

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6600278号
(P6600278)

(45) 発行日 令和1年10月30日(2019.10.30)

(24) 登録日 令和1年10月11日(2019.10.11)

(51) Int.Cl.	F 1
B 29 C 64/153	(2017.01)
B 29 C 64/268	(2017.01)
B 33 Y 30/00	(2015.01)
B 33 Y 10/00	(2015.01)
B 22 F 3/105	(2006.01)
B 29 C	64/153
B 29 C	64/268
B 33 Y	30/00
B 33 Y	10/00
B 22 F	3/105

請求項の数 17 (全 22 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2016-113174 (P2016-113174)
(22) 出願日	平成28年6月7日(2016.6.7)
(65) 公開番号	特開2017-217799 (P2017-217799A)
(43) 公開日	平成29年12月14日(2017.12.14)
審査請求日	平成30年10月15日(2018.10.15)

(73) 特許権者	000006208 三菱重工業株式会社 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号
(74) 代理人	110000785 誠真IP特許業務法人
(72) 発明者	原口 英剛 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
(72) 発明者	北村 仁 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
(72) 発明者	谷川 秀次 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】選択型ビーム積層造形装置及び選択型ビーム積層造形方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

枠体と、

前記枠体内を上下動可能なベースプレートと、

前記ベースプレート上に粉末ベッドを形成可能な粉末ベッド形成ユニットと、

前記粉末ベッドに対し、造形用ビームを照射可能な造形用ビーム照射ユニットと、

前記粉末ベッドに対し、加熱用ビームを照射可能な加熱用ビーム照射ユニットと、

前記造形用ビーム照射ユニット及び前記加熱用ビーム照射ユニットを制御可能な制御装置と、を備え、

前記制御装置は、

前記造形用ビーム照射ユニットが、前記粉末ベッドに対し、目的の造形物の形状に対応した設定ルートに沿って前記造形用ビームを照射するように、前記造形用ビーム照射ユニットを制御可能に構成されるとともに、

前記加熱用ビーム照射ユニットが、前記粉末ベッドに対し、前記設定ルートに沿って前記加熱用ビームを照射するように、前記加熱用ビーム照射ユニットを制御可能に構成されており、

前記制御装置は、前記粉末ベッドにおいて、前記加熱用ビームを、前記設定ルートに沿って進む波状に走査することができるよう構成されていることを特徴とする選択型ビーム積層造形装置。

【請求項2】

前記制御装置は、前記粉末ベッド上での前記加熱用ビームのプロファイル形状を変更可能に構成されている

ことを特徴とする請求項1に記載の選択型ビーム積層造形装置。

【請求項3】

前記制御装置は、前記粉末ベッドにおける前記造形用ビームの照射位置と前記加熱用ビームの照射位置との間の相対的な位置関係を変更可能に構成されている

ことを特徴とする請求項1又は2に記載の選択型ビーム積層造形装置。

【請求項4】

前記造形用ビームの照射位置は、前記造形用ビームの走査方向にて、前記加熱用ビームの照射位置の中心より前方に位置させるように構成される

10

ことを特徴とする請求項1から3のいずれか一項に記載の選択型ビーム積層造形装置。

【請求項5】

前記造形用ビーム照射ユニットは、前記加熱用ビーム照射ユニットを兼ねており、

前記制御装置は、前記造形用ビーム及び前記加熱用ビームを相互に異なるタイミングで照射可能に構成されている

ことを特徴とする請求項1乃至4の何れか1項に記載の選択型ビーム積層造形装置。

【請求項6】

前記制御装置は、前記造形用ビームの走査方向、前記粉末ベッドを構成する材料、及び、前記加熱用ビームによって予熱すべき時間のうち少なくとも1つに応じて、前記粉末ベッドにおける前記造形用ビームの照射位置と前記加熱用ビームの照射位置との間の相対的な位置関係、前記粉末ベッド上での前記加熱用ビームのプロファイル形状、及び、前記粉末ベッドにおける前記加熱用ビームの走査方向のうち少なくとも1つを変更可能に構成されている

20

ことを特徴とする請求項1乃至5のいずれか一項に記載の選択型ビーム積層造形装置。

【請求項7】

前記加熱用ビームは、中央部で出力が一定であり、前記中央部から離れるほど出力が低くなるようなプラトー形状のプロファイルを有することを特徴とする請求項1乃至6のいずれか一項に記載の選択型ビーム積層造形装置。

【請求項8】

前記加熱用ビームは、前記造形用ビームよりも低出力であることを特徴とする請求項1から7のいずれか一項に記載の選択型ビーム積層造形装置。

30

【請求項9】

枠体内に上下動可能に配置されたベースプレート上に、粉末ベッドを形成する工程と、前記粉末ベッドに対し、目的の造形物に形状に対応した設定ルートに沿って、造形用ビームを照射する工程と、

前記粉末ベッドに対し、前記設定ルートに沿って、加熱用ビームを照射する工程と、を備え、

前記加熱用ビームを照射する工程において、前記粉末ベッドに対し、前記設定ルートに沿って進む波状に走査しながら、前記加熱用ビームを照射することを特徴とする選択型ビーム積層造形方法。

40

【請求項10】

前記加熱用ビームを照射する工程において、円形状又は矩形形状のビーム形状を有する前記加熱用ビームを照射する

ことを特徴とする請求項9に記載の選択型ビーム積層造形方法。

【請求項11】

前記加熱用ビームを照射する工程において、前記造形用ビームのビーム径よりも大のビーム径を有する前記加熱用ビームを照射する

ことを特徴とする請求項9又は10に記載の選択型ビーム積層造形方法。

【請求項12】

前記加熱用ビームを照射する工程において、前記粉末ベッドでの前記造形用ビームの照

50

射位置が、前記造形用ビームの走査方向にて、前記加熱用ビームの照射位置の中心に位置するように、前記加熱用ビームを照射することを特徴とする請求項1_1に記載の選択型ビーム積層造形方法。

【請求項1_3】

前記加熱用ビームを照射する工程において、前記粉末ベッドでの前記造形用ビームの照射位置が、前記造形用ビームの走査方向にて、前記加熱用ビームの照射位置の中心より後方に位置するように、前記加熱用ビームを照射することを特徴とする請求項9乃至1_1の何れか1項に記載の選択型ビーム積層造形方法。

【請求項1_4】

前記加熱用ビームを照射する工程において、前記粉末ベッドでの前記造形用ビームの照射位置が、前記造形用ビームの走査方向にて、前記加熱用ビームの照射位置の中心より前方に位置するように、前記加熱用ビームを照射することを特徴とする請求項9乃至1_1の何れか1項に記載の選択型ビーム積層造形方法。

【請求項1_5】

前記加熱用ビームを照射する工程において、前記造形用ビームの走査方向、前記粉末ベッドを構成する材料、及び、前記加熱用ビームによって予熱すべき時間のうち少なくとも1つに応じて、前記粉末ベッドでの前記造形用ビームの照射位置と前記加熱用ビームの照射位置との間の相対的な位置関係、前記粉末ベッド上での前記加熱用ビームのプロファイル形状、及び、前記粉末ベッド上での前記加熱用ビームの走査方向のうち少なくとも1つを変更することを特徴とする請求項9乃至1_4のいずれか一項に記載の選択型ビーム積層造形方法。

【請求項1_6】

前記加熱用ビームは、中央部で出力が一定であり、前記中央部から離れるほど出力が低くなるようなプラトー形状のプロファイルを有することを特徴とする請求項9乃至1_5のいずれか一項に記載の選択型ビーム積層造形方法。

【請求項1_7】

前記加熱用ビームは、前記造形用ビームよりも低出力であることを特徴とする請求項9から1_6のいずれか一項に記載の選択型ビーム積層造形方法。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

本開示は、選択型ビーム積層造形装置及び選択型ビーム積層造形方法に関する。

【背景技術】

【0002】

選択型ビーム積層造形装置は、ベースプレートと、ベースプレート上に粉末ベッドを形成可能な粉末ベッド形成装置と、粉末ベッドの一部に選択的にビームを照射可能なビーム照射装置とを備えている。選択型ビーム積層造形装置を用いた選択型ビーム積層造形方法によれば、粉末ベッドの積層を繰り返しながら、各粉末ベッドに対しビームを照射することにより、粉末ベッド中の一部の粒子を選択的に溶融凝固させ、造形物を作製することができる。

【0003】

また選択型ビーム積層造形方法では、粉末ベッドを予熱することが行われている。例えば、特許文献1に記載された選択的レーザ焼結システムでは、部品ベッドの表面が放射放熱素子によって予熱される。

