が形成される。

【 0 0 9 9 】

単位材料 9 2 が部分造形物 2 0 1 の上面 2 0 1 a に配設されると、乾燥工程 (S 3 2 0) に移行される。乾燥工程 (S 3 2 0) は、図 1 0 (c) に示すように材料供給工程 (S 3 1 0) によって、部分造形物 2 0 1 の上面 2 0 1 a に着弾した単位材料 9 2 に向けて、ランプ 4 0 から熱線 $L h$ が照射される。この時、部分造形物 2 0 1 の上面 2 0 1 a の温度が温度計 5 0 によって測定され、ランプ 4 0 に入力される電力が制御され、所定の乾燥温度となる熱線 $L h$ のエネルギーが単位材料 9 2 に照射される。そして、液体成分が蒸散し乾燥した乾燥後の単位材料 9 3 が形成される。これにより、乾燥前の単位材料 9 2 より流動性の低い乾燥後の単位材料 9 3 となり、上面 2 0 1 a に沿って濡れ広がることが抑制され、単位材料 9 3 は部分造形物 2 0 1 の上面 2 0 1 a からの高さ $h 2$ (いわゆる肉盛量) を確保することができる。

【 0 1 0 0 】

乾燥工程 (S 3 2 0) を経て単位材料 9 3 が上面 2 0 1 a に配設されると、焼結工程 (S 3 3 0) が開始される。焼結工程 (S 3 3 0) は、図 1 1 (d) に示すように、レーザー照射部 8 1 a, 8 1 b からレーザー $L 1, L 2$ が乾燥後の単位材料 9 3 に向けて照射され、レーザー $L 1, L 2$ が持つエネルギー (熱) によって単位材料 9 3 は焼結されて単位焼結体 9 4 となる。そして、上述の材料供給工程 (S 3 1 0) と、乾燥工程 (S 3 2 0) と、焼結工程 (S 3 3 0) と、が繰り返されて、第 1 層目の部分造形物 2 0 1 の上面 2 0 1 a 上に、第 2 層目の部分造形物 2 0 2 が形成される。部分造形物 2 0 2 は、上述の材料供給工程 (S 3 1 0) と、乾燥工程 (S 3 2 0) と、焼結工程 (S 3 3 0) と、がステージ 2 0 の移動とともに m 回繰り返され、 m 回目の単位焼結体 9 4 が、部分造形物 2 0 2 の端部となるステージ 2 0 の座標 $P_{END} = P 2 m (x_{2m}, y_{2m})$ 位置に形成される。

【 0 1 0 1 】

そこで、 $P 2 1 (x_{21}, y_{21})$ 位置に単位焼結体 9 4 が形成されると、材料供給工程 (S 3 1 0) と、乾燥工程 (S 2 2 0) と、焼結工程 (S 3 3 0) と、が、第 2 層目の部分造形物 2 0 2 が形成されるまでの繰り返し数 m 回に到達しているか、すなわち吐出ノズル 7 1 b がステージ 2 0 の座標位置 $P_{END} = P 2 m (x_{2m}, y_{2m})$ に到達しているか、を判定する形成経路確認工程 (S 3 4 0) が実行される。形成経路確認工程 (S 3 4 0) において、繰り返し数 m 回に到達していない、すなわち吐出ノズル 7 1 b がステージ 2 0 の座標位置 $P_{END} = P 2 m (x_{2m}, y_{2m})$ に到達していない「NO」と判定された場合には、図 1 1 (e) に示すように、再度、材料供給工程 (S 3 1 0) に移行され、ステージ 2 0 は、次の単位材料 9 2 の形成位置である $P 2 2 (x_{22}, y_{22})$ 位置に吐出ノズル 7 1 b が対向するように駆動される。そして、 $P 2 2 (x_{22}, y_{22})$ 位置に吐出ノズル 7 1 b が対向したところで、材料供給工程 (S 3 1 0) と、乾燥工程 (S 3 2 0) と、焼結工程 (S 3 3 0) と、が実行され、 $P 2 2 (x_{22}, y_{22})$ 位置に単位焼結体 9 4 が形成される。

