

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

高エネルギー密度熱源を備え、該高エネルギー密度熱源から照射されたビームにより付加製造材料の粉末を溶融結合させて造形物を製造する付加製造装置であって、

前記粉末が溶融結合した材料付着部に計測光を照射し、該計測光の反射光を受光して前記材料付着部の形状を測定する形状測定部を備えることを特徴とする付加製造装置。

【請求項 2】

前記高エネルギー密度熱源として、レーザ光源を備え、

前記レーザ光源から照射されたレーザ光を前記粉末へ向けて反射させて走査させるとともに前記計測光を前記材料付着部に向けて反射させて走査させるスキャナミラーを備えることを特徴とする請求項 1 に記載の付加製造装置。

10

【請求項 3】

前記粉末を層状に供給する材料供給部と、

前記粉末の供給毎に前記材料付着部の形成と形状の測定を行うように前記材料供給部、前記レーザ光源、前記形状測定部および前記スキャナミラーを制御する制御部と、を備えることを特徴とする請求項 2 に記載の付加製造装置。

【請求項 4】

前記制御部は、前記材料付着部の変形を検出する変形検出部を有することを特徴とする請求項 3 に記載の付加製造装置。

【請求項 5】

前記制御部は、前記変形検出部による前記材料付着部の変形の検出後に、前記材料付着部の変形を補正するように前記材料供給部、前記レーザ光源、前記形状測定部および前記スキャナミラーの少なくとも一つの制御量を調整する形状補正部を有することを特徴とする請求項 4 に記載の付加製造装置。

20

【請求項 6】

前記形状補正部は、前記制御量として、前記レーザ光源の出力および前記スキャナミラーによる前記レーザ光の走査速度の少なくとも一方を調整することを特徴とする請求項 5 に記載の付加製造装置。

【請求項 7】

前記形状測定部は、前記計測光を照射する計測光源と、前記反射光を受光する受光部と、前記計測光源を移動させる移動機構とを有し、

30

前記制御部は、前記スキャナミラーによる前記計測光の走査位置に応じて前記移動機構を制御して前記計測光源を移動させることを特徴とする請求項 3 に記載の付加製造装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、付加製造装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、付加製造技術が知られている。付加製造は、材料を付着することによって物体を三次元形状の数値表現から作成するプロセスであり、除去的な製造とは対照をなすものである。付加製造は、「3Dプリンター」や「積層造形」とも呼ばれ、多くの場合、複数の層を積層させることによって実現される。

40

【0003】

付加製造技術の一例として、レーザ焼結によって3次元物体を製造する方法に関する発明が知られている（下記特許文献1を参照）。特許文献1に記載された従来の製造方法において、物体は、各層におけるその物体に対応する位置において粉末材料を層単位で固化することによって形成される。塗布された粉末層から放出されるIR放射が局所的に検出され、それによってIR放射画像が取得される。この方法は、塗布された粉末層の欠陥および/または幾何学的不規則性が前記IR放射画像に基づいて求められることを特徴とす

50

る（同文献、請求項 1 等を参照）。

【0004】

この従来の製造方法の効果として、同文献の第 0012 段落に、「本発明によれば、塗布された粉末において異なる領域が存在する場合、3 つ全ての量が赤外領域内で大きく変化するという利点が用いられる。放射率及び反射率の影響の補償は生じない。赤外スペクトルにおいて異なる特性を有するそれらの領域内に存在する高いコントラストに起因して、非常に正確な層観察が可能である。」という記載がある。

【0005】

また、同文献の第 0017 段落に、「新たに塗布された粉末層におけるこれらの欠陥及び / 又は不規則性は、粉末を塗布した後赤外線カメラによって、異なる温度及び / 又は異なる放射率及び / 又は異なる反射率に基づいて検出される。同時に、異なる層の厚さを有する領域が、層の表面特性を示す異なる色によって再現される。したがって、新たに塗布された各層を、層ごとに実際の値と目標値とを比較することによって、カラー画像の画像処理によって観察することができる。」という記載がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】特表 2010 - 520091 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

前記特許文献 1 に記載された方法および装置によれば、粉末材料の状態を赤外線カメラによって検出することが可能であるが、粉末材料が固化した後の形状、すなわち、付加製造中の物体の形状を測定することができないという課題がある。

【0008】

本発明は、付加製造中の物体の形状を測定することが可能な付加製造装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の付加製造装置は、高エネルギー密度熱源を備え、該高エネルギー密度熱源から照射されたビームにより付加製造材料の粉末を溶融結合させて造形物を製造する付加製造装置であって、前記粉末が溶融結合した材料付着部に計測光を照射し、該計測光の反射光を受光して前記材料付着部の形状を測定する形状測定部を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、付加製造中の物体の形状を測定することが可能な付加製造装置を提供することができる。上記した以外の課題、構成および効果は、以下の実施形態により明らかにされる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図 1 A】本発明の実施形態 1 に係る付加製造装置の構成を示すブロック図。