一方、レーザに代えて、電子ビームを用いる選択型ビーム積層造形方法では、粉末ベッドの表面全体に対し、電子ビームを高速でスキャンしながら照射し、粉末ベッドを予熱することが行われている。粉末ベッドの予熱は、粉末中の粒子同士を軽く付着若しくは仮焼結させ、造形のために電子ビームを照射したときの粉末ベッドの部分的な帯電を防止し、これにより、帯電により粉末が飛散するスモーキング現象を防止するためである。

40

50

【先行技術文献】**【特許文献】****【0004】**

【特許文献1】特開2005-335392号

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

特許文献1に記載されているように、放射放熱素子により粉末ベッドを予熱する場合、放射放熱素子による加熱領域は広いため、粉末ベッドの不所望の領域で、粉末ベッド中の粒子同士が付着（仮焼結又は融着）してしまうことがある。作製された造形物の内部に、付着した粒子の塊が存在する場合、この塊を除去することが困難であることがある。この結果、レーザを用いる選択型ビーム積層造形装置には、放射放熱素子により粉末ベッドを予熱することに起因して、複雑な内部構造を有する造形物を作製できないことがあるという問題がある。

10

【0006】

同様に、電子ビームによる予熱によっても、粒子同士が付着してしまうことがある。この結果、電子ビームを用いる選択型ビーム積層造形装置にも、電子ビームにより粉末ベッド全体を予熱することに起因して、複雑な内部構造を有する造形物を作製できないことがあるという問題がある。

【0007】

20

一方、粉末ベッドの予熱を行わなかった場合、造形のために選択的にビームを照射した領域で、局所的に温度が急上昇した後に急降下することにより、造形物に残留応力が生じてしまう。造形物の残留応力を除去するために熱処理が実施されているが、熱処理による残留応力の緩和により造形物が変形してしまうという問題や、造形物の製造工程が多くなるという問題がある。

また、粉末ベッドの予熱を行わなかった場合、造形物にクラックやボイドが発生し、造形物の品質が低下するという問題もある。

上記事情に鑑みて、本発明の少なくとも一実施形態の目的は、造形物の残留応力を低減可能であるとともに、複雑な内部構造を有する高品質の造形物を作製可能な選択型ビーム積層造形装置及び選択型ビーム積層造形方法を提供することにある。

30

【課題を解決するための手段】**【0008】**

(1) 本発明の少なくとも一実施形態に係る選択型ビーム積層造形装置は、
枠体と、

前記枠体内を上下動可能なベースプレートと、

前記ベースプレート上に粉末ベッドを形成可能な粉末ベッド形成ユニットと、

前記粉末ベッドに対し、造形用ビームを照射可能な造形用ビーム照射ユニットと、

前記粉末ベッドに対し、前記造形用ビームよりも低出力の加熱用ビームを照射可能な加熱用ビーム照射ユニットと、

前記造形用ビーム照射ユニット及び前記加熱用ビーム照射ユニットを制御可能な制御装置と、を備え、

40

前記制御装置は、

前記造形用ビーム照射ユニットが、前記粉末ベッドに対し、目的の造形物の形状に対応した設定ルートに沿って前記造形用ビームを照射するように、前記造形用ビーム照射ユニットを制御可能に構成されるとともに、

前記加熱用ビーム照射ユニットが、前記粉末ベッドに対し、前記設定ルートに沿って前記加熱用ビームを照射するように、前記造形用ビーム照射ユニットを制御可能に構成されている。

【0009】

上記構成(1)では、粉末ベッドに対し、造形用ビーム及び造形用ビームよりも低出力

50

の加熱用ビームを、設定ルートに沿って照射可能であるため、造形用ビームが照射される領域を、加熱用ビームによって局所的に加熱することが可能である。

このため、不所望の領域にて粉末ベッドの粒子が相互に付着することが防止されるので、複雑な内部構造を有する造形物を作製した場合でも、造形物内の粉末を容易に除去することができる。

また、造形用ビームが照射される領域を、加熱用ビームによって加熱することが可能であるため、造形物の残留応力を低減可能であるとともに、造形物におけるクラックやボイドの発生を抑制することができ、高品質の造形物を作製可能である。

かくして上記構成(1)によれば、造形物の残留応力を低減可能であるとともに、複雑な内部構造を有する高品質の造形物を作製可能である。

なお、造形用ビームが照射される領域とは、造形用ビームが照射されている領域であってもよいし、造形用ビームが照射される予定の領域であってもよいし、造形用ビームがすでに照射された領域であってもよい。

【0010】

(2) 幾つかの実施形態では、上記構成(1)において、

前記制御装置は、前記粉末ベッド上での前記加熱用ビームのプロファイル形状を変更可能に構成されている。

【0011】

上記構成(2)では、加熱用ビームのプロファイル形状を変更することによって、様々な条件で、粉末ベッドを加熱用ビームによって局所的に加熱することができる。このため、上記構成(2)によれば、造形物の残留応力を確実に低減可能であるとともに、複雑な内部構造を有する高品質の造形物を確実に作製可能である。

【0012】

(3) 幾つかの実施形態では、上記構成(1)又は(2)において、

前記制御装置は、前記粉末ベッドにおける前記造形用ビームの照射位置と前記加熱用ビームの照射位置との間の相対的な位置関係を変更可能に構成されている。

【0013】

上記構成(3)では、粉末ベッドにおける造形用ビームの照射位置と加熱用ビームの照射位置との間の相対的な位置関係を変更することによって、様々な条件で、粉末ベッドを加熱用ビームによって局所的に加熱することができる。このため、上記構成(3)によれば、造形物の残留応力を確実に低減可能であるとともに、複雑な内部構造を有する高品質の造形物を確実に作製可能である。

【0014】

(4) 幾つかの実施形態では、上記構成(1)乃至(3)の何れか1つにおいて、

前記制御装置は、前記粉末ベッドにおいて、前記加熱用ビームを、前記設定ルートに沿って進む波状に走査することができるよう構成されている。

【0015】

上記構成(4)では、制御装置が、加熱用ビームを、設定ルートに沿って進む波状に走査可能に構成されているので、造形用ビームが照射される領域及びその周辺を、加熱用ビームを集中させずに十分に加熱することができる。このため、上記構成(4)によれば、造形物の残留応力を確実に低減可能であるとともに、複雑な内部構造を有する高品質の造形物を確実に作製可能である。

【0016】

(5) 幾つかの実施形態では、上記構成(1)乃至(4)の何れか1つにおいて、

前記造形用ビーム照射ユニットは、前記加熱用ビーム照射ユニットを兼ねており、

前記制御装置は、前記造形用ビーム及び前記加熱用ビームを相互に異なるタイミングで照射可能に構成されている。

【0017】

上記構成(5)では、造形用ビーム照射ユニットが、加熱用ビーム照射ユニットを兼ねているので、簡単な構成にて、造形物の残留応力を低減可能であるとともに、複雑な内部

構造を有する高品質の造形物を作製可能である。

【0018】

(6) 幾つかの実施形態では、上記構成(1)において、

前記制御装置は、前記造形用ビームの走査方向、前記粉末ベッドを構成する材料、及び、前記加熱用ビームによって予熱すべき時間のうち少なくとも1つに応じて、前記粉末ベッドにおける前記造形用ビームの照射位置と前記加熱用ビームの照射位置との間の相対的な位置関係、前記粉末ベッド上での前記加熱用ビームのプロファイル形状、及び、前記粉末ベッドにおける前記加熱用ビームの走査方向のうち少なくとも1つを変更可能に構成されている。

【0019】

10

上記構成(6)によれば、造形用ビームの走査方向、粉末ベッドを構成する材料、及び、加熱用ビームによって予熱すべき時間のうち少なくとも1つに応じて、粉末ベッドでの造形用ビームの照射位置と加熱用ビームの照射位置との間の相対的な位置関係、粉末ベッド上での加熱用ビームのプロファイル形状、及び、粉末ベッド上での加熱用ビームの走査方向のうち少なくとも1つを変更することによって、必要最小限の予熱を行いながら、造形物の残留応力を低減可能であるとともに、複雑な内部構造を有する高品質の造形物を作製可能である。

【0020】

(7) 本発明の少なくとも一実施形態に係る選択型ビーム積層造形方法は、

枠体内に上下動可能に配置されたベースプレート上に、粉末ベッドを形成する粉末ベッド形成工程と、

20

前記粉末ベッドに対し、目的の造形物に形状に対応した設定ルートに沿って、造形用ビームを照射する造形用ビーム照射工程と、

前記粉末ベッドに対し、前記設定ルートに沿って、前記造形用ビームよりも低出力の加熱用ビームを照射する加熱用ビーム照射工程と、
を備える。

【0021】

上記構成(7)では、粉末ベッドに対し、造形用ビーム及び造形用ビームよりも低出力の加熱用ビームが、設定ルートに沿って照射されるため、造形用ビームが照射される領域を、加熱用ビームによって局所的に加熱することが可能である。

