

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6283053号  
(P6283053)

(45) 発行日 平成30年2月21日(2018.2.21)

(24) 登録日 平成30年2月2日(2018.2.2)

(51) Int. Cl.	F I	
<b>B 2 9 C 64/268 (2017.01)</b>	B 2 9 C 64/268	
<b>B 2 2 F 3/105 (2006.01)</b>	B 2 2 F 3/105	
<b>B 2 2 F 3/16 (2006.01)</b>	B 2 2 F 3/16	
<b>B 3 3 Y 30/00 (2015.01)</b>	B 3 3 Y 30/00	
<b>B 2 3 K 26/00 (2014.01)</b>	B 2 3 K 26/00	M
請求項の数 6 (全 16 頁)		

(21) 出願番号	特願2016-82795 (P2016-82795)	(73) 特許権者	000132725
(22) 出願日	平成28年4月18日(2016.4.18)		株式会社ソディック
(65) 公開番号	特開2017-193060 (P2017-193060A)		神奈川県横浜市都筑区仲町台3丁目12番1号
(43) 公開日	平成29年10月26日(2017.10.26)	(74) 代理人	110001139
審査請求日	平成29年2月8日(2017.2.8)		S K特許業務法人
		(74) 代理人	100130328
			弁理士 奥野 彰彦
		(74) 代理人	100130672
			弁理士 伊藤 寛之
		(72) 発明者	新家 一朗
			神奈川県横浜市都筑区仲町台三丁目12番1号 株式会社ソディック本社・技術研修センター内
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 積層造形装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

造形領域を覆い且つ不活性ガスで充満されるチャンバと、  
 前記造形領域上に形成される材料粉体層上の照射領域における材料粉体を焼結させるレーザー光を照射するレーザー光照射部と、  
 前記材料粉体を焼結させて得られる焼結層を切削する切削工具を前記チャンバ内で鉛直水平方向に移動させる切削装置と、  
 前記レーザー光又は前記レーザー光と同一光軸を有する同軸光から成る補正光の照射位置を検出する光検出部と、  
 前記光検出部において検出された前記補正光の照射位置に基づいて前記レーザー光の照射位置を補正する補正手段と、  
 を備え、  
 前記光検出部は、前記切削装置に設けられ、  
 前記レーザー光照射部は、前記光検出部における検出可能領域上であって目標照射位置に対応する所定の位置に前記補正光を照射し、  
 前記補正手段は、前記目標照射位置と前記補正光の照射位置との誤差を算出し、前記目標照射位置と前記補正光の照射位置とが一致するように前記レーザー光の照射位置を補正することを特徴とする、  
 積層造形装置。

【請求項2】

前記チャンバ内を移動しながら前記造形領域上に前記材料粉体を撒布して前記材料粉体層を形成するリコータヘッドを更に備え、

前記切削装置は、前記リコータヘッドの所定の一方方向の移動とともに又は当該移動完了後に前記光検出部を退避位置から測定位置に移動させ、

前記補正手段は、前記光検出部が前記測定位置にある状態において、前記光検出部において検出された前記補正光の照射位置に基づいて前記レーザー光の照射位置を補正するように構成される、

請求項 1 に記載の積層造形装置。

【請求項 3】

前記光検出部は、前記切削工具の位置制御に係る平面座標系のどちらか 1 つの座標軸上に配置される、

請求項 1 又は請求項 2 に記載の積層造形装置。

【請求項 4】

前記切削装置は、前記レーザー光の位置制御に係る平面座標系の原点から等距離にある 2 点に照射したレーザー光を検出するように前記光検出部を移動させる、

請求項 3 に記載の積層造形装置。

【請求項 5】

前記光検出部は、第 1 及び第 2 光検出部を含む複数の光検出部を備え、

前記補正手段は、第 1 及び第 2 光検出部において検出された前記補正光の照射位置に基づいて前記レーザー光の照射位置を補正するように構成され、

第 1 及び第 2 光検出部は、前記切削工具の位置制御に係る平面座標系のどちらか 1 つの座標軸から等距離に配置される、

請求項 1 又は請求項 2 に記載の積層造形装置。

【請求項 6】

前記切削装置は、前記レーザー光の位置制御に係る平面座標系の原点から等距離にある 2 点に照射したレーザー光を第 1 及び第 2 光検出部がそれぞれ検出するように、前記光検出部を移動させる、

請求項 5 に記載の積層造形装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、積層造形装置に関する。

【背景技術】

【0002】

レーザー光による積層造形法では、不活性ガスが充満された密閉されたチャンバ内において、上下方向に移動可能な造形テーブル上に非常に薄い材料粉体層を形成し、この材料粉体層の所定箇所にレーザー光を照射して照射位置の材料粉体を焼結させることを繰り返すことによって、複数の焼結層を積層して一体となる焼結体からなる所望の三次元形状を造形する。また、好ましくは鉛直水平方向に移動可能なエンドミル等の切削工具を用いて、造形物の造形途中に、材料粉体を焼結して得られた焼結体の表面や不要部分に対して機械加工を施してもよい。かかる工程の組み合わせと繰り返しとを経て、所望の積層造形物が形成される。

【0003】

このような積層造形を行うための積層造形装置には、数多くの熱源が存在しており、この熱源からの熱によって種々の部材に熱変位が生じる。特に、材料粉体層の所定の位置にレーザー光を照射するレーザー光照射部は、切削工具を含む切削装置等に比して造形テーブル上の材料粉体層と離れた位置に設けられるため、熱変位による位置ずれの影響を受けやすい。そのため、積層造形の精度を維持するために、定期的にレーザー光照射部からのレーザー光の照射位置を補正する必要がある。

【0004】

10

20

30

40

50

特許文献1では、このようなずれの補正を行うために、造形領域に隣接した位置に基準マークを設定し、スキャン光学系を通じて造形開始前と造形途中に基準マークを計測することによって位置ずれの補正を行っている。また、基準マークの計測を行うために、計測時に移動機構を用いて撮像部を移動させて光路中に挿入する構成や、ハーフミラーを常時光路中に配置しておいてハーフミラーで光を撮像部に導くという構成が採用されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特許第4130813号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、特許文献1の方法は、移動機構を用いる場合には移動機構自体の熱変位のために補正の精度が低下するという問題があり、ハーフミラーを挿入する方法ではハーフミラーによるレーザー光の減衰などの問題がある。更に、基準マークの位置が撮像部から離れているために高精度の補正を行うことが難しい。