【図 1 B】図 1 A に示す形状測定部の構成の一例を示すブロック図。

【図 1 C】図 1 A および図 1 B に示す制御部の構成の一例を示すブロック図。

【図 2 A】図 1 A に示す付加製造装置の模式的な断面図。

【図 2 B】図 1 A に示す付加製造装置の模式的な断面図。

【図 3】図 2 A に示す付加製造部において製造中の造形物の拡大断面図。

【図 4】図 2 A に示す付加製造部において製造中の造形物の拡大断面図。

【図 5】図 2 A に示す付加製造部において製造中の造形物の拡大断面図。

【図 6】図 2 A に示す付加製造部において製造中の造形物の拡大断面図。

【図 7】図 2 A に示す付加製造部において製造中の造形物の拡大断面図。

【図 8】図 2 A に示す付加製造部において製造中の造形物の拡大断面図。

10

20

30

40

50

【図 9】図 2 A に示す付加製造部において製造中の造形物の拡大断面図。

【図 10】図 2 A に示す付加製造部において製造中の造形物の拡大断面図。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、図面を参照して本発明に係る付加製造装置の実施の形態を説明する。

【0013】

図 1 A は、本発明の実施の形態に係る付加製造装置 1 の概略構成を示すブロック図である。図 1 B は、図 1 A に示す形状測定部 3 の構成の一例を示すブロック図である。図 1 C は、図 1 A および図 1 B に示す制御部 7 の構成の一例を示すブロック図である。図 2 A および図 2 B は、図 1 A に示す付加製造装置 1 の概略構成を示す模式的な断面図である。

10

【0014】

本実施形態の付加製造装置 1 は、たとえば、レーザ光源 2 や電子ビーム熱源等の高エネルギー密度熱源を備えている。付加製造装置 1 は、このレーザ光源 2 や電子ビーム熱源から照射されたレーザ光 B や電子ビームなどのビームにより付加製造材料の粉末 P を溶融結合させて造形物 M を製造する粉末床溶融結合方式の付加製造装置である。本実施形態の付加製造装置 1 は、粉末 P が溶融結合した材料付着部 m に計測光 L を照射し、この計測光 L の反射光 R を受光して材料付着部 m の形状を測定する形状測定部 3 を備えることを特徴としている。本実施形態では、高エネルギー密度熱源として、レーザ光源 2 を備える付加製造装置 1 を説明する。なお、レーザ光源 2 に代えて、電子ビーム熱源を備える付加製造装置によっても、本実施形態の付加製造装置 1 と同様の効果を得ることができる。

20

【0015】

本実施形態の付加製造装置 1 は、たとえば、図 1 A および図 2 A に示すように、レーザ光源 2 と、形状測定部 3 と、スキャナミラー 4 と、材料供給部 5 と、付加製造部 6 と、制御部 7 と、を備えている。また、付加製造装置 1 は、たとえば、図 2 A に示すように、集光レンズ 8 と、ハーフミラー 9 と、回収部 10 と、を備えている。なお、図示は省略するが、付加製造装置 1 は、各部を収容する真空チャンバーと、その真空チャンバーの内部を減圧する真空ポンプを備えてもよい。

【0016】

レーザ光源 2 は、たとえば、数百 W から数 kW 程度の出力のレーザを発生させるレーザ光源である。レーザ光源 2 は、たとえば、波長が 1080 nm、出力が 500 W のシングルモードファイバーレーザ、すなわちエネルギー強度がガウス分布のファイバーレーザを発生させるレーザ光源である。

30

【0017】

形状測定部 3 は、たとえば、図 1 B に示すように、計測光源 3 A と、受光部 3 B と、移動機構 3 C とを備えることができる。計測光源 3 A は、たとえば、形状測定用のレーザ光である計測光 L を照射するレーザ光源である。受光部 3 B は、たとえば、計測光源 3 A から照射され、測定対象によって反射された計測光 L の反射光 R を受光する受光素子である。移動機構 3 C は、たとえば、計測光源 3 A および受光部 3 B を含む形状測定部 3 を計測光 L の光軸方向に移動させ、計測光 L の光路長を補正する。

【0018】

形状測定部 3 は、たとえば、計測光源 3 A と受光部 3 B による三角測距方式や、計測光 L の照射から反射光 R の受光までの時間を計測するタイムオブライイト方式により、測定対象までの光路長を計測し、測定対象の 2 次元形状または 3 次元形状を測定する。なお、形状測定部 3 は、移動機構 3 C を有しなくてもよい。

40

【0019】

スキャナミラー 4 は、レーザ光 B を付加製造材料の粉末 P へ向けて反射させて走査させるとともに、計測光 L を材料付着部 m に向けて反射させて走査させる。より具体的には、スキャナミラー 4 は、たとえば、ガルバノスキャナ 40 を構成する反射ミラーである。スキャナミラー 4 は、たとえば、レーザ光源 2 から照射されたレーザ光 B の反射角度を変化させるように駆動され、付加製造部 6 に敷き詰められた粉末 P の所定の領域において、レ