30

このため、不所望の領域にて粉末ベッドの粒子が相互に付着することが防止されるので、複雑な内部構造を有する造形物を作製した場合でも、造形物内の粉末を容易に除去することができる。

また、造形用ビームが照射される領域を、加熱用ビームによって加熱することが可能であるため、造形物の残留応力を低減可能であるとともに、造形物におけるクラックやボイドの発生を抑制することができ、高品質の造形物を作製可能である。

かくして上記構成(7)によれば、造形物の残留応力を低減可能であるとともに、複雑な内部構造を有する高品質の造形物を作製可能である。

なお、造形用ビームが照射される領域とは、造形用ビームが照射されている領域であってもよいし、造形用ビームが照射される予定の領域であってもよいし、造形用ビームがすでに照射された領域であってもよい。

40

【0022】

(8) 幾つかの実施形態では、上記構成(7)において、

前記加熱用ビーム照射工程において、円形状又は矩形形状のビーム形状を有する前記加熱用ビームを照射する。

【0023】

上記構成(8)によれば、円形状又は矩形形状のビーム形状を有する加熱用ビームを照射することによって、造形物の残留応力を低減可能であるとともに、複雑な内部構造を有する高品質の造形物を作製可能である。

【0024】

50

(9) 幾つかの実施形態では、上記構成(7)又は(8)において、前記加熱用ビーム照射工程において、前記造形用ビームのビーム径よりも大のビーム径を有する前記加熱用ビームを照射する。

【0025】

上記構成(9)によれば、造形用ビームのビーム径よりも大のビーム径を有する加熱用ビームを照射することによって、造形用ビームが照射される領域及びその周辺を加熱用ビームによって加熱することができる。このため、上記構成(9)によれば、造形物の残留応力を低減可能であるとともに、複雑な内部構造を有する高品質の造形物を作製可能である。

【0026】

(10) 幾つかの実施形態では、上記構成(7)乃至(9)の何れか1つにおいて、前記加熱用ビーム照射工程において、前記粉末ベッドに対し、前記設定ルートに沿って進む波状に走査しながら、前記加熱用ビームを照射する。

【0027】

上記構成(10)によれば、加熱用ビームを、設定ルートに沿って進む波状に走査するので、造形用ビームが照射される領域及びその周辺を、加熱用ビームを集中させずに十分に加熱することができる。このため、上記構成(10)によれば、造形物の残留応力を確実に低減可能であるとともに、複雑な内部構造を有する高品質の造形物を確実に作製可能である。

【0028】

(11) 幾つかの実施形態では、上記構成(9)において、前記加熱用ビーム照射工程において、前記粉末ベッドでの前記造形用ビームの照射位置が、前記造形用ビームの走査方向にて、前記加熱用ビームの照射位置の中心に位置するように、前記加熱用ビームを照射する。

【0029】

上記構成(11)によれば、粉末ベッドでの造形用ビームの照射位置が、造形用ビームの走査方向にて、加熱用ビームの照射位置の中心に位置するように、加熱用ビームを照射するので、加熱用ビームによって、造形用ビームが照射される予定の領域を予め加熱することができるとともに、造形用ビームがすでに照射された領域を後から加熱することができる。このため、上記構成(10)によれば、造形物の残留応力を確実に低減可能であるとともに、複雑な内部構造を有する高品質の造形物を確実に作製可能である。

【0030】

(12) 幾つかの実施形態では、上記構成(7)乃至(10)の何れか1つにおいて、前記加熱用ビーム照射工程において、前記粉末ベッドでの前記造形用ビームの照射位置が、前記造形用ビームの走査方向にて、前記加熱用ビームの照射位置の中心より後方に位置するように、前記加熱用ビームを照射する。

【0031】

上記構成(12)によれば、粉末ベッドでの造形用ビームの照射位置が、造形用ビームの走査方向にて、加熱用ビームの照射位置の中心より後方に位置するように、加熱用ビームを照射するので、加熱用ビームによって、造形用ビームが照射される予定の領域を予め加熱することができる。このため、上記構成(12)によれば、造形物の残留応力を確実に低減可能であるとともに、複雑な内部構造を有する高品質の造形物を確実に作製可能である。

【0032】

(13) 幾つかの実施形態では、上記構成(7)乃至(10)の何れか1つにおいて、前記加熱用ビーム照射工程において、前記粉末ベッドでの前記造形用ビームの照射位置が、前記造形用ビームの走査方向にて、前記加熱用ビームの照射位置の中心より前方に位置するように、前記加熱用ビームを照射する。

【0033】

上記構成(13)によれば、粉末ベッドでの造形用ビームの照射位置が、造形用ビーム

10

20

30

40

50

の走査方向にて、加熱用ビームの照射位置の中心より前方に位置するように、加熱用ビームを照射するので、加熱用ビームによって、造形用ビームがすでに照射された領域を後から加熱することができる。このため、上記構成(13)によれば、造形物の残留応力を確実に低減可能であるとともに、複雑な内部構造を有する高品質の造形物を確実に作製可能である。

(14)幾つかの実施形態では、上記構成(7)において、

前記加熱用ビーム照射工程において、前記造形用ビームの走査方向、前記粉末ベッドを構成する材料、及び、前記加熱用ビームによって予熱すべき時間のうち少なくとも1つに応じて、前記粉末ベッドでの前記造形用ビームの照射位置と前記加熱用ビームの照射位置との間の相対的な位置関係、前記粉末ベッド上での前記加熱用ビームのプロファイル形状、及び、前記粉末ベッド上での前記加熱用ビームの走査方向のうち少なくとも1つを変更する。

10

【0034】

上記構成(14)によれば、造形用ビームの走査方向、粉末ベッドを構成する材料、及び、加熱用ビームによって予熱すべき時間のうち少なくとも1つに応じて、粉末ベッドでの造形用ビームの照射位置と加熱用ビームの照射位置との間の相対的な位置関係、粉末ベッド上での加熱用ビームのプロファイル形状、及び、粉末ベッド上での加熱用ビームの走査方向のうち少なくとも1つを変更することによって、必要最小限の予熱を行いながら、造形物の残留応力を低減可能であるとともに、複雑な内部構造を有する高品質の造形物を作製可能である。

20

【発明の効果】

【0035】

本発明の少なくとも一実施形態によれば、造形物の残留応力を低減可能であるとともに、複雑な内部構造を有する高品質の造形物を作製可能な選択型ビーム積層造形装置及び選択型ビーム積層造形方法が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0036】

【図1】本発明の一実施形態に係る選択型ビーム積層造形装置の概略的な構成を示す図である。

30

【図2】図1の選択型ビーム積層造形装置にて粉末ベッドに照射された造形用ビーム及び加熱用ビームのプロファイル形状の一例を概略的に示すグラフである。

【図3】粉末ベッドにおける、図2のプロファイル形状を有する造形用ビーム及び加熱用ビームのビーム形状を概略的に示す図である。

【図4】図1の選択型ビーム積層造形装置にて粉末ベッドに照射された造形用ビーム及び加熱用ビームのプロファイル形状の一例を概略的に示すグラフである。

【図5】粉末ベッドにおける、図4のプロファイル形状を有する造形用ビーム及び加熱用ビームのビーム形状を概略的に示す図である。

【図6】粉末ベッドにおける、図4のプロファイル形状を有する造形用ビーム及び加熱用ビームのビーム形状を概略的に示す図である。

【図7】粉末ベッドにおける、図4のプロファイル形状を有する造形用ビーム及び加熱用ビームのビーム形状を概略的に示す図である。

40

【図8】図4のプロファイル形状を有する造形用ビームのビーム形状を、加熱用ビームの波状の軌跡の一部とともに概略的に示す図である。

【図9】図4のプロファイル形状を有する造形用ビームのビーム形状を、加熱用ビームの波状の軌跡の一部とともに概略的に示す図である。

【図10】図4のプロファイル形状を有する造形用ビームのビーム形状を、加熱用ビームの波状の軌跡の一部とともに概略的に示す図である。

【図11】本発明の一実施形態に係る選択型ビーム積層造形方法の概略的な手順を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

50

【0037】

以下、添付図面を参照して本発明の幾つかの実施形態について説明する。ただし、実施形態として記載されている又は図面に示されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対的配置等は、本発明の範囲をこれに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。

例えば、「ある方向に」、「ある方向に沿って」、「平行」、「直交」、「中心」、「同心」或いは「同軸」等の相対的或いは絶対的な配置を表す表現は、厳密にそのような配置を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の角度や距離をもって相対的に変位している状態も表すものとする。

例えば、「同一」、「等しい」及び「均質」等の物事が等しい状態であることを表す表現は、厳密に等しい状態を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の差が存在している状態も表すものとする。10

例えば、四角形状や円筒形状等の形状を表す表現は、幾何学的に厳密な意味での四角形状や円筒形状等の形状を表すのみならず、同じ効果が得られる範囲で、凹突起や面取り部等を含む形状も表すものとする。