【0007】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、高品質な造形物を形成可能な積層造形装置を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

20

【0008】

本発明によれば、造形領域を覆い且つ不活性ガスで充満されるチャンバと、前記造形領域上に形成される材料粉体層上の照射領域における材料粉体を焼結させるレーザー光を照射するレーザー光照射部と、前記材料粉体を焼結させて得られる焼結層を切削する切削工具を前記チャンバ内で鉛直水平方向に移動させる切削装置と、前記レーザー光又は前記レーザー光と同一光軸を有する同軸光から成る補正光の照射位置を検出する光検出部と、前記光検出部において検出された前記補正光の照射位置に基づいて前記レーザー光の照射位置を補正する補正手段と、を備え、前記光検出部は、前記切削装置に設けられる、積層造形装置が提供される。

【発明の効果】

30

【0009】

本発明では、特許文献1等の従来技術とは異なり切削装置に設けられた光検出部を利用するため、レーザー光の照射位置を補正することでレーザー光照射に係る平面座標系と切削工具の位置制御に係る平面座標系との対応付けも合わせて行うことができ、切削の精度を向上させることができる。また、光検出部が移動可能に構成されるため、計測誤差が小さい位置での補正が可能となりより高精度な補正を実現することができる。以上より、本発明によれば、高品質な造形物を形成することができる。

【0010】

以下、本発明の種々の実施形態を例示する。以下に示す実施形態は互いに組み合わせ可能である。

40

【0011】

好ましくは、前記チャンバ内を移動しながら前記造形領域上に前記材料粉体を撒布して前記材料粉体層を形成するリコータヘッドを更に備え、前記切削装置は、前記リコータヘッドの所定の一方方向の移動とともに又は当該移動完了後に前記光検出部を退避位置から測定位置に移動させ、前記補正手段は、前記光検出部が前記測定位置にある状態において、前記光検出部において検出された前記補正光の照射位置に基づいて前記レーザー光の照射位置を補正するように構成される。

【0012】

好ましくは、前記光検出部は、前記切削工具の位置制御に係る平面座標系のどちらか1つの座標軸上に配置される。

50

## 【 0 0 1 3 】

好ましくは、前記切削装置は、前記レーザ光の位置制御に係る平面座標系の原点から等距離にある２点に照射したレーザ光を検出するように前記光検出部を移動させる。

## 【 0 0 1 4 】

好ましくは、前記光検出部は、第１及び第２光検出部を含む複数の光検出部を備え、前記補正手段は、第１及び第２光検出部において検出された前記補正光の照射位置に基づいて前記レーザ光の照射位置を補正するように構成され、第１及び第２光検出部は、前記切削工具の位置制御に係る平面座標系のどちらか１つの座標軸から等距離に配置される。

## 【 0 0 1 5 】

好ましくは、前記切削装置は、前記レーザ光の位置制御に係る平面座標系の原点から等距離にある２点に照射したレーザ光を第１及び第２光検出部がそれぞれ検出するように、前記光検出部を移動させる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 1 6 】

【 図 1 】 本発明の第１及び第２実施形態に係る積層造形装置の概略構成図である。

【 図 2 】 本発明の第１及び第２実施形態に係る粉体層形成装置 3 及びレーザ光照射部 1 3 の斜視図である。

【 図 3 】 本発明の第１及び第２実施形態に係るリコータヘッド 1 1 の斜視図である。

【 図 4 】 本発明の第１及び第２実施形態に係るリコータヘッド 1 1 の別の角度から見た斜視図である。

【 図 5 】 本発明の第１実施形態に係り、図 1 における P - P 断面であって加工ヘッド 5 7 に設けられた光検出部 4 1 を示す概略図である。

【 図 6 】 本発明の第１及び第２実施形態に係る積層造形装置を用いた積層造形方法の説明図である。

【 図 7 】 本発明の第１及び第２実施形態に係る積層造形装置を用いた積層造形方法の説明図である。

【 図 8 】 本発明の第１及び第２実施形態に係る積層造形装置を用いた積層造形方法の説明図である。

【 図 9 】 本発明の第１及び第２実施形態に係る積層造形装置を用いた積層造形方法の説明図である。

【 図 1 0 】 本発明の第１実施形態に係り、第１目標照射位置と第２目標照射位置との関係を示す概略図である。

【 図 1 1 】 本発明の第１及び第２実施形態に係り、目標照射位置と実照射位置との関係を示す概略図である。

【 図 1 2 】 本発明の第２実施形態に係り、図 1 における P - P 断面であって加工ヘッド 5 7 に設けられた第１光検出部 4 1 a 及び第２光検出部 4 1 b を示す概略図である。

【 図 1 3 】 本発明の第２実施形態に係り、第１目標照射位置と第２目標照射位置との関係を示す概略図である。

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 1 7 】

以下、図面を用いて本発明の実施形態について説明する。以下に示す実施形態中で示した各種特徴事項は、互いに組み合わせ可能である。

## 【 0 0 1 8 】

## 1. 第１実施形態

図 1 に示すように、本発明の第１実施形態に係る積層造形装置は、チャンバ 1 とレーザ光照射部 1 3 とを有する。

## 【 0 0 1 9 】

チャンバ 1 は、所要の造形領域 R を覆い且つ所定濃度の不活性ガスで充満される。チャンバ 1 には、内部に粉体層形成装置 3 が設けられ、上面部にヒューム拡散装置 1 7 が設けられる。粉体層形成装置 3 は、ベース台 4 とリコータヘッド 1 1 とを有する。

10

20

30

40

50

## 【0020】

ベース台4は、積層造形物が形成される造形領域Rを有する。造形領域Rには、造形テーブル5が設けられる。造形テーブル5は、造形テーブル駆動機構31によって駆動されて上下方向(図1の矢印A方向)に移動することができる。積層造形装置の使用時には、造形テーブル5上に造形プレート7が配置され、その上に材料粉体層8が形成される。また、所定の照射領域は、造形領域R内に存在し、所望の三次元造形物の輪郭形状で圍繞される領域とおおよそ一致する。