50

ーザ光 B の照射スポットを走査させる。

【 0 0 2 0 】

また、スキャナミラー 4 は、たとえば、形状測定部 3 から照射され、ハーフミラー 9 によって反射された計測光 L を、レーザ光 B と同軸、すなわち、レーザ光 B と同一の光路に反射させる。スキャナミラー 4 は、たとえば、計測光 L の反射角度を変化させるように駆動され、付加製造部 6 で粉末 P が溶融結合された材料付着部 m の表面において、計測光 L の照射スポットを走査させる。また、スキャナミラー 4 は、付加製造部 6 の材料付着部 m の表面に照射された計測光 L の反射光 R を、ハーフミラー 9 に向けて反射させる。

【 0 0 2 1 】

材料供給部 5 は、付加製造材料の粉末 P を付加製造部 6 に対して層状に供給するための構成である。材料供給部 5 は、たとえば、付加製造材料の粉末 P を供給するためのステージ 5 A を有し、側壁と底壁とによって囲まれた凹状の部分である。材料供給部 5 の底壁は、材料供給用のステージ 5 A によって構成されている。材料供給部 5 は、上方が開放されて側壁の上端に開口部を有し、材料供給用のステージ 5 A 上に付加製造材料の粉末 P が載置される。材料供給用のステージ 5 A は、たとえば、適宜の昇降機構によって、所定のピッチで昇降可能に設けられている。

10

【 0 0 2 2 】

材料供給部 5 は、たとえば、リコーター 5 B を備えている。リコーター 5 B は、たとえば、適宜の移動機構により、材料供給部 5 および付加製造部 6 の開口部に沿って、おおむね水平方向に沿う移動可能に往復することができるよう設けられている。リコーター 5 B は、材料供給部 5 から付加製造材料の粉末 P を付加製造部 6 に供給するとき、材料供給部 5 の開口部の手前側の位置から、材料供給部 5 の開口部と付加製造部 6 の開口部を横断して、回収部 10 の開口部に臨む位置まで移動する。

20

【 0 0 2 3 】

造形物 M の付加製造に用いられる付加製造材料としては、特に限定されないが、たとえば、銅、チタン合金、ニッケル合金、アルミニウム合金、コバルトクロム合金、ステンレス鋼などの金属材料の粉末、ポリアミドなどの樹脂材料の粉末、セラミックスの粉末などを用いることができる。

【 0 0 2 4 】

付加製造部 6 は、たとえば、前述の材料供給部 5 と同様に、付加製造用のステージ 6 A を有し、側壁と底壁とによって囲まれた凹状の部分である。付加製造部 6 の底壁は、付加製造用のステージ 6 A によって構成されている。付加製造部 6 は、材料供給部 5 と同様に、上方が開放されて側壁の上端に開口部を有し、付加製造用のステージ 6 A 上に、材料供給部 5 から供給される付加製造材料の粉末 P と、付加製造によって製造される造形物 M が載置される。

30

【 0 0 2 5 】

付加製造部 6 の開口部と材料供給部 5 の開口部は、たとえば、鉛直方向の高さがおおむね等しく、おおむね水平方向に並んでいる。付加製造用のステージ 6 A は、前述の材料供給用のステージ 5 A と同様に、たとえば、適宜の昇降機構によって、所定のピッチで昇降可能に設けられている。

40

【 0 0 2 6 】

制御部 7 は、たとえば、図示を省略する中央演算処理装置 (CPU)、メモリ等の記憶装置、入出力端子、その他の電子部品によって構成されたコンピュータユニットである。制御部 7 は、たとえば、記憶装置に記憶されたコンピュータプログラムに従って、付加製造装置 1 の各部を制御する。より具体的には、制御部 7 は、たとえば、付加製造材料の粉末 P の供給毎に材料付着部 m の形成と形状の測定を行うように、材料供給部 5、レーザ光源 2、形状測定部 3 およびスキャナミラー 4 を制御する。

【 0 0 2 7 】

制御部 7 は、たとえば、図 1 C に示すように、変形検出部 7 A を有してもよい。変形検出部 7 A は、造形物 M の 3 次元形状のデータに基づいて付加製造材料の粉末 P をレーザ光

50

Bによって溶融結合させた材料付着部mの変形を検出する。より具体的には、造形物Mは、複数の材料付着部mを積層させることによって製造される。そのため、制御部7を構成する記憶装置には、たとえば、各層の材料付着部mの形状の目標値として、各層の材料付着部mの層の3次元形状のデータが保存されている。

【0028】

変形検出部7Aは、たとえば、記憶装置に記憶された材料付着部mの形状の目標値と、形状測定部3によって測定した材料付着部mの形状の測定値とを比較し、目標値と測定値の差分がしきい値以上の場合に、材料付着部mの変形を検出する。

【0029】

制御部7は、たとえば、図1Cに示すように、形状補正部7Bを有してもよい。形状補正部7Bは、変形検出部7Aによる材料付着部mの変形の検出後に、材料付着部mの変形を補正するように、材料供給部5、レーザ光源2、形状測定部3およびスキャナミラー4の少なくとも一つの制御量を調整する。より具体的には、形状補正部7Bは、たとえば、制御量として、レーザ光源2の出力およびスキャナミラー4によるレーザ光Bの走査速度を調整することができる。