一方、一の構成要素を「備える」、「具える」、「具備する」、「含む」、又は、「有する」という表現は、他の構成要素の存在を除外する排他的な表現ではない。

【0038】

図1は、本発明の一実施形態に係る選択型ビーム積層造形装置（以下、単に造形装置とも称する）1の概略的な構成を示す図である。図2は、図1の造形装置1にて粉末ベッドに照射された造形用ビーム及び加熱用ビームのプロファイル形状の一例を概略的に示すグラフである。図3は、粉末ベッドにおける、図2のプロファイル形状を有する造形用ビーム及び加熱用ビームのビーム形状を概略的に示す図である。図4は、図1の造形装置1にて粉末ベッドに照射された造形用ビーム及び加熱用ビームのプロファイル形状の一例を概略的に示すグラフである。図5は、粉末ベッドにおける、図4のプロファイル形状を有する造形用ビーム及び加熱用ビームのビーム形状を概略的に示す図であり、造形用ビームの走査方向にて、造形用ビームの照射位置が加熱用ビームの照射位置の中央に位置している状態を示す図である。図6は、粉末ベッドにおける、図4のプロファイル形状を有する造形用ビーム及び加熱用ビームのビーム形状を概略的に示す図であり、造形用ビームの走査方向にて、造形用ビームの照射位置が加熱用ビームの照射位置の中央よりも後方に位置している状態を示す図である。図7は、粉末ベッドにおける、図4のプロファイル形状を有する造形用ビーム及び加熱用ビームのビーム形状を概略的に示す図であり、造形用ビームの走査方向にて、造形用ビームの照射位置が加熱用ビームの照射位置の中央よりも前方に位置している状態を示す図である。図8は、図4のプロファイル形状を有する造形用ビームのビーム形状を、加熱用ビームの波状の軌跡の一部とともに概略的に示す図であり、造形用ビームの走査方向にて、造形用ビームの照射位置と加熱用ビームの照射位置との差が小さい状態を示す図である。図9は、図4のプロファイル形状を有する造形用ビームのビーム形状を、加熱用ビームの波状の軌跡の一部とともに概略的に示す図であり、造形用ビームの走査方向にて、造形用ビームの照射位置が加熱用ビームの照射位置の後方に位置している状態を示す図である。図10は、図4のプロファイル形状を有する造形用ビームのビーム形状を、加熱用ビームの波状の軌跡の一部とともに概略的に示す図であり、造形用ビームの走査方向にて、造形用ビームの照射位置が加熱用ビームの照射位置の前方に位置している状態を示す図である。203040

【0039】

造形装置1は、金属製の造形物や、樹脂製の造形物を作製可能であり、例えば、ガスタービン、ロケットエンジン、ターボチャージャ等の製品に使用される部品を作製可能である。より具体的には、造形装置1は、軸流タービンや遠心式タービンのガスタービン動翼、ガスタービン分割環、ガスタービン静翼、遠心式圧縮機のインペラ、ガスタービンの燃焼器、ガスタービンの圧縮機、ロケットエンジンバルブ等を作製可能である。

【0040】

図1に示したように、造形装置1は、ハウジング3と、枠体5と、ベースプレート7と50

、粉末ベッド形成ユニット9と、造形用ビーム照射ユニット11と、加熱用ビーム照射ユニット13と、制御装置15とを有している。

【0041】

ハウジング3は、必要に応じて気密性を有し、ハウジング3内を真空にしたり、又は、Arガス等の不活性ガスで満たすことができる。

枠体5はハウジング3内に配置されている。枠体5は、例えば角筒形状を有し、枠体5の上端は開口している。

【0042】

ベースプレート7は、枠体5内に、鉛直方向(z軸方向)に移動可能に、即ち上下動可能に配置されている。ベースプレート7は水平方向(x軸方向及びy軸方向)に広がっており、ベースプレート7の周縁は、枠体5の内壁に摺接可能である。10

粉末ベッド形成ユニット9は、ベースプレート7上に粉末ベッド17を形成可能である。粉末ベッド17は、目的の造形物の原材料である粉末が、所定厚さにて層状に堆積されたものである。

【0043】

例えば、粉末ベッド形成ユニット9は、枠体5の上端開口を挟むように配置された水平テーブル19と、水平テーブル19及び枠体5の上端開口上を水平方向に走行可能なローラ21と、水平テーブル19上に原材料の粉末を供給可能なホッパ23とを有している。この場合、枠体5の上端開口よりもベースプレート7が低い位置にある状態で、水平テーブル19上の粉末をローラ21で枠体5の上端開口まで運び、平坦にすることによって、枠体5の上端部の内側に、粉末ベッド17を形成可能である。20

なお、粉末ベッド形成ユニットの構成はこれに限定されることはなく、水平方向に移動可能なホッパから枠体5内に粉末を供給し、供給した粉末を平坦化して粉末ベッド17を形成してもよい。或いは、粉末ベッド形成ユニットは、枠体5の横に面一に配置された粉末タンクを有していてもよい。この場合、粉末タンクの底を押し上げることにより粉末タンク内の粉末を上方に押し上げ、押し上げられた粉末をローラ等によって枠体5内に運び、平坦化して、粉末ベッド17を形成することができる。

【0044】

造形用ビーム照射ユニット11は、粉末ベッド17に対し、造形用ビーム25を照射可能である。造形用ビーム25が照射された領域では、粉末ベッド17を構成する粒子同士が相互に付着(焼結又は溶融凝固)し、造形物の一部を構成する。30

加熱用ビーム照射ユニット13は、粉末ベッド17に対し、造形用ビーム25よりも低出力の加熱用ビーム27を照射可能である。なお、加熱用ビーム照射ユニット13は、造形用ビーム25よりも低出力の加熱用ビーム27を照射可能であればよく、加熱用ビーム照射ユニット13として、造形用ビーム照射ユニット11と同じものを用いてもよい。

【0045】

制御装置15は、造形用ビーム照射ユニット11及び加熱用ビーム照射ユニット13を制御可能である。制御装置15は、例えば、CPU(中央演算処理装置)、メモリ、外部記憶装置、及び、入出力部を有するコンピュータによって構成可能である。

そして、制御装置15は、造形用ビーム照射ユニット11が、粉末ベッド17に対し、目的の造形物の形状に対応した設定ルートに沿って造形用ビーム25を照射するように、造形用ビーム照射ユニット11を制御可能に構成されている。また、制御装置15は、加熱用ビーム照射ユニット13が、粉末ベッド17に対し、設定ルートに沿って加熱用ビーム27を照射するように、造形用ビーム照射ユニット11を制御可能に構成されている。40

【0046】

上記構成では、粉末ベッド17に対し、造形用ビーム25及び造形用ビーム25よりも低出力の加熱用ビーム27を、設定ルートに沿って照射可能であるため、造形用ビーム25が照射される領域を、加熱用ビーム27によって局所的に加熱することが可能である。

このため、不所望の領域にて粉末ベッド17の粒子が相互に付着することが防止されるので、複雑な内部構造を有する造形物を作製した場合でも、造形物内の粉末を容易に除去50

することができる。

また、造形用ビーム 25 が照射される領域を、加熱用ビーム 27 によって加熱することができるため、造形物の残留応力を低減可能であるとともに、造形物におけるクラックやボイドの発生を抑制することができ、高品質の造形物を作製可能である。

かくして上記構成によれば、造形物の残留応力を低減可能であるとともに、複雑な内部構造を有する高品質の造形物を作製可能である。

なお、造形用ビーム 25 が照射される領域とは、造形用ビーム 25 が照射されている領域であってもよいし、造形用ビーム 25 が照射される予定の領域であってもよいし、造形用ビーム 25 がすでに照射された領域であってもよい。

また、加熱用ビーム 27 の出力が造形用ビーム 25 の出力よりも低いとは、加熱用ビーム 27 の平均出力（単位時間当たりの積分強度）が造形用ビーム 25 の平均出力よりも低いことを意味する。

【0047】

幾つかの実施形態では、制御装置 15 は、粉末ベッド 17 上での加熱用ビーム 27 のプロファイル形状を変更可能に構成されている。

上記構成では、加熱用ビーム 27 のプロファイル形状を変更することによって、様々な条件で、粉末ベッド 17 を加熱用ビーム 27 によって局所的に加熱することができる。このため、上記構成によれば、造形物の残留応力を確実に低減可能であるとともに、複雑な内部構造を有する高品質の造形物を確実に作製可能である。

なお、加熱用ビーム 27 のプロファイル形状とは、加熱用ビーム 27 を走査していない状態における、粉末ベッド 17 上での、水平面内（例えば x 軸方向）での位置と加熱用ビーム 27 の出力との関係を表すものである。