## 【0021】

造形テーブル5の周りには、粉体保持壁26が設けられる。粉体保持壁26と造形テーブル5とによって囲まれる粉体保持空間には、未焼結の材料粉体が保持される。図1においては不図示であるが、粉体保持壁26の下側には、粉体保持空間内の材料粉体を排出可能な粉体排出部が設けられてもよい。かかる場合、積層造形の完了後に造形テーブル5を降下させることによって、未焼結の材料粉体が粉体排出部から排出される。排出された材料粉体は、シューターガイドによってシューターに案内され、シューターを通じてバケットに収容されることになる。

10

## 【0022】

リコータヘッド11は、図2~図4に示すように、材料収容部11aと材料供給部11bと材料排出部11cとを有する。

## 【0023】

材料収容部11aは材料粉体を収容する。なお、材料粉体は、例えば金属粉(例:鉄粉)であり、例えば平均粒径20 $\mu$ mの球形である。材料供給部11bは、材料収容部11aの上面に設けられ、不図示の材料供給装置から材料収容部11aに供給される材料粉体の受口となる。材料排出部11cは、材料収容部11aの底面に設けられ、材料収容部11a内の材料粉体を排出する。なお、材料排出部11cは、リコータヘッド11の移動方向(矢印B方向)に直交する水平1軸方向(矢印C方向)に延びるスリット形状である。

20

## 【0024】

また、リコータヘッド11の両側面には、ブレード11fb、11rbとリコータヘッド供給口11fsとリコータヘッド排出口11rsとが設けられる。ブレード11fb、11rbは、材料粉体を撒布する。換言するとブレード11fb、11rbは、材料排出部11cから排出された材料粉体を平坦化して材料粉体層8を形成する。リコータヘッド供給口11fs及びリコータヘッド排出口11rsは、リコータヘッド11の移動方向(矢印B方向)に直交する水平1軸方向(矢印C方向)に沿ってそれぞれ設けられ、不活性ガスの供給及び排出を行う(詳細は後述)。本明細書において、「不活性ガス」とは、材料粉体と実質的に反応しないガスであり、窒素ガス、アルゴンガス、ヘリウムガス等が例示される。

30

## 【0025】

切削装置50は、スピンドルヘッド60と光検出部41とが設けられた加工ヘッド57を有する。加工ヘッド57は、不図示の加工ヘッド駆動機構により制御可能に、スピンドルヘッド60と光検出部41とを所望の位置に水平鉛直方向に移動させる。

## 【0026】

スピンドルヘッド60は、図5に示すように、不図示のエンドミル等の切削工具を取り付けて回転させることができるように構成されており、材料粉体を焼結して得られた焼結層の表面や不要部分に対して切削加工を行うことができる。また切削工具は複数種類の切削工具であることが好ましく、使用する切削工具は不図示の自動工具交換装置によって、造形中にも交換可能である。

40

## 【0027】

光検出部41は、例えば受光素子又はCCD(Charge-Coupled Device)等の撮像素子であり、レーザ光Lの照射位置の補正処理に使用されるものである。かかる補正処理の内容については後に詳述する。

## 【0028】

50

ここで、スピンドルヘッド60と光検出部41とがともに同一の駆動系（ここでは加工ヘッド57）に設けられているため、スピンドルヘッド60に装着される切削工具の位置制御に係る平面座標系（図5に示すx-y座標、座標を(x,y)と示す。）において光検出部41の座標は既知である。第1実施形態に係る光検出部41が、切削工具の位置制御に係る平面座標系における1つの軸、すなわちx軸あるいはy軸上に配置されることが好ましい。ここでは、光検出部41はx軸上に配置される。図5においては、切削工具（主軸）を原点(0,0)として光検出部41は、(a,0)に配置されている。かかる構成によって、後述の補正による切削工具の位置制御に係る平面座標系とレーザ光Lの位置制御に係る平面座標系との対応付けをより高精度に行うことができる。なお、以下において造形領域Rに平行な切削工具の位置制御に係る平面座標系を単に主軸座標系といい、造形領域Rに平行なレーザ光Lの位置制御に係る平面座標系を単にレーザ光座標系という。

10

## 【0029】

チャンバ1の上面上には、ウィンドウ1aを覆うようにヒューム拡散装置17が設けられる。ヒューム拡散装置17は、円筒状の筐体17aと、筐体17a内に配置された円筒状の拡散部材17cを備える。筐体17aと拡散部材17cの間に不活性ガス供給空間17dが設けられる。また、筐体17aの底面には、拡散部材17cの内側に開口部17bが設けられる。拡散部材17cには多数の細孔17eが設けられており、不活性ガス供給空間17dに供給された清浄な不活性ガスは細孔17eを通じて清浄室17fに充満される。そして、清浄室17fに充満された清浄な不活性ガスは、開口部17bを通じてヒューム拡散装置17の下方に向かって噴出される。

20

## 【0030】

レーザ光照射部13は、チャンバ1の上方に設けられる。レーザ光照射部13は、造形領域R上に形成される材料粉体層8の所定箇所にレーザ光Lを照射して照射位置の材料粉体を焼結させる。具体的には、レーザ光照射部13は、レーザ光源42と2軸のガルバノミラー43a、43bとフォーカス制御ユニット44とを有する。なお、各ガルバノミラー43a、43bは、それぞれガルバノミラー43a、43bを回転させるアクチュエータを備えている。

## 【0031】

レーザ光源42はレーザ光Lを照射する。ここで、レーザ光Lは、材料粉体を焼結可能なレーザであって、例えば、CO<sub>2</sub>レーザ、ファイバーレーザ、YAGレーザ等である。

30

## 【0032】

フォーカス制御ユニット44は、レーザ光源42より出力されたレーザ光Lを集光し所望のスポット径に調整する。2軸のガルバノミラー43a、43bは、レーザ光源42より出力されたレーザ光Lを制御可能に2次元走査する。特にガルバノミラー43aは、レーザ光Lを矢印B方向(X軸方向)に走査し、ガルバノミラー43bは、レーザ光Lを矢印C方向(Y軸方向)に走査する。ガルバノミラー43a、43bは、それぞれ、不図示の制御装置から入力される回転角度制御信号の大きさに応じて回転角度が制御される。かかる特徴により、ガルバノミラー43a、43bの各アクチュエータに入力する回転角度制御信号の大きさを変化させることによって、所望の位置にレーザ光Lを照射することができる。