【 0 1 0 2 】

そして、図 1 1 (f) に示すように、材料供給工程 (S 3 1 0) と、乾燥工程 (S 3 2 0) と、焼結工程 (S 3 3 0) と、が m 回繰り返されることにより、第 2 層目の部分造形物 2 0 2 が形成される。そして、繰り返し数 m 回目となる吐出ノズル 7 1 b が対向するステージ 2 0 の座標位置が座標 $P_{END} = P 2 m (x_{2m}, y_{2m})$ 位置にあるか確認され、「YES」と判定されると、第 2 層目の単層形成工程 (S 3 0 0) が終了する。

【 0 1 0 3 】

10

20

30

40

50

そして、再度、積層数比較工程（S400）に移行し、 $n = N$ となるまで、積層開始工程（S200）と、単層形成工程（S300）と、が繰り返され、第1実施形態に係る3次元形成装置1000を用いて3次元形状造形物を形成することができる。なお、第一の単層としての第1層目の部分造形物201の上に、第二の単層としての第2層目の部分造形物202を形成する積層開始工程（S200）と、単層形成工程（S300）と、を実行させることを上述の適用例における積層工程とよび、積層数比較工程（S400）において、 $n = N$ 、と判定されるまで繰り返される。

【0104】

（第4実施形態）

第4実施形態に係る3次元形成方法について説明する。上述した第3実施形態に係る3次元形成方法において、3次元形状造形物がオーバーハング部を有する場合、オーバーハング部では、上述した単層形成工程（S300）における材料供給工程（S310）では、材料飛翔体91が着弾すべき下層の部分造形物が存在しないことで、単位材料92が形成されなくなる（図10（b）参照）。仮に、図11（e）に示すP21（ x_{21} 、 y_{21} ）位置に形成された単位焼結体94に重なって繋がるようにP22（ x_{22} 、 y_{22} ）位置に単位材料92を着弾させても、下層の部分造形物が配置されていないならば、重力方向へ垂れ下がるように変形する虞がある。すなわち乾燥および焼結前の単位材料92は、原料となる金属、例えばステンレス、チタン合金の単体粉末、もしくは合金化が困難なステンレスと銅（Cu）、あるいはステンレスとチタン合金、あるいはチタン合金とコバルト（Co）やクロム（Cr）、などの混合粉末を、溶剤と、増粘剤と、に混練して得られるスラリー状（あるいはペースト状）の柔らかな状態のものであることによる。

【0105】

そこで、第4実施形態に係る3次元形成方法によりオーバーハング部を変形させないで3次元形状造形物を形成する方法を説明する。なお、第3実施形態に係る3次元形成方法と同じ工程には同じ符号を付し、説明は省略する。また、説明を簡略にするために図12（a）の平面外観図、および図12（b）の図12（a）に示すA-A'部の断面図に示すような、単純な形状を有する3次元形状造形物300を例示して、第4実施形態に係る3次元形成方法を説明するが、この形状に限定されず、いわゆるオーバーハング部を備える造形物であれば適用できる。

【0106】

図12に示すように、3次元形状造形物300は、凹部300aを有する円柱形の基部300bの凹部開口側端部に基部300bの外側に延在するオーバーハング部としての鏝部300cを備えている。この3次元形状造形物300を、第4実施形態に係る3次元形成方法に基づいて形成するために、形成過程において除去されるサポート部310が、鏝部300cの図示下部方向に基部300bの底部に至るまでの造形用データが、3次元形状造形物300の3次元造形用データに加えて作成される。

【0107】

図13は、図12に示す3次元形状造形物300の形成方法を示すフローチャートである。また図14は図13に示すフローチャートによる3次元形状造形物300の形成方法を示し、図示左側に部分断面図、右側に平面外観図を配置した。また、本実施形態の3次元形状造形物300では、4層が積層されて形成される例を用いて説明するが、これに限定されるものではない。