【0048】

例えば、加熱用ビーム照射ユニット 13 は、加熱用ビーム源 29 と、加熱用ビーム調整部 31 と、加熱用ビーム走査部 33 とを有している。加熱用ビーム源 29 は、加熱用ビーム 27 を出射可能である。加熱用ビーム調整部 31 は、加熱用ビーム源 29 から出射した加熱用ビーム 27 の出力及び形状を調整可能である。加熱用ビーム走査部 33 は、加熱用ビーム 27 の照射位置を調整可能である。この場合、制御装置 15 が、加熱用ビーム調整部 31 を制御することによって、加熱用ビーム 27 のプロファイル形状を変更可能である。

なお、加熱用ビーム 27 の出力は、加熱用ビーム源 29 を制御することによって調整可能であってもよい。

【0049】

同様に、造形用ビーム照射ユニット 11 は、造形用ビーム源 35 と、造形用ビーム調整部 37 と、造形用ビーム走査部 39 とを有していてもよい。造形用ビーム源 35 は、造形用ビーム 25 を出射可能である。造形用ビーム調整部 37 は、造形用ビーム源 35 から出射した造形用ビーム 25 の出力及びプロファイル形状を調整可能である。造形用ビーム走査部 39 は、造形用ビーム 25 の照射位置を調整可能である。通常、造形用ビーム 25 の出力及びプロファイル形状は、造形に適した出力及びプロファイル形状に設定される。

なお、造形用ビーム 25 の出力は、造形用ビーム源 35 を制御することによって調整可能であってもよい。

【0050】

幾つかの実施形態では、図 2～図 7 に示したように、制御装置 15 は、加熱用ビーム 27 のビーム径 Dh が、造形用ビーム 25 のビーム径 Df よりも大きくなるように、加熱用ビーム 27 のプロファイル形状を調整可能である。なお、図 3 及び図 5～図 10 において、一点鎖線は、造形用ビーム 25 のための設定ルート 40 を示している。設定ルート 40 は、粉末ベッド 17 において、造形用ビーム 25 が通るべき経路である。

【0051】

幾つかの実施形態では、制御装置 15 は、造形用ビーム 25 のプロファイル形状を、図 2 及び図 4 に示したように、造形用ビーム 25 の中心で最も出力が高くなり、中心から離

10

20

30

40

50

れるほど出力が低くなるような形状、例えばガウス分布形状に調整可能である。この場合、図3及び図5～図10に示したように、粉末ベッド17上での造形用ビーム25のビーム形状は円形状である。

【0052】

なお、ビーム形状とは、ビームを走査せずに粉末ベッド17にビームを照射した状態での、粉末ベッド17上における、ビームの出力が最大値の半分となる点をつないだ線の形状である。そして、ビーム径とは、ビーム形状が円形の場合には、円の直径（すなわち出力の半値幅）であり、ビーム形状が橢円形状の場合には、橢円の短軸の長さであり、ビーム形状が矩形形状の場合、対向する2辺の間隔のうち、短い方の間隔をいうものとする。

【0053】

幾つかの実施形態では、制御装置15は、加熱用ビーム27のプロファイル形状を、図2に示したように、加熱用ビーム27の中心で最も出力が高くなり、中心から離れるほど出力が低くなるような形状、例えばガウス分布形状に調整可能である。この場合、図3に示したように、粉末ベッド17上での加熱用ビーム27のビーム形状は円形状である。

【0054】

幾つかの実施形態では、制御装置15は、加熱用ビーム27のプロファイル形状を、図4に示したように、加熱用ビーム27の中央部で出力が一定であり、中央部から離れるほど出力が低くなるようなプラトー形状に調整可能である。この場合、図5～図7に示したように、粉末ベッド17上での加熱用ビーム27のビーム形状は矩形形状である。

【0055】

幾つかの実施形態では、制御装置15は、粉末ベッド17における造形用ビーム25の照射位置と加熱用ビーム27の照射位置との間の相対的な位置関係を変更可能に構成されている。

【0056】

上記構成では、粉末ベッド17における造形用ビーム25の照射位置と加熱用ビーム27の照射位置との間の相対的な位置関係を変更することによって、様々な条件で、粉末ベッド17を加熱用ビーム27によって局所的に加熱することができる。このため、上記構成によれば、造形物の残留応力を確実に低減可能であるとともに、複雑な内部構造を有する高品質の造形物を確実に作製可能である。

【0057】

例えば、制御装置15は、加熱用ビーム走査部33を制御することによって、粉末ベッド17における造形用ビーム25の照射位置と加熱用ビーム27の照射位置との間の相対的な位置関係を変更することができる。なお、通常、造形用ビーム25は、造形に適した条件にて走査されるので、加熱用ビーム27の走査を制御することによって、造形用ビーム25の照射位置と加熱用ビーム27の照射位置との間の相対的な位置関係が変更される。

【0058】

なお、造形用ビーム25の照射位置とは、粉末ベッド17にて造形用ビーム25がされている位置であり、加熱用ビーム27の照射位置とは、粉末ベッド17にて加熱用ビーム27がされている位置である。造形用ビーム25の照射位置と加熱用ビーム27の照射位置との間の相対的な位置関係を変更するということは、粉末ベッド17上の任意の1点に対し造形用ビーム25を照射するタイミングと加熱用ビーム27を照射するタイミングを変更するということである。

【0059】

幾つかの実施形態では、図8～図10に示したように、制御装置15は、加熱用ビーム照射ユニット13を制御することによって、粉末ベッド17において、加熱用ビーム27を、設定ルート40に沿って進む波状に走査することができるよう構成されている。

上記構成では、制御装置15が、加熱用ビーム27を、設定ルート40に沿って進む波状に走査することができるように構成されているので、造形用ビーム25が照射される領域及びその周辺を、加熱用ビーム27を集中させずに十分に加熱することができる。この

10

20

30

40

50

ため、上記構成によれば、造形物の残留応力を確実に低減可能であるとともに、複雑な内部構造を有する高品質の造形物を確実に作製可能である。

なお、図8～図10は、粉末ベッド17での造形用ビーム25のビーム形状とともに、加熱用ビーム27の波状の軌跡42の一部を概略的に示している。

【0060】

幾つかの実施形態では、図3及び図5に示したように、制御装置15は、造形用ビーム照射ユニット11及び加熱用ビーム照射ユニット13を制御することによって、粉末ベッド17での造形用ビーム25の照射位置を、造形用ビーム25の走査方向にて、加熱用ビーム27の照射位置の中心に位置させることができるように構成されている。

【0061】

幾つかの実施形態では、図8に示したように、制御装置15は、造形用ビーム照射ユニット11及び加熱用ビーム照射ユニット13を制御することによって、加熱用ビーム27が波状に走査されている状態下で、粉末ベッド17での加熱用ビーム27の照射位置を、造形用ビーム25の照射位置に重ねることができるように構成されている。

【0062】

幾つかの実施形態では、図6及び図9に示したように、制御装置15は、造形用ビーム照射ユニット11及び加熱用ビーム照射ユニット13を制御することによって、粉末ベッド17での造形用ビーム25の照射位置を、造形用ビーム25の走査方向にて、加熱用ビーム27の照射位置の中心より後方に位置させることができるように構成されている。

【0063】

幾つかの実施形態では、図9に示したように、制御装置15は、造形用ビーム照射ユニット11及び加熱用ビーム照射ユニット13を制御することによって、粉末ベッド17での造形用ビーム25の照射位置を、造形用ビーム25の走査方向にて、加熱用ビーム27の照射位置から後方に離れて位置させることができるように構成されている。

【0064】

幾つかの実施形態では、図7及び図10に示したように、制御装置15は、造形用ビーム照射ユニット11及び加熱用ビーム照射ユニット13を制御することによって、粉末ベッド17での造形用ビーム25の照射位置を、造形用ビーム25の走査方向にて、加熱用ビーム27の照射位置の中心より前方に位置させることができるように構成されている。

【0065】

幾つかの実施形態では、図10に示したように、制御装置15は、造形用ビーム照射ユニット11及び加熱用ビーム照射ユニット13を制御することによって、粉末ベッド17での造形用ビーム25の照射位置を、造形用ビーム25の走査方向にて、加熱用ビーム27の照射位置から前方に離れて位置させることができるように構成されている。

【0066】

幾つかの実施形態では、図3及び図5～7に示したように、制御装置15は、加熱用ビーム27のビーム径D_hが、造形用ビーム25のビーム径D_fよりも大きくなるように、加熱用ビーム27のプロファイル形状を調整可能であり、且つ、加熱用ビーム27が照射されている領域に、造形用ビーム25が照射されている領域を重ねることができるように構成されている。

【0067】

幾つかの実施形態では、図3及び図5に示したように、制御装置15は、加熱用ビーム27のビーム径D_hが、造形用ビーム25のビーム径D_fよりも大きくなるように、加熱用ビーム27のプロファイル形状を調整可能であり、加熱用ビーム27が照射されている領域内に、造形用ビーム25が照射されている領域を位置させることができ、そして、造形用ビーム25の照射位置を、造形用ビーム25の走査方向にて、加熱用ビーム27の中心に一致させることができるように構成されている。