40

## 【0033】

ガルバノミラー43a、43bを通過したレーザ光Lは、チャンバ1に設けられたウィンドウ1aを透過して造形領域Rに形成された材料粉体層8に照射される。ウィンドウ1aは、レーザ光Lを透過可能な材料で形成される。例えば、レーザ光Lがファイバーレーザ又はYAGレーザの場合、ウィンドウ1aは石英ガラスで構成可能である。

## 【0034】

次に、不活性ガス給排システムについて説明する。不活性ガス給排システムは、チャンバ1に設けられる複数の不活性ガスの供給口及び排出口と、各供給口及び各排出口と不活性ガス供給装置15及びヒュームコレクタ19とを接続する配管を含む。本実施形態では、リコータヘッド供給口11fs、チャンバ供給口1b、副供給口1e、及びヒューム拡散装置供

50

給口 17g を含む供給口と、チャンバ排出口 1c、リコータヘッド排出口 11rs、副排出口 1f を含む排出口とを備える。

【0035】

リコータヘッド供給口 11fs は、チャンバ排出口 1c の設置位置に対応してチャンバ排出口 1c に対面するように設けられる。好ましくは、リコータヘッド供給口 11fs は、リコータヘッド 11 が不図示の材料供給装置の設置位置に対して所定の照射領域を挟んで反対側に位置しているときにチャンバ排出口 1c と対面するように、矢印 C 方向に沿ってリコータヘッド 11 の片面に設けられる。

【0036】

チャンバ排出口 1c は、チャンバ 1 の側板にリコータヘッド供給口 11fs に対面するように所定の照射領域から所定距離離れて設けられる。また、チャンバ排出口 1c に接続するように不図示の吸引装置が設けられるとよい。当該吸引装置は、レーザ光 L の照射経路からヒュームを効率よく排除することを助ける。また、吸引装置によってチャンバ排出口 1c において、より多くの量のヒュームを排出することができ、造形空間 1d 内にヒュームが拡散しにくくなる。

【0037】

チャンバ供給口 1b は、ベース台 4 の端上に所定の照射領域を間に置いてチャンバ排出口 1c に対面するように設けられる。チャンバ供給口 1b は、リコータヘッド 11 が所定の照射領域を通過してリコータヘッド供給口 11fs が所定の照射領域を間に置かずチャンバ排出口 1c に直面する位置にあるとき、リコータヘッド供給口 11fs からチャンバ供給口 1b に選択的に切り換えられて開放される。そのため、チャンバ供給口 1b は、リコータヘッド供給口 11fs から供給される不活性ガスと同じ所定の圧力と流量の不活性ガスをチャンバ排出口 1c に向けて供給するので、常に同じ方向に不活性ガスの流れを作り出し、安定した焼結を行える点で有利である。

【0038】

リコータヘッド排出口 11rs は、リコータヘッド 11 のリコータヘッド供給口 11fs が設けられている片面に対して反対側の側面に、矢印 C 方向に沿って設けられる。リコータヘッド供給口 11fs から不活性ガスを供給できないとき、換言すれば、チャンバ供給口 1b から不活性ガスを供給するときに、所定の照射領域のより近くで不活性ガスの流れを作り出していくらかのヒュームを排出するので、ヒュームをより効率よくレーザ光 L の照射経路から排除することができる。

【0039】

また、本実施形態の不活性ガス給排系統は、チャンバ排出口 1c に対面するようにチャンバ 1 の側板に設けられヒュームコレクタ 19 から送給されるヒュームが除去された清浄な不活性ガスを造形空間 1d に供給する副供給口 1e と、チャンバ 1 の上面に設けられヒューム拡散装置 17 へ不活性ガスを供給するヒューム拡散装置供給口 17g と、チャンバ排出口 1c の上側に設けられチャンバ 1 の上側に残留するヒュームを多く含む不活性ガスを排出する副排出口 1f とを備える。

【0040】

チャンバ 1 への不活性ガス供給系統には、不活性ガス供給装置 15 と、ヒュームコレクタ 19 が接続されている。不活性ガス供給装置 15 は、不活性ガスを供給する機能を有し、例えば、周囲の空気から窒素ガスを取り出す膜式窒素セパレータを備える装置である。本実施形態では、図 1 に示すように、リコータヘッド供給口 11fs、チャンバ供給口 1b、及びヒューム拡散装置供給口 17g と接続される。

【0041】

ヒュームコレクタ 19 は、その上流側及び下流側にそれぞれダクトボックス 21、23 を有する。チャンバ 1 からチャンバ排出口 1c 及び副排出口 1f を通じて排出されたヒュームを含む不活性ガスは、ダクトボックス 21 を通じてヒュームコレクタ 19 に送られ、ヒュームコレクタ 19 においてヒュームが除去された清浄な不活性ガスがダクトボックス 23 を通じてチャンバ 1 の副供給口 1e へ送られる。このような構成により、不活性ガス

10

20

30

40

50

の再利用が可能になっている。

【0042】

ヒューム排出系統として、図1に示すように、チャンバ排出口1c、リコータヘッド排出口11rs、及び副排出口1fとヒュームコレクタ19とがダクトボックス21を通じてそれぞれ接続される。ヒュームコレクタ19においてヒュームが取り除かれた後の清浄な不活性ガスは、チャンバ1へと返送され再利用される。

【0043】

(第1実施形態に係る積層造形方法及び補正方法)

次に、図5～図9を用いて、第1実施形態に係る積層造形方法及び補正方法について説明する。後述するように、第1実施形態に係る補正方法は、積層造形中に実行されることが好ましい。なお、図6～図9では、視認性を考慮し図1では示していた構成要素を一部省略している。

10

【0044】

まず、造形テーブル5上に造形プレート7を載置した状態で造形テーブル5の高さを適切な位置に調整する(図6)。この状態で材料収容部11a内に材料粉体が充填されているリコータヘッド11を図6の矢印B方向に造形領域Rの左側から右側に移動させることによって、造形プレート7上に1層目の材料粉体層8を形成する。なお、リコータヘッド11のかかる移動中には、リコータヘッド11及び切削装置50の物理的な干渉を防ぐために、切削装置50を図6における右側(退避位置)に退避させている。また、切削装置50は鉛直水平方向に移動可能に構成されるため、図中右側への退避に限らず更に鉛直上方向や紙面奥方向に退避させておいてもよい。