【0108】

まず、図14（a）に示すように、図示しない試料プレート21上に第1層目となる部分造形物301が、第3実施形態に係る3次元形成方法によって形成される。部分造形物301を形成する工程内に、第1層目の部分サポート部311も形成される。部分サポート部311は、図8及び図9によって説明した単層形成工程（S300）における乾燥工程（S320）まで実行され、焼結工程（S330）は実行されず、乾燥後の単位材料93の状態のまま、すなわち未焼結部、あるいは未熔融部のままで単層形成工程（S300）が実行される。

【0109】

引き続き、単層形成工程（S300）が繰り返され、図14（b）に示すように、第2層目および第3層目となる部分造形物302，303が形成される。そして、部分造形物302，303を形成する工程内に、第2層目および第3層目の部分サポート部312，313も形成される。部分サポート部312，313は、部分サポート部311と同様に、単層形成工程（S300）における乾燥工程（S320）まで実行され、焼結工程（S330）は実行されず、乾燥後の単位材料93の状態のままの集合体、すなわち未焼結部、あるいは未熔融部のままで単層形成工程（S300）が実行され、部分サポート部311，312，313によって、サポート部310が形成される。

【0110】

次に図14（c）に示すように、鏝部300cに形成される第4層目の部分造形物304が形成される。部分造形物304は、部分サポート部311，312，313によって形成されたサポート部310の端面310aに支持されるように形成される。このように部分造形物304を形成することにより、単位材料92（図8参照）が着弾する面として端面310aが形成されていることで、正確に鏝部300cとなる第4層目の部分造形物304を形成することができる。

【0111】

そして、図14（d）に示すように、3次元形状造形物300に造形されたところで、サポート部除去工程（S500）によって、サポート部310は3次元形状造形物300から除去される。サポート部310は焼成されていない材料で形成されていることから、サポート部除去工程（S500）におけるサポート部310の除去手段としては、例えば図14（d）に示すように鋭利な刃物Knによる物理的な切除が可能である。あるいは、溶剤に浸漬し、材料に含まれるバインダーを溶解し3次元形状造形物300から除去してもよい。

【0112】

上述したように、オーバーハング部としての鏝部300cを有する3次元形状造形物300を形成する場合、鏝部300cを支持するサポート部310を3次元形状造形物300の形成と合わせて形成することにより、鏝部300cの重力方向への変形を防止することができる。なお、図12に示すサポート部310は、図示するような鏝部300cを全面でサポート（支持）する形態に限定されず、造形物の形状、材料組成などによって適宜、形状、大きさ等が設定される。

【0113】

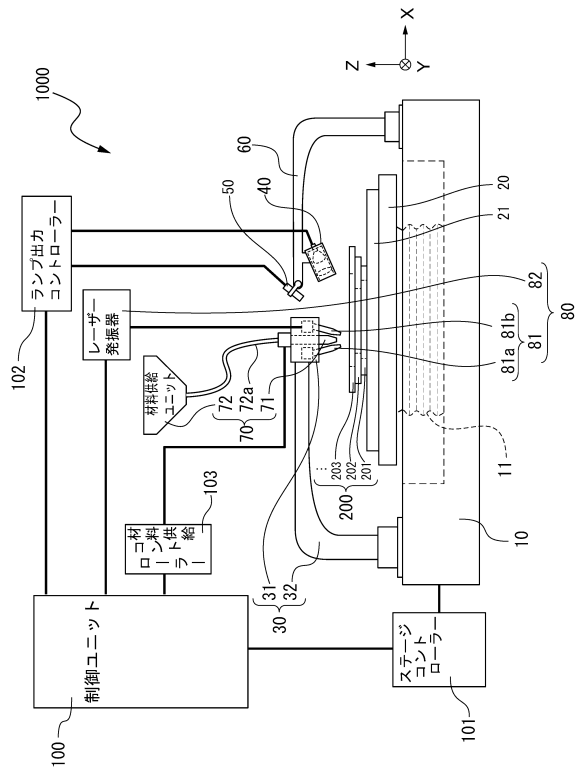
なお、本発明の実施の際の具体的な構成は、本発明の目的を達成できる範囲で他の装置、あるいは方法に適宜変更できる。