【0068】

幾つかの実施形態では、図6に示したように、制御装置15は、加熱用ビーム27のビーム径D_hが、造形用ビーム25のビーム径D_fよりも大きくなるように、加熱用ビーム

10

20

30

40

50

27のプロファイル形状を調整可能であり、加熱用ビーム27が照射されている領域内に、造形用ビーム25が照射されている領域を位置させることができ、そして、造形用ビーム25の照射位置を、造形用ビーム25の走査方向にて、加熱用ビーム27の中心よりも後方に位置させることができるように構成されている。

【0069】

幾つかの実施形態では、図7に示したように、制御装置15は、加熱用ビーム27のビーム径D_hが、造形用ビーム25のビーム径D_fよりも大きくなるように、加熱用ビーム27のプロファイル形状を調整可能であり、加熱用ビーム27が照射されている領域内に、造形用ビーム25が照射されている領域を位置させることができ、そして、造形用ビーム25の照射位置を、造形用ビーム25の走査方向にて、加熱用ビーム27の中心よりも前方に位置させることができるように構成されている。10

【0070】

幾つかの実施形態では、造形用ビーム照射ユニット11は、加熱用ビーム照射ユニット13を兼ねている。そして、制御装置15は、造形用ビーム照射ユニット11に、造形用ビーム25及び加熱用ビーム27を相互に異なるタイミングで照射させるように構成されている。この場合、独立した加熱用ビーム照射ユニット13は不要である。

【0071】

上記構成では、造形用ビーム照射ユニット11が、加熱用ビーム照射ユニット13を兼ねているので、簡単な構成にて、造形物の残留応力を低減可能であるとともに、複雑な内部構造を有する高品質の造形物を作製可能である。20

【0072】

幾つかの実施形態では、制御装置15は、造形用ビーム25の走査方向、粉末ベッド17を構成する材料、及び、加熱用ビーム27によって予熱すべき時間等のうち少なくとも1つに応じて、粉末ベッド17における造形用ビーム25の照射位置と加熱用ビーム27の照射位置との間の相対的な位置関係、粉末ベッド17上での加熱用ビーム27のプロファイル形状、及び、粉末ベッド17における加熱用ビーム27の走査方向のうち少なくとも1つを変更可能に構成されている。

【0073】

上記構成によれば、造形用ビーム25の走査方向、粉末ベッド17を構成する材料、及び、加熱用ビーム27によって予熱すべき時間等のうち少なくとも1つに応じて、粉末ベッド17での造形用ビーム25の照射位置と加熱用ビーム27の照射位置との間の相対的な位置関係、粉末ベッド17上での加熱用ビーム27のプロファイル形状、及び、粉末ベッド17上での加熱用ビーム27の走査方向のうち少なくとも1つを変更することによって、必要最小限の予熱を行いながら、造形物の残留応力を低減可能であるとともに、複雑な内部構造を有する高品質の造形物を作製可能である。30

【0074】

幾つかの実施形態では、造形用ビーム25及び加熱用ビーム27は電子ビームである。この場合、造形用ビーム源35及び加熱用ビーム源29は電子銃によって構成される。そして、造形用ビーム調整部37及び加熱用ビーム調整部31は電磁レンズ等によって構成され、造形用ビーム走査部39及び加熱用ビーム走査部33は、偏向コイル等によって構成される。40

【0075】

幾つかの実施形態では、造形用ビーム25及び加熱用ビーム27はレーザビームである。この場合、造形用ビーム源35及び加熱用ビーム源29は、YAGレーザ等の固体レーザ、CO₂レーザ等のガスレーザ、又は、半導体レーザ等によって構成される。そして、造形用ビーム調整部37及び加熱用ビーム調整部31は光学レンズ等の光学素子によって構成され、造形用ビーム走査部39及び加熱用ビーム走査部33は、ガルバノミラー等によって構成される。

【0076】

幾つかの実施形態では、造形用ビーム25及び加熱用ビーム27はレーザビームであり50

、造形用ビーム走査部 3 9 及び加熱用ビーム走査部 3 3 は、1 つのガルバノミラーを共有している。レーザビームは、例えば可視光又は赤外光である。

幾つかの実施形態では、造形用ビーム 2 5 の波長と加熱用ビーム 2 7 の波長は相互に同一である。

幾つかの実施形態では、造形用ビーム 2 5 の波長と加熱用ビーム 2 7 の波長は相互に異なっている。

幾つかの実施形態では、造形用ビーム 2 5 は連続波であり、加熱用ビーム 2 7 はパルス波である。

幾つかの実施形態では、造形用ビーム 2 5 及び加熱用ビーム 2 7 のうち一方が電子ビームで、他方がレーザビームである。

【 0 0 7 7 】

図 1 1 は、本発明の一実施形態に係る選択型ビーム積層造形方法（以下、単に造形方法とも称する）の概略的な手順を示すフローチャートである。図 1 1 に示した造形方法は、例えば、図 1 に示した造形装置 1 を用いて実施可能である。

【 0 0 7 8 】

図 1 1 に示したように、造形方法は、形状データ用意工程 S 1 0 、ルート設定工程 S 1 2 、粉末ベッド形成工程 S 1 4 、造形用ビーム照射工程 S 1 6 、及び、加熱用ビーム照射工程 S 1 8 を有している。

形状データ用意工程 S 1 0 では、目的の造形物の形状に関するデータ（形状データ）を用意する。形状データは、例えば 3 次元の C A D データである。用意された形状データは、制御装置 1 5 に入力される。

ルート設定工程 S 1 2 では、形状データに基づいて、複数層の粉末ベッド 1 7 の各々に対して造形用ビーム 2 5 を照射するルート（設定ルート 4 0 ）を決定する。設定ルート 4 0 の決定は、例えば、制御装置 1 5 が、予め用意されたプログラムを実行することで、自動的に行うことができる。

【 0 0 7 9 】

粉末ベッド形成工程 S 1 4 では、枠体 5 内に上下動可能に配置されたベースプレート 7 上に、粉末ベッド 1 7 を形成する。粉末ベッド 1 7 の形成は、粉末ベッド形成ユニット 9 によって行うことができる。制御装置 1 5 が、粉末ベッド形成ユニット 9 を制御して、粉末ベッド 1 7 を形成させててもよい。

【 0 0 8 0 】

造形用ビーム照射工程 S 1 6 では、粉末ベッド 1 7 に対し、目的の造形物に形状に対応した設定ルート 4 0 に沿って、造形用ビーム 2 5 を照射する。

加熱用ビーム照射工程 S 1 8 では、粉末ベッド 1 7 に対し、設定ルート 4 0 に沿って、造形用ビーム 2 5 よりも低出力の加熱用ビーム 2 7 を照射する。

そして、粉末ベッド形成工程 S 1 4 、造形用ビーム照射工程 S 1 6 及び加熱用ビーム照射工程 S 1 8 を、ベースプレート 7 を段階的に下げながら所定回数（ N 回 ）繰り返すことによって、目的の造形物を作製することができる。

【 0 0 8 1 】

上記構成では、粉末ベッド 1 7 に対し、造形用ビーム 2 5 及び造形用ビーム 2 5 よりも低出力の加熱用ビーム 2 7 が、設定ルート 4 0 に沿って照射されるため、造形用ビーム 2 5 が照射される領域を、加熱用ビーム 2 7 によって局所的に加熱することができる。

このため、不所望の領域にて粉末ベッド 1 7 の粒子が相互に付着することが防止されるので、複雑な内部構造を有する造形物を作製した場合でも、造形物内の粉末を容易に除去することができる。

また、造形用ビーム 2 5 が照射される領域を、加熱用ビーム 2 7 によって加熱することができるため、造形物の残留応力を低減可能であるとともに、造形物におけるクラックやボイドの発生を抑制することができ、高品質の造形物を作製可能である。

かくして上記構成によれば、造形物の残留応力を低減可能であるとともに、複雑な内部構造を有する高品質の造形物を作製可能である。

10

20

30

40

50

【0082】

なお、造形用ビーム25が照射される領域とは、造形用ビーム25が照射されている領域であってもよいし、造形用ビーム25が照射される予定の領域であってもよいし、造形用ビーム25がすでに照射された領域であってもよい。

また、加熱用ビーム27の出力が造形用ビーム25の出力よりも低いとは、加熱用ビーム27の平均出力（単位時間当たりの積分強度）が造形用ビーム25の平均出力よりも低いことを意味する。