【0030】

前述のように、形状測定部3が計測光Lを照射する計測光源3Aと、反射光Rを受光する受光部3Bと、計測光源3Aを移動させる移動機構3Cとを有している場合、制御部7は、移動機構3Cを制御して計測光源3Aを移動させてもよい。より具体的には、制御部7は、たとえば、図2Bに示すように、スキャナミラー4による計測光Lの走査位置に応じて、図1Bに示す移動機構3Cを制御して、計測光源3Aを含む形状測定部3を計測光Lの光軸方向A1に移動させるように構成されている。

【0031】

集光レンズ8は、たとえば、適宜の移動機構によってレーザ光源2から照射されるレーザ光Bの光軸方向A2に移動可能に設けられている。集光レンズ8の移動機構は、たとえば、制御部7によって制御される。制御部7は、たとえば、集光レンズ8の移動機構を制御して集光レンズ8をレーザ光Bの光軸方向A2に移動させることで、集光レンズ8によって集光されるレーザ光Bのビーム径を制御する。

【0032】

ハーフミラー9は、図2Aおよび図2Bに示すように、レーザ光源2から照射されるレーザ光Bを透過させるとともに、形状測定部3から照射される計測光Lを反射させる。ハーフミラー9は、反射させた計測光Lを、レーザ光Bと同軸、すなわち、レーザ光Bと同一の光路でスキャナミラーに入射させる。また、ハーフミラー9は、付加製造部6において粉末が溶融結合された材料付着部mに照射された計測光Lの反射光Rを、形状測定部3に向けて反射させる。

【0033】

回収部10は、図2Aに示すように、たとえば、側壁と底壁によって囲まれた凹状の部分である。図示の例において、回収部10の底壁は、側壁の下端部に固定されているが、材料供給部5および付加製造部6と同様に、昇降可能なステージによって構成されていてもよい。回収部10は、上部が開放されて側壁の上端に開口部を有している。回収部10の開口部と、付加製造部6の開口部は、鉛直方向の高さがおおむね等しく、おおむね水平方向に並んでいる。回収部10は、たとえば、リコーター5Bによって材料供給部5から付加製造部6に供給された余分な粉末Pを収容して回収する。

【0034】

以下、本実施形態の付加製造装置1の作用について説明する。

【0035】

本実施形態の付加製造装置1によって造形物Mの付加製造を行うには、まず、制御部7によって付加製造部6の昇降機構を制御して、ステージ6Aを側壁の上端部の開口部から所定のピッチで下降させる。そして、付加製造部6に所定量の付加製造材料の粉末Pを収容可能な状態にする。なお、付加製造装置1が真空チャンバーとその真空チャンバーの内

10

20

30

40

50

部を減圧する真空ポンプとを備える場合には、まず、真空ポンプによってチャンパー内の空気を排出し、チャンパー内を大気圧よりも減圧された真空状態とし、次に、ステージ 6 A を下降させてもよい。

【0036】

次に、制御部 7 によって材料供給部 5 の昇降機構を制御して、ステージ 5 A を所定のピッチで上昇させ、開口部よりも上方に所定量の付加製造材料の粉末 P を押し上げる。次に、制御部 7 によって材料供給部 5 の移動機構を制御して、材料供給部 5 の開口部を横断するようにリコーター 5 B を移動させる。そして、材料供給部 5 の開口部の上方に押し上げられた粉末 P を、リコーター 5 B によって付加製造部 6 に移動させる。

【0037】

さらに、制御部 7 によって材料供給部 5 の移動機構を制御して、付加製造部 6 の開口部を横断するようにリコーター 5 B を移動させる。そして、リコーター 5 B によって粉末 P を付加製造部 6 の開口部へ導入して付加製造部 6 のステージ 6 A に載置するとともに、粉末 P を付加製造部 6 の開口部の高さに平坦に均して敷き詰める。これにより、材料供給部 5 によって粉末 P が付加製造部 6 に層状に供給される。

【0038】

また、付加製造部 6 に収容されなかった余分な粉末 P は、リコーター 5 B によって回収部 10 の開口部へ導入され、回収部 10 に収容されて回収される。その後、制御部 7 によって材料供給部 5 の移動機構を制御して、リコーター 5 B を逆方向に移動させて元の位置に戻す。

【0039】

次に、レーザ光源 2 から照射したレーザ光 B を、付加製造部 6 に配置された粉末 P の所定の領域に走査させ、粉末 P を溶融結合させる。より具体的には、制御部 7 によってレーザ光源 2、集光レンズ 8 の移動機構、およびガルバノスキャナ 40 を制御して、レーザ光源 2 から照射されたレーザ光 B を、付加製造部 6 に敷き詰められた粉末 P の所定の領域に走査させる。

【0040】

このレーザ光 B を走査させる粉末 P の所定の領域は、付加製造部 6 で製造される造形物 M の断面形状に対応する領域であり、より詳細には、造形物 M を製造するために積層される材料付着部 m の各層に対応する領域である。このように、付加製造部 6 に敷き詰められた層状の粉末 P の所定の領域にレーザ光 B を照射することで、粉末 P が溶融結合して、造形物 M の一部として、材料付着部 m の層が形成される。