【符号の説明】

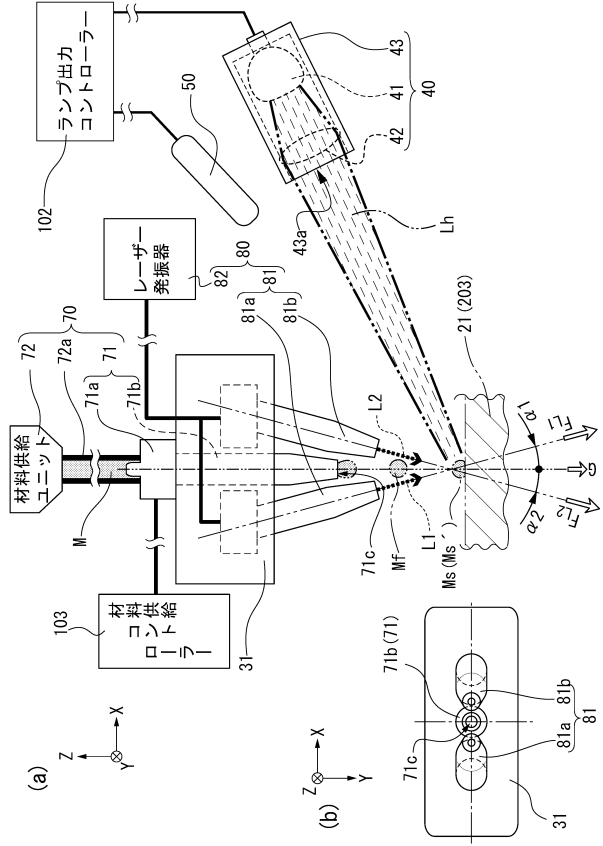
【0114】

10...基台、11...駆動装置、20...ステージ、21...試料プレート、30...ヘッド支持部、31...ヘッド、32...支持アーム、40...ハロゲンランプ、50...非接触温度計、60...ランプ支持部、70...材料供給装置、71...材料吐出部、72...材料供給ユニット、80...レーザー照射装置、81...レーザー照射部、82...レーザー発振器、100...制御ユニット、101...ステージコントローラー、102...ランプ出力コントローラー、103...材料供給コントローラー、1000...3次元形成装置。