20

【0045】

次に、リコータヘッド11を造形領域Rの外に退避させるとともに材料粉体層8中の所定部位にレーザー光Lを照射することで材料粉体層8のレーザー照射部位を焼結させることによって、図7に示すように、積層造形物全体に対して所定厚を有する分割層である1層目の焼結層81fを得る。

【0046】

次に、造形テーブル5の高さを材料粉体層8の所定厚(1層)分下げ、リコータヘッド11を造形領域Rの右側から左側に移動させることによって、焼結層81f上に2層目の材料粉体層8を形成する。かかる材料粉体層8の形成をリコートと呼ぶ。

30

【0047】

ここで、次に詳述する「補正方法」が実行される。以下、用語「目標照射位置」及び「実照射位置」は、光検出部41における検出可能領域内の位置としてそれぞれ使用するものとする。また本実施形態では、光検出部41の目標照射位置へと照射し、実照射位置との誤差を特定するための補正光として、焼結層の形成にも使用するレーザー光Lを用いる。なお、レーザー光Lによって光検出部41が損傷されるのを防止するため、補正時のレーザー光Lは、光検出部41が検出できる範囲で出力が弱められてもよいし、半透明板を介して減衰されてから光検出部41に入射するように構成されてもよい。

【0048】

図8に示すように、光検出部41における検出可能領域の中心が第1目標照射位置(詳細は後述)に位置するように切削装置50を所定の測定位置まで移動させる。第1目標照射位置に対応する回転制御信号がガルバノミラー43a、43bにそれぞれ入力される。ガルバノミラー43a、43bはそれぞれ所定の角度を向く。レーザー光源42からレーザー光Lが出力されガルバノミラー43a、43bを介して、光検出部41における検出可能領域上であって第1目標照射位置に対応する所定の位置(第1実照射位置)に照射される。ここで、熱変位の影響で第1実照射位置は、第1目標照射位置から幾分かずれた位置となることがある。ただし、当該変位量は光検出部41における検出可能領域に対して相対的に小さいものであり、当該検出可能領域に第1実照射位置も含まれている。すなわち、光検出部41により第1実照射位置が検出される。

40

【0049】

50

次に、光検出部 4 1 における検出可能領域の中心が第 2 目標照射位置に位置するように切削装置 5 0 を移動させる。第 2 目標照射位置に対応する回転制御信号がガルバノミラー 4 3 a、4 3 b にそれぞれ入力される。ガルバノミラー 4 3 a、4 3 b はそれぞれ所定の角度を向く。レーザ光源 4 2 からレーザ光 L が出力されガルバノミラー 4 3 a、4 3 b を介して、第 2 目標照射位置に対応する所定の位置（第 2 実照射位置）に照射される。ここで、熱変位の影響で第 2 実照射位置は第 2 目標照射位置から幾分かずれた位置となることがある。ただし、当該変位量は光検出部 4 1 における検出可能領域に対して相対的に小さいものであり、当該検出可能領域に第 2 実照射位置も含まれている。すなわち、光検出部 4 1 により第 2 実照射位置が検出される。

【 0 0 5 0 】

10

第 1 目標照射位置と第 2 目標照射位置は、例えば図 5 に示す x 座標と y 座標のうち、一方が同一でもう一方が異なるように構成されることが望ましい。本例でいえば、x 座標を同一にして y 座標を異なる値に設定するため、図 8 における紙面奥方向に切削装置 5 0 を移動させることになる。図 1 0 に当該移動の前後に係る状態を示す。このとき、レーザ光座標系（図 1 0 に示す X - Y 座標、座標を [ X , Y ] と示す。）の原点から互いに等距離に位置するように、第 1 及び第 2 目標照射位置を決定することが好ましい。これにより、2 点の測定誤差が略同一となり全体としてより高精度な補正を実現することができる。図 1 0 においては、第 1 目標照射位置は、[ 0 , B ] に位置し、第 2 目標照射位置は、[ 0 , - B ] に位置している。

【 0 0 5 1 】

20

なお、ガルバノミラー 4 3 a、4 3 b を用いたレーザ光 L の照射位置制御とは、上述の通りあくまでも 2 軸のガルバノミラー 4 3 a、4 3 b の角度を制御するものである。つまり、同一の角度を変化させても照射位置の高さによって照射位置上での距離変位が異なってくる（光てこの原理）。したがって、光検出部 4 1 を予め定めた所定の高さにして実施することが望ましい。本補正方法では、造形テーブル 5 とは異なる所定高さにある光検出部 4 1 上へ照射するので、予め角度とかかる所定高さでの照射位置の対応付けを行っておく必要がある。

【 0 0 5 2 】

更に、リコータヘッド 1 1 との物理的干渉について特に問題がなければ、補正精度の観点からすれば光検出部 4 1 とガルバノミラー 4 3 a、4 3 b との高さの差が大きいことが好ましいと解する。換言すると、切削装置 5 0 の高さをできるだけ低い位置に移動させることが好ましい。なぜなら、光てこの原理から、距離がある方が同一の誤差であっても大きな変位として計測できるからである。

30

【 0 0 5 3 】

次に、不図示の補正手段（例えば、ガルバノミラー 4 3 a、4 3 b を制御する不図示の制御装置、制御回路等）が、第 1 目標照射位置と第 1 実照射位置との誤差 1 及び第 2 目標照射位置と第 2 実照射位置との誤差 2 を算出する。補正手段は、それぞれの目標照射位置と実照射位置とが略一致するようにレーザ光 L の照射位置を補正する。換言すると、補正手段は、誤差 1 及び 2 が略 0 となるようにレーザ光 L の照射位置を補正する。具体的には、並進ずれ及び回転ずれの両成分を補正することができる。参考までに、図 1 1 に並進ずれや回転ずれのパターンを示す。図 1 1 の上段は第 1 目標照射位置と第 1 実照射位置が示されており、下段は第 2 目標照射位置と第 2 実照射位置が示されている。また、外側の円は光検出部 4 1 における検出可能領域であり、内側の円は、目標照射位置（ハッチング無し）と実照射位置（ハッチング有り）を示している。上記 1 及び 2 は、これら X 方向の並進ずれ  $x$ 、Y 方向の並進ずれ  $y$  及び回転ずれ  $\theta$  の組み合わせから成る。任意の目標照射位置の列ベクトルを  $p = {}^T (x_p, y_p)$  とし、かかる目標照射位置に対応する実照射位置の列ベクトルを  $q = {}^T (x_q, y_q)$  とすると、これらは