【0041】

次に、形状測定部 3 から照射した計測光 L を、付加製造部 6 に新たに形成された材料付着部 m の層の表面に走査させ、計測光 L の反射光 R を形状測定部 3 によって受光することで、材料付着部 m の表面形状を測定する。より具体的には、図 2 B に示すように、制御部 7 によって形状測定部 3 およびガルバノスキャナ 40 を制御して、形状測定部 3 の計測光源 3 A から計測光 L を照射しつつ、スキャナミラー 4 を駆動させる。そして、ハーフミラー 9 で反射された計測光 L のスキャナミラー 4 による反射角度を変化させ、計測光 L を材料付着部 m に照射して走査させる。

【0042】

材料付着部 m によって反射された計測光 L の反射光 R は、スキャナミラー 4 およびハーフミラー 9 によって反射され、形状測定部 3 の受光部 3 B によって受光される。形状測定部 3 は、材料付着部 m の表面上の複数の点で材料付着部 m までの光路長を計測し、材料付着部 m の凹凸を含む 3 次元形状を測定する。

【0043】

形状測定部 3 は、材料付着部 m の形状を測定する際に、計測光 L の光路長を補正する。たとえば、付加製造部 6 の中央部と周縁部とでは、形状測定部 3 から材料付着部 m までの光路長が異なる。たとえば、付加製造部 6 の中央部では、スキャナミラー 4 によって反射された計測光 L は、材料付着部 m の表面に、おおむね鉛直方向に照射される。これに対し

10

20

30

40

50

、付加製造部 6 の周縁部では、スキャナミラー 4 によって反射された計測光 L は、材料付着部 m の表面に、鉛直方向に対してより大きな角度を有して照射される。そのため、付加製造部 6 に対する計測光 L の照射位置と計測光 L の光路長との関係をあらかじめ記録し、計測光 L の照射位置に応じて光路長を補正する必要がある。

【 0 0 4 4 】

制御部 7 は、たとえば、あらかじめ記録された付加製造部 6 に対する計測光 L の照射位置と計測光 L の光路長との関係に基づき、演算によって形状測定部 3 の計測値を補正することができる。なお、図 1 B に示すように、形状測定部 3 が移動機構 3 C を有している場合には、制御部 7 は、移動機構 3 C を制御して、計測光源 3 A を、計測光 L の光軸方向 A 1 に移動させてもよい。

【 0 0 4 5 】

より具体的には、制御部 7 は、たとえば、計測光 L の照射位置が付加製造部 6 の周縁部に近いほど、計測光源 3 A および受光部 3 B を含む形状測定部 3 をハーフミラー 9 に近づけるように移動させる。また、制御部 7 は、たとえば、計測光 L の照射位置が付加製造部 6 の中央に近いほど、計測光源 3 A および受光部 3 B を含む形状測定部 3 をハーフミラー 9 から遠ざけるように移動させる。

【 0 0 4 6 】

次に、制御部 7 は、付加製造部 6 の昇降機構を制御してステージ 6 A を所定のピッチで下降させる。そして、ステージ 6 A に載置された粉末 P と製造中の造形物 M の上に、所定量の付加製造材料の粉末 P を収容可能な状態にする。次に、制御部 7 は、材料供給部 5 の昇降機構を制御してステージ 5 A を所定のピッチで上昇させ、開口部よりも上方に所定量の付加製造材料の粉末 P を押し上げる。次に、制御部 7 は、材料供給部 5 の移動機構を制御して、材料供給部 5 の開口部を横断するようにリコーター 5 B を移動させる。そして、材料供給部 5 の開口部の上方に押し上げられた粉末 P をリコーター 5 B によって付加製造部 6 に移動させる。

【 0 0 4 7 】

さらに、制御部 7 は、材料供給部 5 の移動機構を制御して、付加製造部 6 の開口部を横断するようにリコーター 5 B を移動させ、リコーター 5 B によって新たな粉末 P を付加製造部 6 の開口部へ導入する。そして、付加製造部 6 のステージ 6 A に載置された粉末 P と造形物 M の一部である材料付着部 m の上に、リコーター 5 B によって新たな粉末 P を付加製造部 6 の開口部の高さに平坦に均して敷き詰める。これにより、材料供給部 5 によって粉末 P が付加製造部 6 に層状に供給される。

【 0 0 4 8 】

以下、本実施形態の付加製造装置 1 による付加製造中の物体の形状の測定について、図 3 から図 1 0 を参照して、より詳細に説明する。図 3 から図 1 0 は、図 2 A に示す付加製造部 6 において製造中の造形物 M の拡大断面図である。

【 0 0 4 9 】

図 3 は、レーザ光 B の照射による材料付着部 m の形成と、計測光 L の照射による材料付着部 m の形状の測定後に、材料供給部 5 によって粉末 P が付加製造部 6 に層状に供給された状態を示している。この状態から、前述のように、造形物 M の 3 次元形状に対応する粉末 P の領域に、レーザ光 B が照射される。これにより、粉末 P を溶融結合させて、図 4 に示すように、材料付着部 m を形成する。ここで、粉末 P を溶融結合させた材料付着部 m は、粒子間に空隙を有する溶融結合前の粉末 P よりも密度が高くなって体積が減少する。そして、材料付着部 m の上面は、付加製造部 6 に敷き詰められた粉末 P の上面よりも低くなる。

