(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号
特許第7347715号
(P7347715)

(45)発行日　令和5年9月20日(2023.9.20)

(24)登録日　令和5年9月11日(2023.9.11)

(51)国際特許分類

Ｂ２９Ｃ	*64/393*	*(2017.01)*	Ｂ２９Ｃ	64/393
Ｂ３３Ｙ	*10/00*	*(2015.01)*	Ｂ３３Ｙ	10/00
Ｂ３３Ｙ	*30/00*	*(2015.01)*	Ｂ３３Ｙ	30/00
Ｂ３３Ｙ	*50/02*	*(2015.01)*	Ｂ３３Ｙ	50/02

ＦＩ

請求項の数　9　（全28頁）

(21)出願番号　特願2023-517794(P2023-517794)
(86)(22)出願日　令和4年11月4日(2022.11.4)
(86)国際出願番号　PCT/JP2022/041118
審査請求日　令和5年3月16日(2023.3.16)
(31)優先権主張番号　特願2021-180160(P2021-180160)
(32)優先日　令和3年11月4日(2021.11.4)
(33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)
早期審査対象出願

(73)特許権者　000005083
株式会社プロテリアル
東京都江東区豊洲五丁目６番３６号
(74)代理人　110002572
弁理士法人平木国際特許事務所
(72)発明者　朴 ミンソク
東京都千代田区丸の内一丁目６番６号
株式会社日立製作所内
(72)発明者　オズマ スティーブン ジェームズ
東京都千代田区丸の内一丁目６番６号
株式会社日立製作所内
(72)発明者　桑原 孝介
東京都江東区豊洲五丁目６番３６号 株式会社プロテリアル内
(72)発明者　王 ジュエ

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　積層造形体の寸法品質評価方法及びその評価システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

ベースプレート上に積層造形された積層造形体の寸法品質を評価する方法であって、

前記積層造形体の前記寸法品質を評価するためのサンプルを、前記積層造形体が積層造形される前記ベースプレート上において前記積層造形体と同じ積層造形バッチに積層造形する工程と、

積層造形された前記サンプルの基準部及び変形部の寸法差を取得する工程と、

積層造形された前記サンプルを前記ベースプレートから切り離す工程と、

切り離された前記サンプルの寸法を測定することで、前記ベースプレートから切り離す前後での前記サンプルの変形量を測定する工程と、

測定された前記サンプルの前記変形量に基づいて前記積層造形体の前記寸法品質を評価する工程と、を含み、

前記基準部は、積層造形された前記サンプルの寸法を測定する基準となる前記サンプルの一部であって、表面が平坦なブロック体を成し、

前記変形部は、積層造形された前記サンプルが前記ベースプレートから切り離される前後において変形する前記サンプルの他の一部であって、　歯状を成し、前記基準部に連結されており、

前記サンプルの前記変形量は、切り離される前の前記サンプルにおける前記基準部及び前記変形部の寸法差と、切り離された前記サンプルにおける前記基準部及び前記変形部の寸法差との差分値である