40

$$p = A_R q + d \quad (1)$$

【 0 0 5 4 】

と表せる。ただし  $A_R$  は  $\theta$  を回転角とする 2 次元回転行列であり、 $d$  は並進ずれを

50

成分とする列ベクトル ( $d = {}^T (x, y)$ ) である。すなわち、 $1$  及び  $2$  から  $A_R$  及び  $d$  を算出し、式 (1) を補正として適用することで、実照射位置と目標照射位置とを略一致させることができる (「補正方法」はここまで。 )。

【 0 0 5 5 】

次に、材料粉体層 8 中の所定部位にレーザー光 L を照射し材料粉体層 8 のレーザー光照射部位を焼結させることによって、図 9 に示すように、2 層目の焼結層 8 2 f を得る。

【 0 0 5 6 】

以上の工程を繰り返すことによって、3 層目以降の焼結層が形成される。隣接する焼結層は、互いに強く固着される。必要数の焼結層を形成した後、未焼結の材料粉体を除去することによって、造形した焼結体を得ることができる。この焼結体は、例えば樹脂成形用の金型として利用可能である。

【 0 0 5 7 】

なお、上述の補正方法に際して誤差に対する閾値を設けてもよい。例えば、誤差の絶対値  $| \Delta 1 |$  と閾値  $T 1$  とを比較し、誤差の絶対値  $| \Delta 2 |$  と閾値  $T 2$  とを比較して、

$| \Delta 1 | > T 1$  及び  $| \Delta 2 | > T 2$

のうち少なくとも一方を満たすとき、或いは、

$| \Delta 1 | \leq T 1$  及び  $| \Delta 2 | \leq T 2$

のうち少なくとも一方を満たすとき、補正手段がレーザー光 L の照射位置を補正する。

【 0 0 5 8 】

また、第 1 目標照射位置から第 2 目標照射位置へ移動する際にも当該移動に合わせてレーザー光 L を移動させながら照射し続け、その移動軌跡を考慮してもよい。軌跡を考慮することで計測誤差を少なくし、より信頼度の高い補正を行うことができると解する。

【 0 0 5 9 】

好ましくは、リコータヘッド 1 1 によるリコート動作と切削装置 5 0 の移動との物理的干渉を回避するために、リコータヘッド 1 1 によるリコート動作 ( 所定の一方向への移動 ) の完了後に切削装置 5 0 の移動が行われると、従来技術に比してより短い時間で積層造形を行うことができる。更に好ましくは、リコータヘッド 1 1 によるリコート動作と切削装置 5 0 の移動との物理的干渉を回避しつつもこれらを略同時に行うことで、更なる短い時間で積層造形を行うことができる。また、第 1 実施形態に係る補正方法では、光検出部 4 1 が主軸座標系の何れか 1 つの座標軸上に配置されるため、精度の高い補正を実現することができる。

【 0 0 6 0 】

## 2 . 第 2 実施形態

続いて、第 2 実施形態に係る積層造形装置を説明する。第 2 実施形態では、補正時における複数の目標照射位置と同数である複数の光検出部 4 1 を有する。図 1 2 に示すように、ここでは 2 つの光検出部 4 1 ( 第 1 光検出部 4 1 a、第 2 光検出部 4 1 b ) が切削装置 5 0 に設けられる。ここで、スピンドルヘッド 6 0、第 1 光検出部 4 1 a、及び第 2 光検出部 4 1 b がともに同一の駆動系 ( ここでは加工ヘッド 5 7 ) に設けられているため、主軸座標系 ( 図 1 2 に示す  $x - y$  座標 ) において第 1 光検出部 4 1 a 及び第 2 光検出部 4 1 b の座標は既知である。ここでは、切削工具の位置制御に係る平面座標系における 1 つの軸 ( ここでは、 $x$  軸 ) 上から等距離に配置されることが好ましい。図 1 2 においては、切削工具 ( 主軸 ) を原点として、第 1 光検出部 4 1 a は、 $( a, b )$  に配置され且つ第 2 光検出部 4 1 b は、 $( a, - b )$  に配置される。かかる構成によれば、より高精度にレーザー光座標系と主軸座標系との対応付けをとることができる。

【 0 0 6 1 】

( 第 2 実施形態に係る補正方法 )

図 6 ~ 図 9、図 1 1 ~ 図 1 3 を用いて、第 2 実施形態に係る積層造形方法及び補正方法について説明する。後述するように、第 1 実施形態に係る補正方法同様、第 2 実施形態に係る補正方法も積層造形中に実行されることが好ましい。

【 0 0 6 2 】

10

20

30

40

50

まず、造形テーブル5上に造形プレート7を載置した状態で造形テーブル5の高さを適切な位置に調整する(図6)。この状態で材料収容部11a内に材料粉体が充填されているリコータヘッド11を図6の矢印B方向に造形領域Rの左側から右側に移動させることによって、造形プレート7上に1層目の材料粉体層8を形成する。なお、リコータヘッド11のかかる移動中には、リコータヘッド11及び切削装置50の物理的な干渉を防ぐために、切削装置50を図6における右側(退避位置)に退避させている。また、切削装置50は鉛直水平方向に移動可能に構成されるため、図中右側への退避に限らず更に鉛直上方向や紙面奥方向に退避させておいてもよい。

【0063】

次に、リコータヘッド11を造形領域Rの外に退避させるとともに材料粉体層8中の所定部位にレーザ光Lを照射することで材料粉体層8のレーザ照射部位を焼結させることによって、図7に示すように、積層造形物全体に対して所定厚を有する分割層である1層目の焼結層81fを得る。

【0064】

次に、造形テーブル5の高さを材料粉体層8の所定厚(1層)分下げ、リコータヘッド11を造形領域Rの右側から左側に移動させることによって、焼結層81f上に2層目の材料粉体層8を形成する。