【 0 0 5 0 】

このように、本実施形態の付加製造装置 1 は、レーザ光源 2 を備えることで、レーザ光源 2 から照射されたレーザ光 B により付加製造材料の粉末 P を溶融結合させて造形物 M を製造することができる。さらに、本実施形態の付加製造装置 1 は、形状測定部 3 を備えている。形状測定部 3 は、前述のように、粉末 P が溶融結合した材料付着部 m に計測光 L を

10

20

30

40

50

照射し、その計測光 L の反射光 R を受光して材料付着部 m の形状を測定する。したがって、本実施形態の付加製造装置 1 によれば、材料付着部 m の 2 次元形状および 3 次元形状を含む、付加製造中の造形物 M の形状を測定することができる。

【 0 0 5 1 】

また、本実施形態の付加製造装置 1 は、前述のように、レーザ光 B を粉末 P へ向けて反射させて走査させるとともに、計測光 L を材料付着部 m に向けて反射させて走査させるスキャナミラー 4 を備えている。このように、スキャナミラー 4 によってレーザ光 B および計測光 L を走査させることができるので、計測光 L を走査させるための別途の駆動系を設ける必要がない。したがって、低コストかつ省スペースで、材料付着部 m の形状を測定することができる。また、たとえばガルバノスキャナ 40 を構成するスキャナミラー 4 によ

10

【 0 0 5 2 】

また、本実施形態の付加製造装置 1 において、形状測定部 3 は、計測光 L を照射する計測光源 3 A と、反射光 R を受光する受光部 3 B と、計測光源 3 A を移動させる移動機構 3 C とを有している。そして、制御部 7 は、スキャナミラー 4 による計測光 L の走査位置に応じて移動機構 3 C を制御して計測光源 3 A を移動させることができる。このように、材料付着部 m に対する計測光 L の照射位置に応じて、計測光源 3 A を移動させることで、計測光 L の照射位置によらず、計測光 L の光路長を一定にすることができ、演算による光路長の補正を省略することができる。

20

【 0 0 5 3 】

図 5 は、制御部 7 によって付加製造部 6 のステージ 6 A ならびに材料供給部 5 のステージ 5 A およびリコーター 5 B を制御して、図 4 に示す製造中の造形物 M の上に粉末 P を層状に敷き詰めた状態を示している。この状態から、制御部 7 は、前述のように、レーザ光源 2 およびスキャナミラー 4 等を制御して、造形物 M の 3 次元形状に対応する粉末 P の領域に、再びレーザ光 B を照射して走査させる。これにより、粉末 P が溶融結合して、図 6 に示すように、材料付着部 m が積層して形成される。その後、制御部 7 は、前述のように、形状測定部 3 およびスキャナミラー 4 等を制御して、材料付着部 m の上面に、再び計測光 L を走査させ、材料付着部 m の形状を測定する。

【 0 0 5 4 】

このように、本実施形態の付加製造装置 1 は、粉末 P を層状に供給する材料供給部 5 と、粉末 P の供給毎に材料付着部 m の形成と形状の測定を行うように、材料供給部 5、レーザ光源 2、形状測定部 3 およびスキャナミラー 4 を制御する制御部 7 とを備えている。これにより、付加製造部 6 において積層される材料付着部 m の各層の表面形状を、造形物 M の付加製造中に逐次測定することができる。

30

【 0 0 5 5 】

また、図 3 に示す状態から、前述のように、造形物 M の 3 次元形状に対応する粉末 P の領域に、レーザ光 B が照射されたときに、何らかの原因によって、図 7 に示すように、材料付着部 m が予定された形状から変形する場合がある。この変形した状態の材料付着部 m の上に、図 8 に示すように粉末 P が層状に供給された状態で、材料付着部 m が変形していない場合と同様にレーザ光 B を照射すると、粉末 P の溶け込みが不十分になる可能性がある。粉末 P の溶け込みが不十分になると、たとえば図 10 に示すように、材料付着部 m の層間に、粉末 P の溶け残りなどの欠陥が発生するおそれがある。

40

【 0 0 5 6 】

ここで、本実施形態の付加製造装置 1 において、前述のように、制御部 7 が材料付着部 m の変形を検出する変形検出部 7 A を有している場合には、図 7 に示すような材料付着部 m の変形を、変形検出部 7 A によって検出することができる。なお、材料付着部 m の変形は、図示の例のように、材料付着部 m の上面が傾斜する場合だけでなく、材料付着部 m の上面に凹凸が形成される場合や、材料付着部 m の部分的または全体的な収縮などを含む。

【 0 0 5 7 】

さらに、本実施形態の付加製造装置 1 において、前述のように、制御部 7 が形状補正部

50

7 Bを有している場合には、材料付着部 mの形状を補正し、製造中の造形物 Mの形状を補正することができる。すなわち、形状補正部 7 Bは、変形検出部 7 Aによる材料付着部 mの変形の検出後に、材料付着部 mの変形を補正するように、材料供給部 5、レーザ光源 2、形状測定部 3およびスキャナミラー 4の少なくとも一つの制御量を調整する。