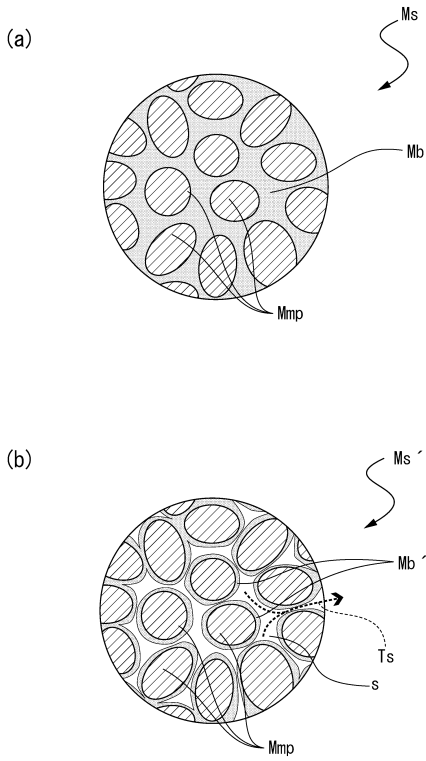
【図1】



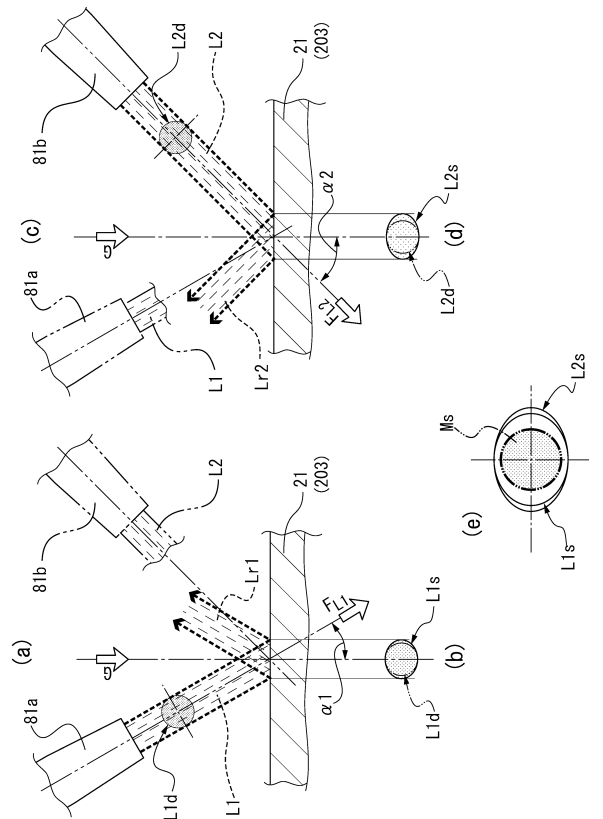
【図2】



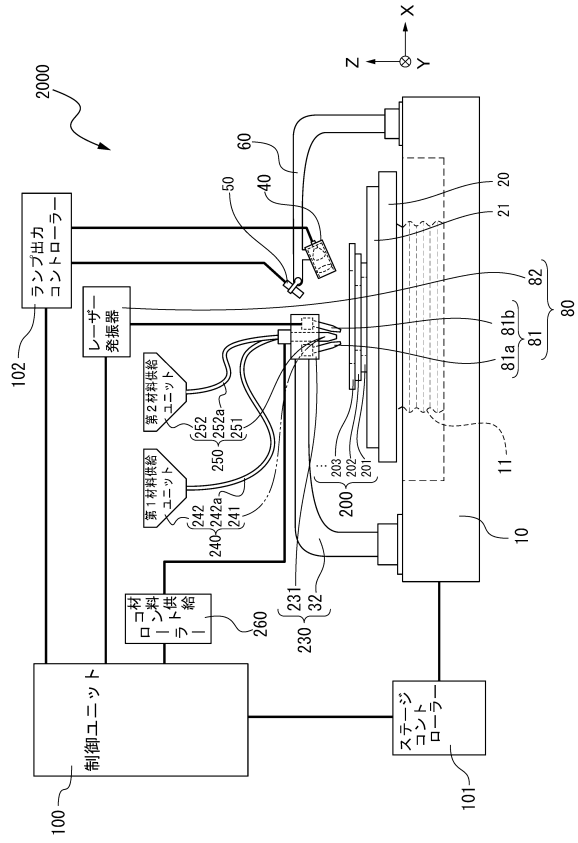
【図3】



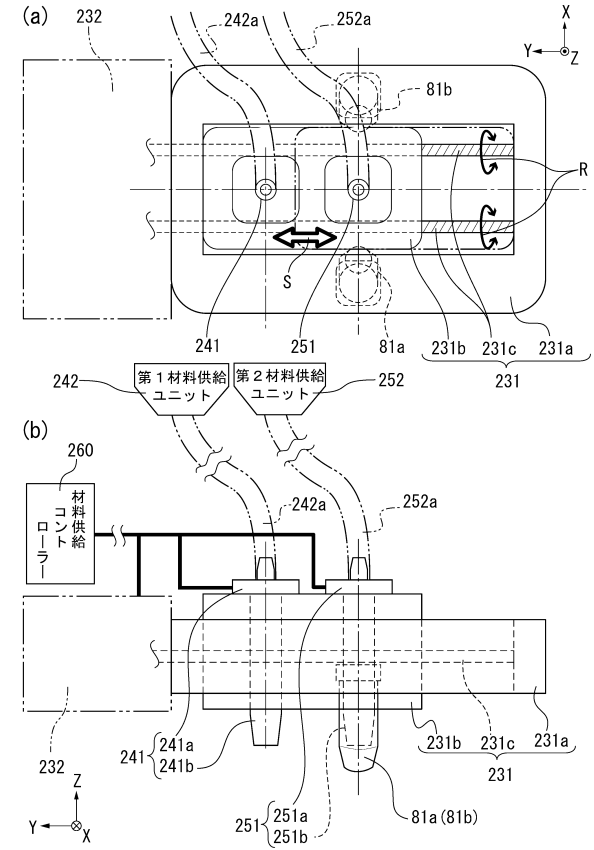
【図4】



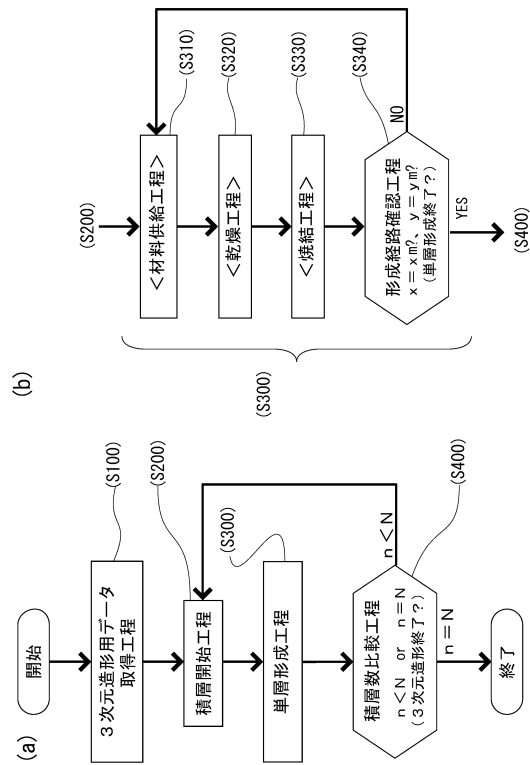