【0083】

幾つかの実施形態では、加熱用ビーム照射工程S18において、図3及び図5～図7に示したように、円形状又は矩形形状のビーム形状を有する加熱用ビーム27を照射する。

10

【0084】

上記構成によれば、円形状又は矩形形状のビーム形状を有する加熱用ビーム27を照射することによって、造形物の残留応力を低減可能であるとともに、複雑な内部構造を有する高品質の造形物を作製可能である。

【0085】

幾つかの実施形態では、図2～図7に示したように、加熱用ビーム照射工程S18において、造形用ビーム25のビーム径Dfよりも大のビーム径を有する加熱用ビーム27を照射する。

上記構成によれば、造形用ビーム25のビーム径Dfよりも大のビーム径を有する加熱用ビーム27を照射することによって、造形用ビーム25が照射される領域及びその周辺を加熱用ビーム27によって加熱することができる。このため、上記構成によれば、造形物の残留応力を低減可能であるとともに、複雑な内部構造を有する高品質の造形物を作製可能である。

20

【0086】

幾つかの実施形態では、図8～図10に示したように、加熱用ビーム照射工程S18において、設定ルート40に沿って進む波状に走査しながら、加熱用ビーム27が波状に走査され、加熱用ビーム27のビーム径Dhは、造形用ビーム25のビーム径Dfと同じかそれよりも小さい。

上記構成によれば、加熱用ビーム27のビーム径Dhが造形用ビーム25のビーム径Df以下であっても、加熱用ビーム27を波状に走査することにより、造形用ビーム25が照射される領域及びその周辺を加熱用ビーム27によって加熱することができる。このため、造形物の残留応力を低減可能であるとともに、複雑な内部構造を有する高品質の造形物を作製可能である。

30

なお、加熱用ビーム27を波状に走査する場合に、加熱用ビーム27のビーム径Dhが、造形用ビーム25のビーム径Dfよりも大であってもよい。

また、図8～図10においては、加熱用ビーム27のビーム形状は示されておらず、加熱用ビーム27の軌跡42の一部のみが示されている。

【0087】

幾つかの実施形態では、図8～図10に示したように、加熱用ビーム照射工程S18において、粉末ベッド17に対し、設定ルート40に沿って進む波状に走査しながら、加熱用ビーム27を照射する。

40

【0088】

上記構成によれば、加熱用ビーム27を、設定ルート40に沿って進む波状に走査するので、造形用ビーム25が照射される領域及びその周辺を、加熱用ビーム27を集中させずに十分に加熱することができる。このため、上記構成によれば、造形物の残留応力を確実に低減可能であるとともに、複雑な内部構造を有する高品質の造形物を確実に作製可能である。

なお、波状に走査されると、図8～図10に示したように、正弦波状に走査される場合の外、矩形波状に走査される場合、三角波状に走査される場合、ジグザグ状に走査される場合も含む。

50

【0089】

幾つかの実施形態では、加熱用ビーム27は、設定ルート40に沿って設定ルート40上を進むように走査され、加熱用ビーム27の走査速度は、造形用ビーム25の走査速度と同じである。

【0090】

幾つかの実施形態では、図3及び図5に示したように、加熱用ビーム照射工程S18において、加熱用ビーム27のビーム径D_hは造形用ビーム25のビーム径D_fよりも大であり、粉末ベッド17での造形用ビーム25の照射位置が、造形用ビーム25の走査方向にて、加熱用ビーム27の照射位置の中心に位置するように、加熱用ビーム27を照射する。

10

【0091】

上記構成によれば、粉末ベッド17での造形用ビーム25の照射位置が、造形用ビーム25の走査方向にて、加熱用ビーム27の照射位置の中心に位置するように、加熱用ビーム27を照射するので、加熱用ビーム27によって、造形用ビーム25が照射される予定の領域を予め加熱することができるとともに、造形用ビーム25がすでに照射された領域を後から加熱することができる。このため、設定ルート40上の任意の点において、造形用ビーム25の照射前後での急激な温度上昇及び急激な温度低下が防止される。この結果として、上記構成によれば、造形物の残留応力を確実に低減可能であるとともに、複雑な内部構造を有する高品質の造形物を確実に作製可能である。

【0092】

20

幾つかの実施形態では、図8に示したように、加熱用ビーム照射工程S18において、加熱用ビーム27を波状に走査しながら、粉末ベッド17での加熱用ビーム27の照射位置を、造形用ビーム25の照射位置に重ねる。

【0093】

幾つかの実施形態では、図6及び図9に示したように、加熱用ビーム照射工程S18において、粉末ベッド17での造形用ビーム25の照射位置が、造形用ビーム25の走査方向にて、加熱用ビーム27の照射位置の中心より後方に位置するように、加熱用ビーム27を照射する。

【0094】

上記構成によれば、粉末ベッド17での造形用ビーム25の照射位置が、造形用ビーム25の走査方向にて、加熱用ビーム27の照射位置の中心より後方に位置するように、加熱用ビーム27を照射するので、加熱用ビーム27によって、造形用ビーム25が照射される予定の領域を予め加熱することができる。このため、設定ルート40上の任意の点において、造形用ビーム25の照射前後での急激な温度上昇が防止される。この結果として、上記構成によれば、造形物の残留応力を確実に低減可能であるとともに、複雑な内部構造を有する高品質の造形物を確実に作製可能である。

30

【0095】

幾つかの実施形態では、加熱用ビーム照射工程S18において、図9に示したように、加熱用ビーム照射工程S18において、粉末ベッド17での造形用ビーム25の照射位置が、造形用ビーム25の走査方向にて、加熱用ビーム27の照射位置から後方に離れて位置するように、加熱用ビーム27を照射する。

40

【0096】

幾つかの実施形態では、図7及び図10に示したように、加熱用ビーム照射工程S18において、粉末ベッド17での造形用ビーム25の照射位置が、造形用ビーム25の走査方向にて、加熱用ビーム27の照射位置の中心より前方に位置するように、加熱用ビーム27を照射する。

【0097】

上記構成によれば、粉末ベッド17での造形用ビーム25の照射位置が、造形用ビーム25の走査方向にて、加熱用ビーム27の照射位置の中心より前方に位置するように、加熱用ビーム27を照射するので、加熱用ビーム27によって、造形用ビーム25がすでに

50

照射された領域を後から加熱することができる。このため、設定ルート 40 上の任意の点において、造形用ビーム 25 の照射前後での急激な温度低下が防止される。この結果として、上記構成によれば、造形物の残留応力を確実に低減可能であるとともに、複雑な内部構造を有する高品質の造形物を確実に作製可能である。

【 0 0 9 8 】

幾つかの実施形態では、加熱用ビーム照射工程 S 18 において、図 10 に示したように、加熱用ビーム照射工程 S 18 において、粉末ベッド 17 での造形用ビーム 25 の照射位置が、造形用ビーム 25 の走査方向にて、加熱用ビーム 27 の照射位置から前方に離れて位置するように、加熱用ビーム 27 を照射する。

【 0 0 9 9 】

幾つかの実施形態では、加熱用ビーム照射工程 S 18 において、図 3 及び図 5 に示したように、加熱用ビーム 27 のビーム径 D_h が、造形用ビーム 25 のビーム径 D_f よりも大きくなるように、加熱用ビーム 27 のプロファイル形状が調整され、加熱用ビーム 27 が照射されている領域内に、造形用ビーム 25 が照射されている領域を位置させ、そして、造形用ビーム 25 の照射位置を、造形用ビーム 25 の走査方向にて、加熱用ビーム 27 の中心に一致させる。

【 0 1 0 0 】

幾つかの実施形態では、加熱用ビーム照射工程 S 18 において、図 6 に示したように、加熱用ビーム 27 のビーム径 D_h が、造形用ビーム 25 のビーム径 D_f よりも大きくなるように、加熱用ビーム 27 のプロファイル形状が調整され、加熱用ビーム 27 が照射されている領域内に、造形用ビーム 25 が照射されている領域を位置させ、そして、造形用ビーム 25 の照射位置を、造形用ビーム 25 の走査方向にて、加熱用ビーム 27 の中心よりも後方に位置させる。

【 0 1 0 1 】

幾つかの実施形態では、加熱用ビーム照射工程 S 18 において、図 7 に示したように、加熱用ビーム 27 のビーム径 D_h が、造形用ビーム 25 のビーム径 D_f よりも大きくなるように、加熱用ビーム 27 のプロファイル形状が調整され、加熱用ビーム 27 が照射されている領域内に、造形用ビーム 25 が照射されている領域を位置させ、そして、造形用ビーム 25 の照射位置を、造形用ビーム 25 の走査方向にて、加熱用ビーム 27 の中心よりも前方に位置させる。