【 0 0 5 8 】

すなわち、図 7 に示す変形した材料付着部 mの上に、図 8 に示すように粉末 Pが層状に供給されたとき、形状補正部 7 Bは、材料付着部 mの形状に応じて、たとえば、レーザ光源 2の出力を上昇させ、または、レーザ光 Bの走査速度を低下させる。すなわち、形状補正部 7 Bは、制御量として、レーザ光源 2の出力およびスキャナミラー 4によるレーザ光 Bの走査速度の少なくとも一方を調整する。これにより、レーザ光 Bの照射による粉末 Pの溶け込みを増加させ、図 9 に示すように、粉末 Pの溶け残りが発生するのを防止し、造形物 Mの欠陥を防止できる。

10

【 0 0 5 9 】

以上説明したように、本実施形態によれば、付加製造中の物体の形状を測定することが可能な付加製造装置 1を提供することができる。以上、図面を用いて本発明の実施の形態を詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲における設計変更等があっても、それらは本発明に含まれるものである。

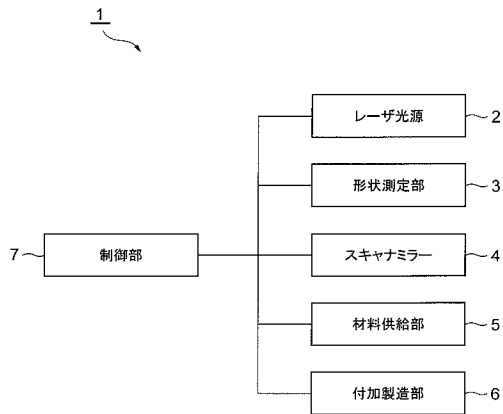
【 符号の説明 】

【 0 0 6 0 】

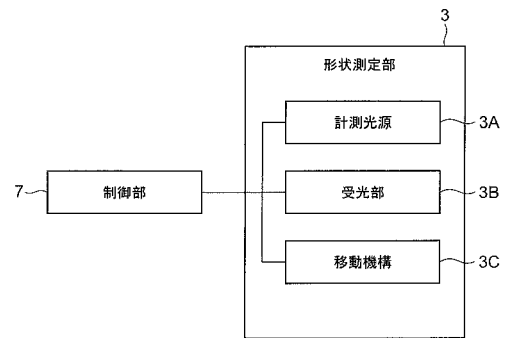
20

1 付加製造装置、 2 レーザ光源（高エネルギー密度熱源）、 3 形状測定部、 3 A 計測光源、 3 B 受光部、 3 C 移動機構、 4 スキャナミラー、 5 材料供給部、 7 制御部、 7 A 変形検出部、 7 B 形状補正部、 B レーザ光（ビーム）、 L 計測光、 M 造形物、 m 材料付着部、 P 粉末、 R 反射光