【図5】



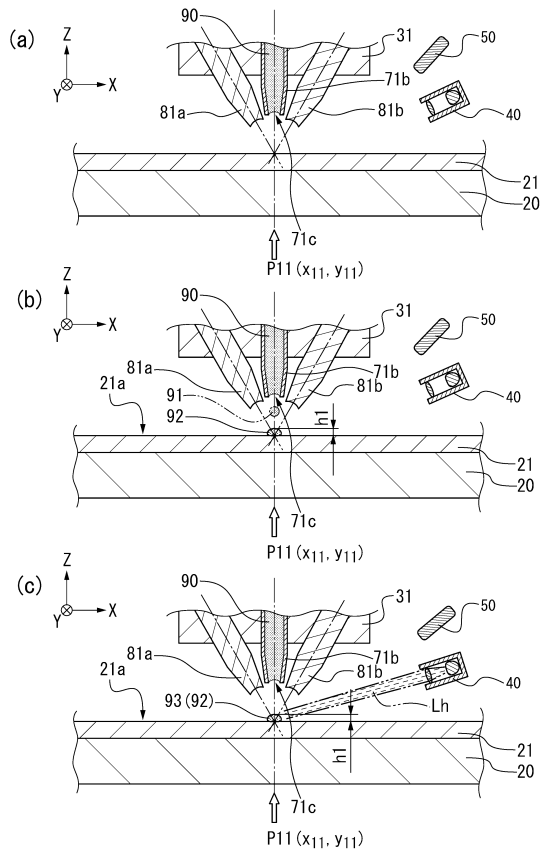
【図6】



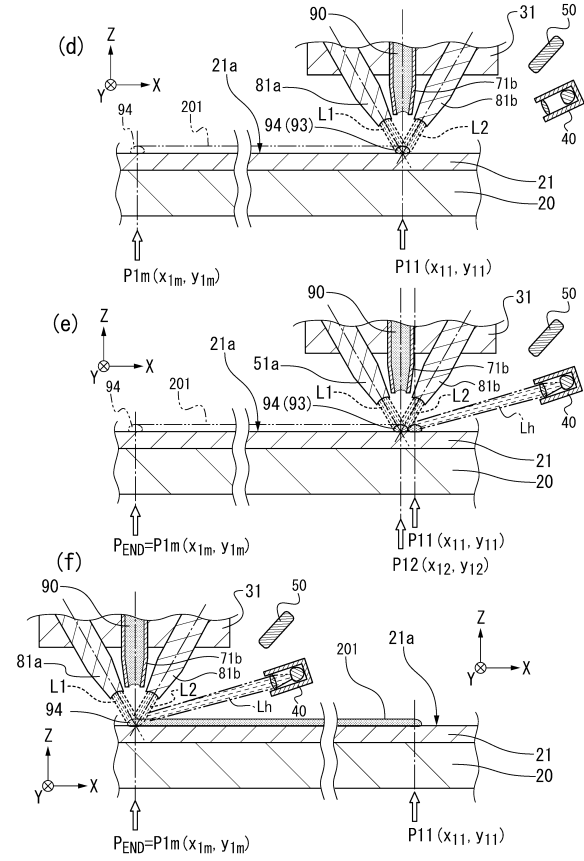
【図7】



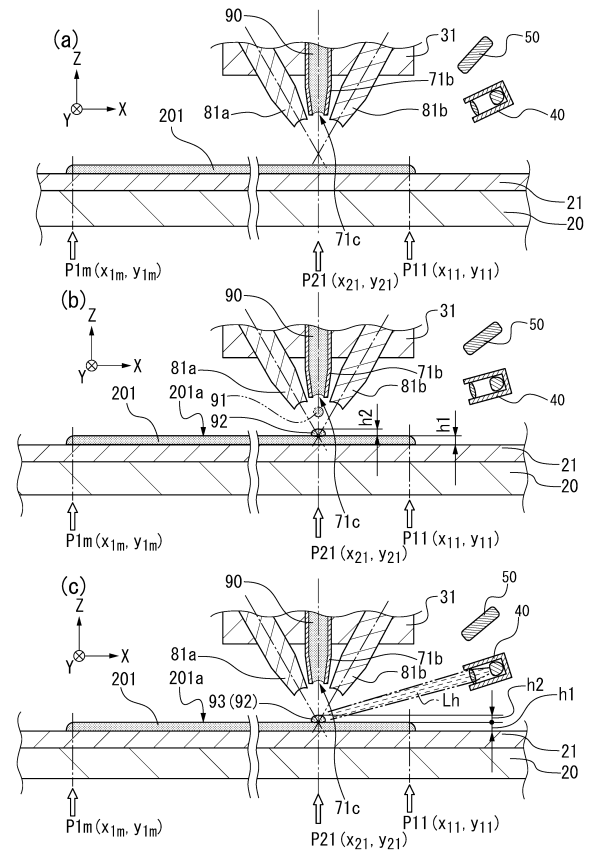
【図8】



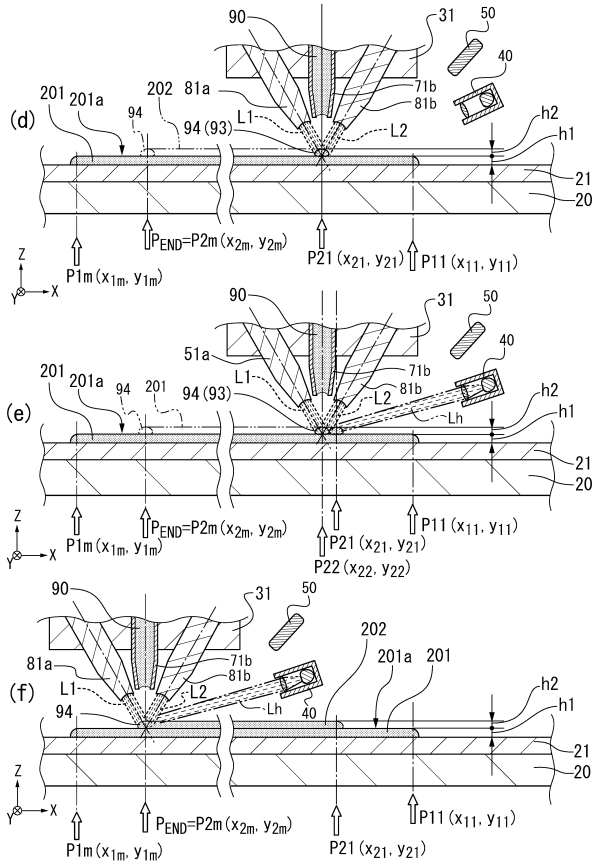
【 図 9 】



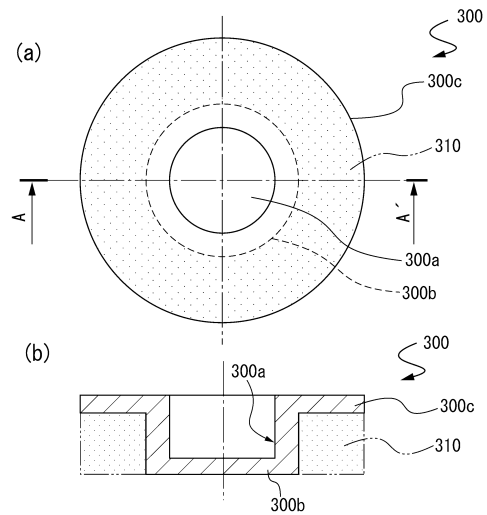