ことを特徴とする積層造形体の寸法品質評価方法。
【請求項２】
前記変形部は、前記基準部の側方に配置され、
前記基準部の上面は、前記ベースプレートと略平行に積層造形され、
前記変形部の上面は、前記基準部の上面と略同一の高さに積層造形され、且つ、前記基準部の上面よりも小面積に積層造形され、
前記サンプルの変形量は、切り離される前の前記サンプルにおける前記基準部の上面の高さ及び前記変形部の上面の高さについての寸法差と、切り離された前記サンプルにおける前記基準部の上面の高さ及び前記変形部の上面の高さについての寸法差との差分値である
ことを特徴とする請求項１に記載の積層造形体の寸法品質評価方法。
【請求項３】
前記基準部の断面において、
前記基準部の上面と前記基準部の側面とが成す角度は、９０度以上であり、
前記基準部の底面と前記基準部の側面とが成す角度は、９０度以下である
ことを特徴とする請求項２に記載の積層造形体の寸法品質評価方法。
【請求項４】
積層造形された前記変形部は、
前記ベースプレートから上方に延びる柱部と、
前記柱部から前記ベースプレートと略平行に延びる梁部と、
前記梁部から前記ベースプレートまで下方に延びて前記梁部を支持するサポート部と、を有し、
前記サポート部は、前記梁部と前記ベースプレートとを連通する空隙を有し、
前記柱部の側面は、前記基準部の側面に連結されている
ことを特徴とする請求項２に記載の積層造形体の寸法品質評価方法。
【請求項５】
積層造形された前記積層造形体を前記ベースプレートから切り離す前後での前記積層造形体の変形量と前記サンプルの変形量との相関関係を予測する相関モデルを選択する工程、を更に含み、
積層造形体の寸法品質を評価する工程は、測定された前記サンプルの変形量を、選択された前記相関モデルに入力して、もって前記積層造形体の変形量の予測値を算出し、算出された前記予測値に基づいて、前記積層造形体の寸法品質を評価する工程である
ことを特徴とする請求項１～請求項４の何れか一項に記載の積層造形体の寸法品質評価方法。
【請求項６】
ベースプレート上に積層造形された積層造形体の寸法品質を評価するシステムであって、
前記積層造形体が積層造形される前記ベースプレート上において前記積層造形体と同じ積層造形バッチに積層造形されたサンプルを前記ベースプレートから切り離す前後での前記サンプルの変形量を取得する端末装置と、
前記端末装置に通信可能に接続され、前記端末装置から送信された前記サンプルの変形量に基づいて前記積層造形体の寸法品質を評価する演算処理装置と、を備え、
前記サンプルは、基準部と、前記基準部に連結された変形部と、を有し、
前記基準部は、積層造形された前記サンプルの寸法を測定する基準となる前記サンプルの一部であって、表面が平坦なブロック体を成し、
前記変形部は、積層造形された前記サンプルが前記ベースプレートから切り離される前後において変形する前記サンプルの他の一部であって、　　歯状を成し、
前記サンプルの前記変形量は、切り離される前の前記サンプルにおける前記基準部及び前記変形部の寸法差と、切り離された前記サンプルにおける前記基準部及び前記変形部の寸法差との差分値である
ことを特徴とする積層造形体の寸法品質評価システム。
【請求項７】

前記演算処理装置に通信可能に接続された保存装置を更に備え、
前記端末装置は、前記積層造形体及び前記サンプルの積層造形に使用された造形材料の種類を更に取得し、
前記保存装置は、前記造形材料の種類及び前記サンプルの変形量と、前記寸法品質の等級との対応関係を定めた寸法品質判定表を予め保存しており、
前記演算処理装置は、前記端末装置から送信された前記造形材料の種類及び前記サンプルの変形量に対応する前記寸法品質の等級を、前記寸法品質判定表を用いて判定することによって、前記積層造形体の寸法品質を評価する
ことを特徴とする請求項６に記載の積層造形体の寸法品質評価システム。
【請求項８】
前記演算処理装置に通信可能に接続された保存装置を更に備え、
前記端末装置は、前記積層造形体の種類を更に取得し、
前記保存装置は、積層造形された前記積層造形体を前記ベースプレートから切り離す前後での積層造形体の変形量と前記サンプルの変形量との相関関係を予測する相関モデルを、前記積層造形体の種類毎に予め保存しており、
前記演算処理装置は、前記端末装置から送信された前記サンプルの変形量を、前記端末装置から送信された前記積層造形体の種類に対応する前記相関モデルに入力して、前記積層造形体の変形量の予測値を算出し、算出された前記予測値に基づいて、前記積層造形体の寸法品質を評価する
ことを特徴とする請求項６に記載の積層造形体の寸法品質評価システム。
【請求項９】
前記保存装置は、前記積層造形体の種類及び前記積層造形体の変形量の予測値と、前記寸法品質の等級との対応関係を定めた寸法品質判定表を予め保存しており、
前記演算処理装置は、前記端末装置から送信された前記積層造形体の種類、及び、算出された前記積層造形体の変形量の予測値に対応する前記寸法品質の等級を、前記寸法品質判定表を用いて判定することによって、前記積層造形体の寸法品質を評価する
ことを特徴とする請求項８に記載の積層造形体の寸法品質評価システム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、積層造形体の寸法品質の評価方法、及び、その評価システムに関する。
【背景技術】
【０００２】
積層造形（Additive Manufacturing；付加造形、付加製造又は３Ｄプリンティングとも称する）は、樹脂や金属等の造形材料を、小体積単位で複数回、積層及び結合させることで３次元物体（造形物）を製造する加工技術である。積層造形は、内部に空間を有する等の複雑な形状を持つ造形物をも、略一定の時間及び費用にて製造できる特徴を有する。この特徴から、従来の加工技術では製造時間と費用の制約により実現困難であった、複雑な構造を有する製品の製造が積層造形を利用して進められている。積層造形された製品（以下「積層造形体」とも称する）が有する１つの共通点は、従来製品より高い性能を実現するために３次元的に入り組んだ複雑な構造を有する点である。
【０００３】
寸法品質は、工業製品の重要な品質の１つであるが、複雑な構造で高い性能を実現する積層造形体においては特に重要な品質である。積層造形体の寸法品質を評価する方法として、複数の先行技術が知られている。
【０００４】
特許文献１は、予め複数のサンプルの形状と、該複数のサンプルを造形して測定した形状誤差とを準備し、造形中に造形物の形状を検出できる造形装置を用意し、該造形装置で製品を造形しながら製品の形状を検出し、製品の設計形状と検出された製品の形状とを前記サンプル形状及びその形状誤差と比較し、製品の形状誤差を評価する技術を開示してい