【0065】

ここで、次に詳述する「補正方法」が実行される。第1実施形態と同じく本実施形態では、光検出部41の目標照射位置へと照射し、実照射位置との誤差を特定するための補正光として、焼結層の形成にも使用するレーザ光Lを用いる。なお、レーザ光Lによって光検出部41が損傷されるのを防止するため、補正時のレーザ光Lは、光検出部41が検出できる範囲で出力が弱められてもよいし、半透明板を介して減衰されてから光検出部41に入射するように構成されてもよい。

【0066】

図8に示すように、第1光検出部41aにおける検出可能領域の中心が第1目標照射位置に位置するように切削装置50を所定の測定位置まで移動させる。このとき、図12に示すように、第2光検出部41bにおける検出可能領域の中心は、第2目標照射位置に位置することとなる。第1実施形態と同様に、レーザ光座標系(図13に示すX-Y座標、座標を[X, Y]と示す。)の原点から互いに等距離に位置するように、第1及び第2目標照射位置を決定することが好ましい。これにより、2点の測定誤差が略同一となり全体としてより高精度な補正を実現することができる。図13においては、第1目標照射位置は、[0, B]に位置し、第2目標照射位置は、[0, -B]に位置している。

【0067】

第1目標照射位置に対応する回転制御信号がガルバノミラー43a、43bにそれぞれ入力される。ガルバノミラー43a、43bはそれぞれ所定の角度を向く。レーザ光源42からレーザ光Lが出力されガルバノミラー43a、43bを介して、第1目標照射位置に対応する所定の位置(第1実照射位置)に照射される。ここで、熱変位の影響で第1実照射位置は、第1目標照射位置から幾分かずれた位置となることがある。ただし、当該変位量は第1光検出部41aにおける検出可能領域に対して相対的に小さいものであり、当該検出可能領域に第1実照射位置も含まれている。すなわち、第1光検出部41aにより第1実照射位置が検出される。

【0068】

続いて、第2目標照射位置に対応する回転制御信号がガルバノミラー43a、43bにそれぞれ入力される。ガルバノミラー43a、43bはそれぞれ所定の角度を向く。レーザ光源42からレーザ光Lが出力されガルバノミラー43a、43bを介して、第2目標照射位置に対応する所定の位置(第2実照射位置)に照射される。ここで、熱変位の影響で第2実照射位置は、第2目標照射位置から幾分かずれた位置となることがある。ただし、当該変位量は第2光検出部41bにおける検出可能領域に対して相対的に小さいものであり、当該検出可能領域に第2実照射位置も含まれている。すなわち、第2光検出部41

10

20

30

40

50

bにより第2実照射位置が検出される。

【0069】

次に、不図示の補正手段（例えば、ガルバノミラー43a、43bを制御する不図示の制御装置、制御回路等）が、第1目標照射位置と第1実照射位置との誤差1及び第2目標照射位置と第2実照射位置との誤差2を算出する。補正手段は、それぞれの目標照射位置と実照射位置とが略一致するようにレーザー光Lの照射位置を補正する。換言すると、補正手段は、誤差1及び2が略0となるようにレーザー光Lの照射位置を補正する。具体的には、第1実施形態と同様に、図11に示すような並進ずれ及び回転ずれの両成分を補正することができる。すなわち、実照射位置と目標照射位置とを略一致させることができる（「補正方法」はここまで。）。

10

【0070】

次に、材料粉体層8中の所定部位にレーザー光Lを照射することによって材料粉体層8のレーザー光L照射部位を焼結させることによって、図9に示すように、2層目の焼結層82fを得る。

【0071】

以上の工程を繰り返すことによって、3層目以降の焼結層が形成される。隣接する焼結層は、互いに強く固着される。必要数の焼結層を形成した後、未焼結の材料粉体を除去することによって、造形した焼結体を得ることができる。この焼結体は、例えば樹脂成形用の金型として利用可能である。

【0072】

なお、第1実施形態同様に補正方法に際して誤差に対する閾値を設けてもよい。例えば、誤差の絶対値 $| \Delta 1 |$ と閾値 $T1$ とを比較し、誤差の絶対値 $| \Delta 2 |$ と閾値 $T2$ とを比較して、

20

$$| \Delta 1 | > T1 \text{ 及び } | \Delta 2 | > T2$$

のうち少なくとも一方を満たすとき、或いは、

$$| \Delta 1 | < T1 \text{ 及び } | \Delta 2 | < T2$$

のうち少なくとも一方を満たすとき、補正手段がレーザー光Lの照射位置を補正する。

【0073】

好ましくは、リコータヘッド11によるリコート動作と切削装置50の移動との物理的干渉を回避するために、リコータヘッド11によるリコート動作（所定の一方向への移動）の完了後に切削装置50の移動が行われると、従来技術に比してより短い時間で積層造形を行うことができる。更に好ましくは、リコータヘッド11によるリコート動作と切削装置50の移動との物理的干渉を回避しつつもこれらを略同時に行うことで、更なる短い時間で積層造形を行うことができる。特に、第2実施形態に係る補正方法は、切削装置50の移動を伴わずに第1目標照射位置及び第2目標照射位置に向けてレーザー光Lを照射することができるため、短時間でレーザー光Lの照射位置の補正を実現することができる。

30

【0074】

第1実施形態及び第2実施形態に係る補正は任意のタイミングで実施してよいが、より高精度の造形を実現するためには補正の頻度は高い方が望ましい。またかかる補正は、特にその頻度が高いときは、造形時間短縮の観点からリコート中に行われるのが望ましい。対して、不活性ガスの供給やヒュームの除去を効率化するためチャンバ1は小型化されることが望ましいため、リコート中に補正を行った場合、切削装置50又は切削工具と、リコータヘッド11とが物理的に干渉するおそれがある。

40

【0075】

そのため、本実施形態のようにリコータヘッド11が両側面にブレード11fb、11rbを備え、リコート1回毎にリコータヘッド11の移動方向が切り替わる場合は、リコータヘッド11の移動方向と、補正開始時の切削装置50の移動方向（すなわち、退避位置から測定位置に移動するときの方向）とが一致しているときに補正を実行するように構成することが望ましい。また、リコータヘッド11の片側にのみブレードを設け、リコート時のリコータヘッド11の移動方向が常に一定になるように構成してもよい。この場合