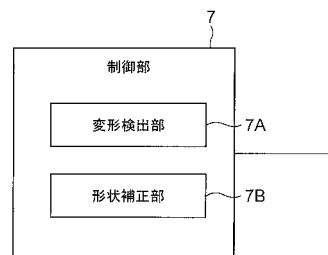
【 図 1 A 】



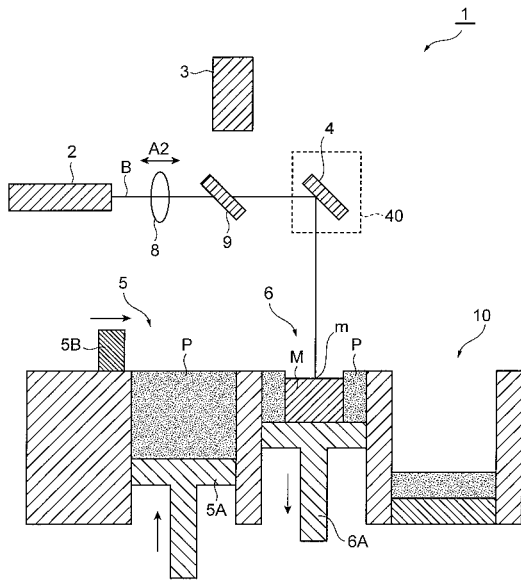
【 図 1 B 】



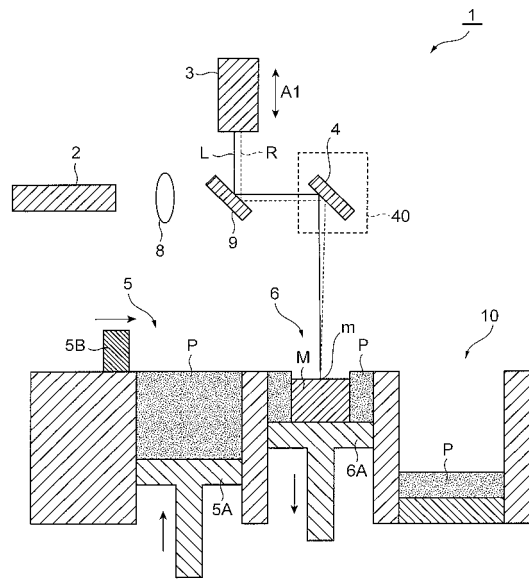
【 図 1 C 】



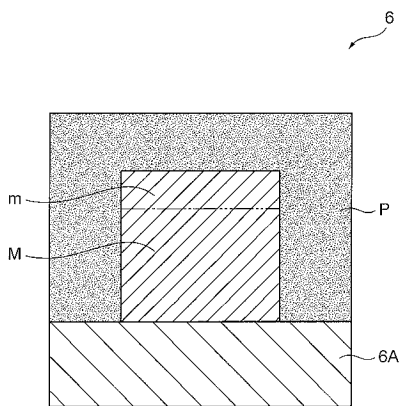
【 図 2 A 】



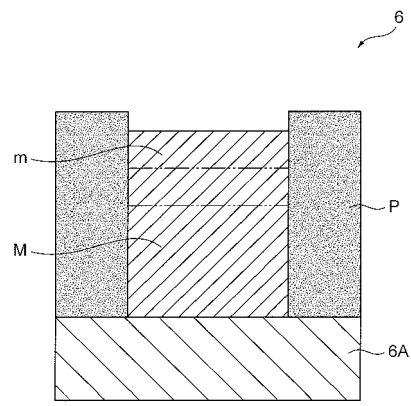
【 図 2 B 】



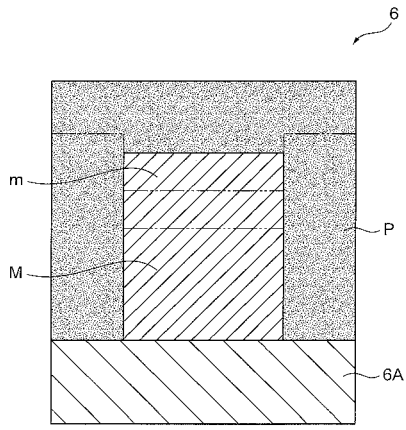
【 図 3 】



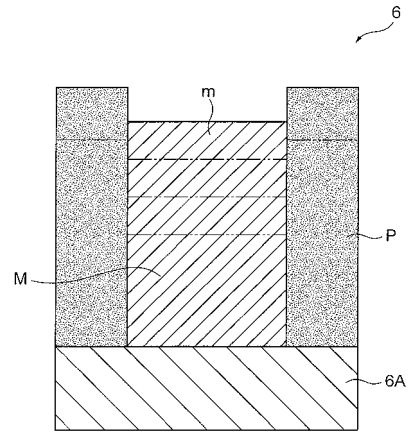
【 図 4 】



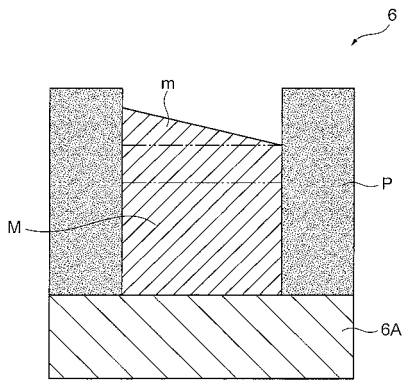
【 図 5 】



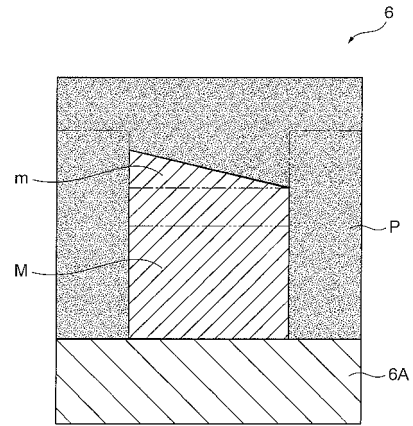
【 図 6 】



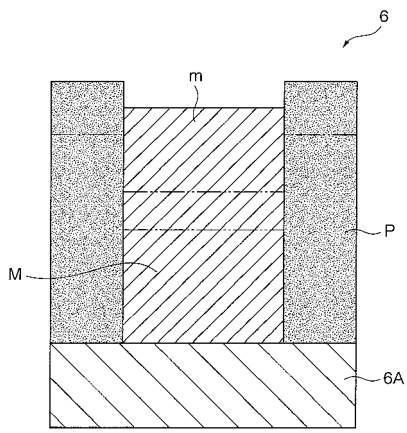
【 図 7 】



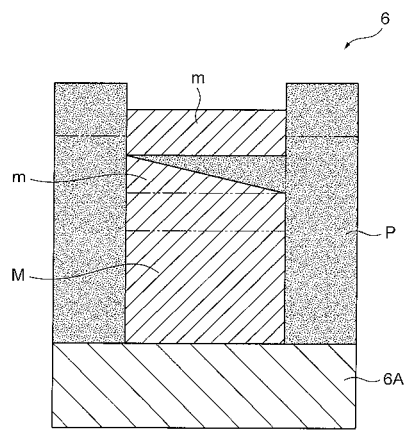
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.

B 2 2 F 3/105 (2006.01)
B 2 8 B 1/30 (2006.01)

F I

B 2 2 F 3/105
B 2 8 B 1/30

テーマコード(参考)