【 0 1 0 2 】

幾つかの実施形態では、加熱用ビーム照射工程 S 18 において、造形用ビーム 25 の走査方向、粉末ベッド 17 を構成する材料、及び、加熱用ビーム 27 によって予熱すべき時間等のうち少なくとも 1 つに応じて、粉末ベッド 17 での造形用ビーム 25 の照射位置と加熱用ビーム 27 の照射位置との間の相対的な位置関係、粉末ベッド 17 上での加熱用ビーム 27 のプロファイル形状、及び、粉末ベッド 17 上での加熱用ビーム 27 の走査方向のうち少なくとも 1 つを変更する。

【 0 1 0 3 】

上記構成によれば、造形用ビーム 25 の走査方向、粉末ベッド 17 を構成する材料、及び、加熱用ビーム 27 によって予熱すべき時間等のうち少なくとも 1 つに応じて、粉末ベッド 17 での造形用ビーム 25 の照射位置と加熱用ビーム 27 の照射位置との間の相対的な位置関係、粉末ベッド 17 上での加熱用ビーム 27 のプロファイル形状、及び、粉末ベッド 17 上での加熱用ビーム 27 の走査方向のうち少なくとも 1 つを変更することによって、必要最小限の予熱を行いながら、造形物の残留応力を低減可能であるとともに、複雑な内部構造を有する高品質の造形物を作製可能である。

【 0 1 0 4 】

本発明は上述した実施形態に限定されることはなく、上述した実施形態に変更を加えた形態や、これらの形態を組み合わせた形態も含む。

例えば、上述した造形装置 1 及び造形方法は、複雑な内部構造を有する造形物の作製に適しているが、簡単な内部構造を有する造形物の作製にも適用可能である。また上述した

10

20

30

40

50

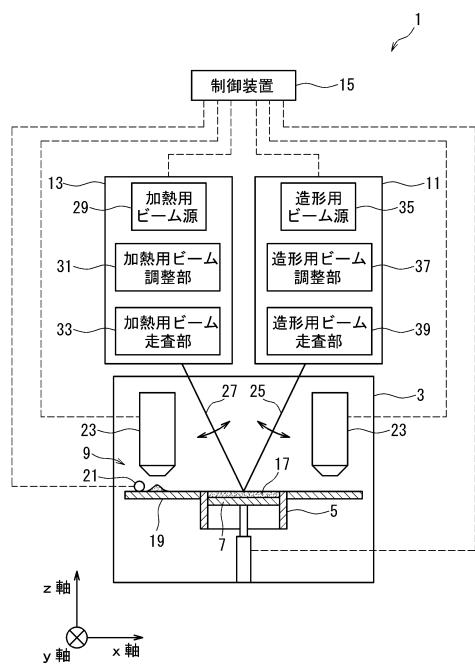
造形装置 1 及び造形方法によって作製される造形物も、上述した製品の部品等に限定されることはない。

【符号の説明】

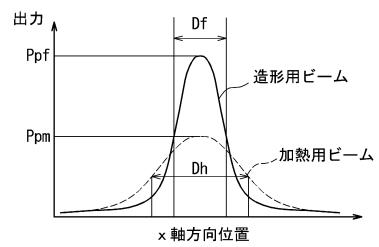
【0105】

1	選択型ビーム積層造形装置	
3	ハウジング	
5	枠体	
7	ベースプレート	
9	粉末ベッド形成ユニット	
1 1	造形用ビーム照射ユニット	10
1 3	加熱用ビーム照射ユニット	
1 5	制御装置	
1 7	粉末ベッド	
1 9	水平テーブル	
2 1	ローラ	
2 3	ホッパ	
2 5	造形用ビーム	
2 7	加熱用ビーム	
2 9	加熱用ビーム源	
3 1	加熱用ビーム調整部	20
3 3	加熱用ビーム走査部	
3 5	造形用ビーム源	
3 7	造形用ビーム調整部	
3 9	造形用ビーム走査部	
4 0	設定ルート	
4 2	加熱用ビームの軌跡	
S 1 0	形状データ用意工程	
S 1 2	ルート設定工程	
S 1 4	粉末ベッド形成工程	
S 1 6	造形用ビーム照射工程	30
S 1 8	加熱用ビーム照射工程	

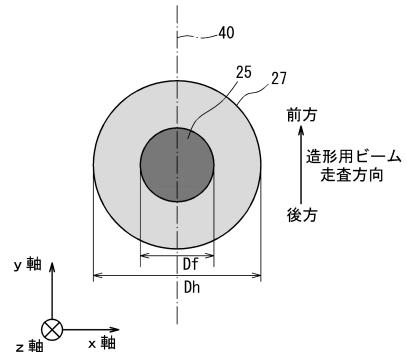
【図1】



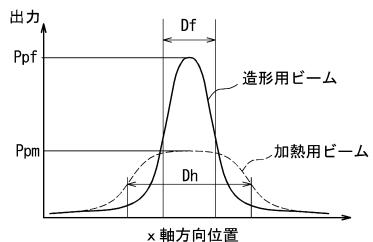
【図2】



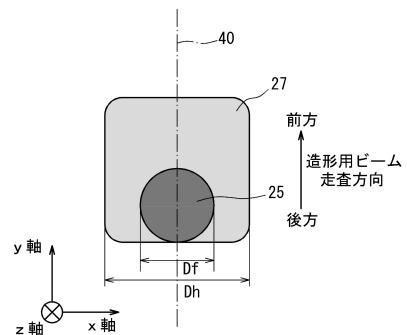
【図3】



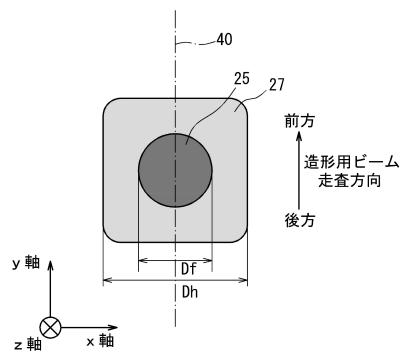
【図4】



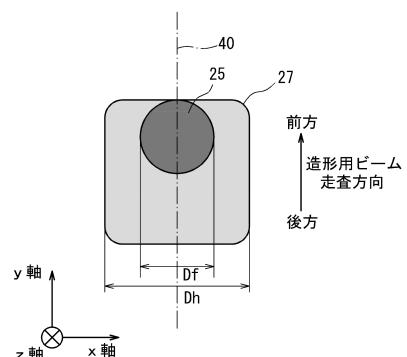
【図6】



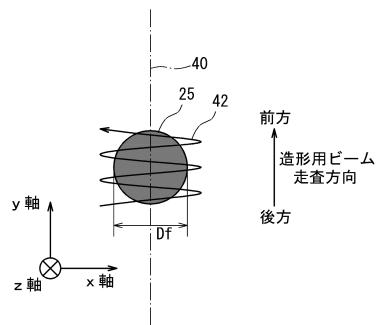
【図5】



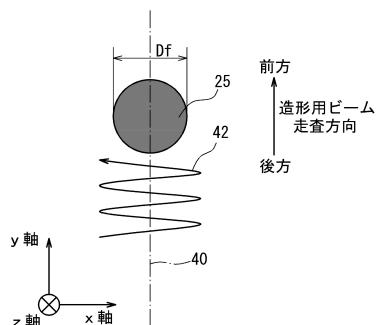
【図7】



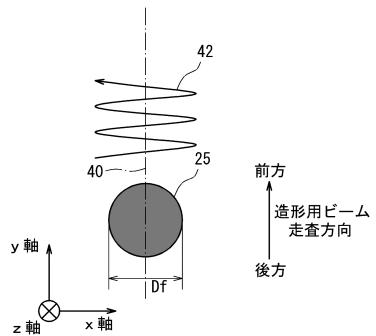
【図8】



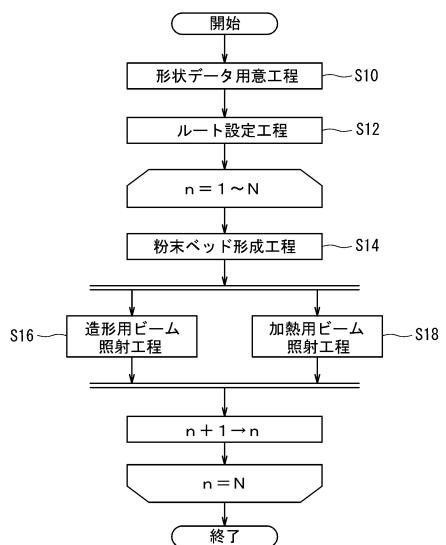
【図10】



【図9】



【図11】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
B 2 2 F 3/16 (2006.01) B 2 2 F 3/16

審査官 國方 康伸

(56)参考文献 特開2002-069507 (JP, A)
特開2015-166178 (JP, A)
特表2000-517375 (JP, A)
特許第5826430 (JP, B1)
特開2015-120340 (JP, A)
特開2015-038237 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 2 9 C 6 4 / 0 0 - 6 4 / 4 0
B 2 2 F 1 / 0 0 - 8 / 0 0