50

はリコータヘッド 11 の移動方向と、補正開始時の切削装置 50 の移動方向とが一致するように構成すればよい。以上のような構成によれば、リコート中に補正を行う場合でも前述の物理的干渉を防止できる。

【0076】

本発明は、以下の態様でも実施可能である。

【0077】

第1に、上記実施形態ではレーザー光 L の走査手段として一对のガルバノミラー 43 a、43 b を用いたが、レーザー光 L は別的手段によって走査させてもよい。

【0078】

第2に、材料粉体の焼結用に用いるレーザー光 L とは別異の光であって当該レーザー光 L と同一光軸を有する同軸光を補正光として用いてもよい。補正光は、例えば不可視のレーザー光 L の照射位置を表示するためのガイド光である。また上述の補正は、同軸光の照射位置に基づいて行うことができる。

10

【0079】

第3に、目標照射位置は1つであっても3つ以上であってもよい。1つである場合は、目標照射位置をレーザー光座標系の原点とすることでより高い精度の補正を実現することができる。ただし、1つである場合は回転成分のずれを補正することができない点に留意する。

【符号の説明】

【0080】

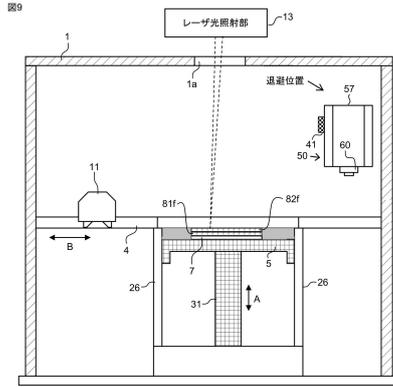
20

1：チャンバ、1 a：ウィンドウ、1 b：チャンバ供給口、1 c：チャンバ排出口、1 d：造形空間、1 e：副供給口、1 f：副排出口、3：粉体層形成装置、4：ベース台、5：造形テーブル、7：造形プレート、8：材料粉体層、11：リコータヘッド、11 a：材料収容部、11 b：材料供給部、11 c：材料排出部、11 f b, 11 r b：ブレード、11 f s：リコータヘッド供給口、11 r s：リコータヘッド排出口、13：レーザー光照射部、15：不活性ガス供給装置、17：ヒューム拡散装置、17 a：筐体、17 b：開口部、17 c：拡散部材、17 d：不活性ガス供給空間、17 e：細孔、17 f：清浄室、17 g：ヒューム拡散装置供給口、19：ヒュームコレクタ、21, 23：ダクトボックス、26：粉体保持壁、31：造形テーブル駆動機構、41：光検出部、41 a：第1光検出部、41 b：第2光検出部、42：レーザー光源、43 a, 43 b：ガルバノミラー、44：フォーカス制御ユニット、50：切削装置、57：加工ヘッド、60：スピンドルヘッド、81 f, 82 f：焼結層、L：レーザー光、R：造形領域。

30

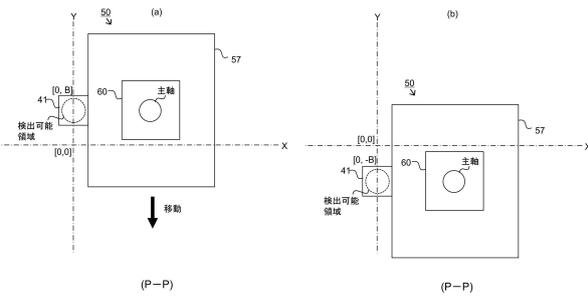


【図9】

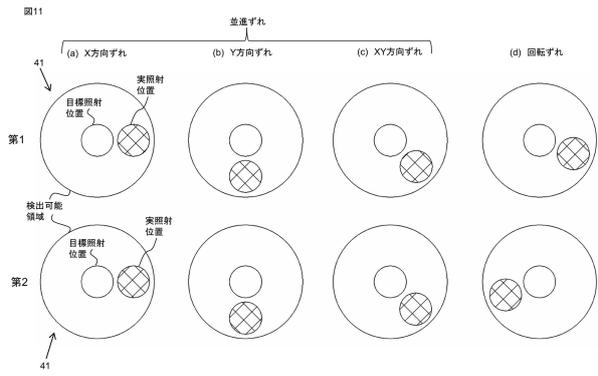


【図10】

図10 レーザ光座標系 (X-Y)

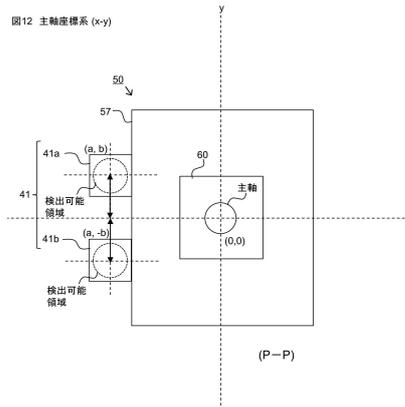


【図11】



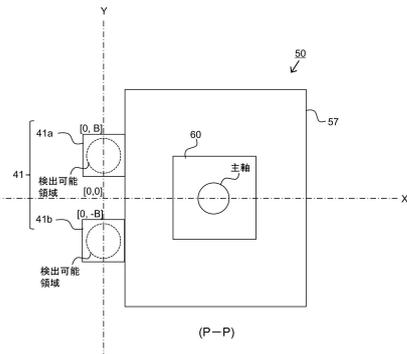
【図12】

図12 主軸座標系 (x-y)



【図13】

図13 レーザ光座標系 (X-Y)



---

フロントページの続き

(72)発明者 岡崎 秀二

神奈川県横浜市都筑区仲町台三丁目12番1号 株式会社ソディック本社・技術研修センター内

(72)発明者 宮下 泰行

神奈川県横浜市都筑区仲町台三丁目12番1号 株式会社ソディック本社・技術研修センター内

(72)発明者 加藤 善考

神奈川県横浜市都筑区仲町台三丁目12番1号 株式会社ソディック本社・技術研修センター内

審査官 中山 基志

(56)参考文献 国際公開第2005/115663(WO, A1)

特開2009-107153(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B29C64/00 - 64/40

B22F3/105

B22F3/16

B33Y10/00 - 99/00