【 図 10 】



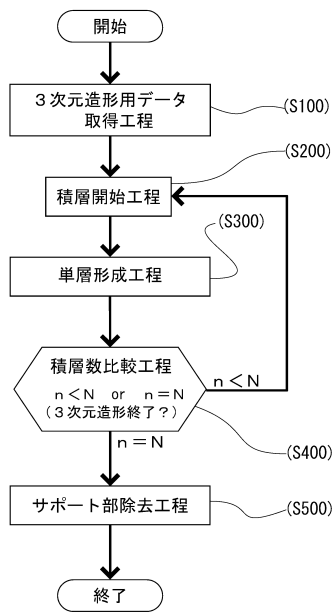
【 図 11 】



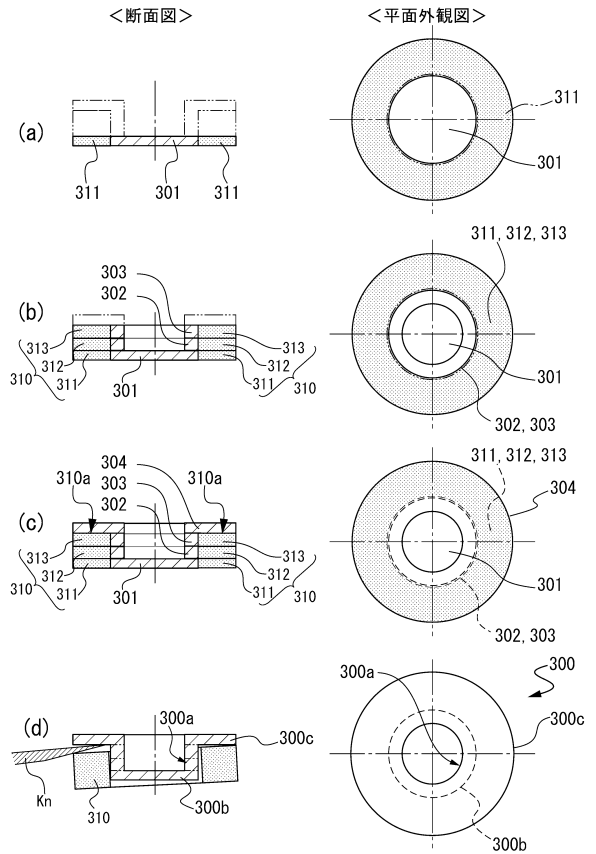
【 図 12 】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I
B 2 9 C 67/00 (2017.01) B 2 9 C 67/00
B 3 3 Y 30/00 (2015.01) B 3 3 Y 30/00

審査官 米田 健志

(56) 参考文献 特開 2 0 0 3 - 0 4 8 7 8 1 (J P , A)
特開平 0 8 - 1 5 6 1 0 6 (J P , A)
特開 2 0 1 5 - 0 0 9 4 9 5 (J P , A)

(58) 調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
B 2 2 F 1 / 0 0 ~ 8 / 0 0