る。特許文献１に開示の技術によれば、製品の形状誤差を評価して造形装置の次の動作を変更することによって、より精度の高い積層造形を行うことができる。

【０００５】

特許文献２は、積層造形中及び造形後に造形物の有限要素熱－機械モデルで有限要素解析を行うことにより、造形物における形状歪み及び残留応力成長を予測する技術を開示している。特許文献２に開示の技術によれば、造形前又は造形中に造形物に対する変更を導入することによって、予測される歪みを補償することができる。

【０００６】

特許文献３は、造形中の造形物の状態を監視する監視部を備えた造形装置を用意し、該造形装置で製品と品質管理用サンプルを共に造形しながら、品質管理用サンプルの状態を、前記監視部を用いて監視する技術を開示している。監視部が監視する状態としては、温度、形状、表面粗さ又は色調が挙げられている。特許文献３に開示の技術によれば、品質管理用サンプルの状態を造形中に監視して、その監視結果に基づいて造形装置の次の動作を変更することによって、高品質の製品を造形することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００７】

【文献】特開２０１８－１０３６３５号公報
特開２０２０－１１４６７７号公報
特開２０２１－９４７７５号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００８】

特許文献１に開示の技術は、予め複数のサンプルを造形するので、時間が掛かり、生産性が低下するという問題がある。更に、特許文献１に開示の技術は、造形中に造形物の形状を精度良く検出するための複雑な構成の装置と、この装置の精度を維持管理する手間とが必要となるので、容易に実施することはできないという問題がある。

【０００９】

特許文献２に開示の技術は、有限要素熱－機械モデルに含まれない要因が寸法品質に与える影響を考慮して、寸法品質を評価することができないという問題がある。有限要素熱－機械モデルに含まれない要因としては、例えば、造形装置の部品の仕様や配置、造形時の造形物周りの雰囲気の成分やその流れ、造形材料の詳細形状等が挙げられる。これらの要因を有限要素熱－機械モデルに含めると、有限要素解析の時間が長くなり生産性が低下するという問題がある。一方、これらの要因を有限要素熱－機械モデルに含めないと、これらの要因の影響による寸法品質の変化を評価することができないという問題がある。

【００１０】

特許文献３に開示の技術は、造形中に品質管理用サンプルの状態を精度良く監視するための複雑な構成の装置と、この装置の精度を維持管理する手間とが必要となるので、容易に実施することはできないという問題がある。

【００１１】

このようなことから、複雑な構成の装置を用いることなく、有限要素熱－機械モデルに含めることが難しい要因のような様々な要因が積層造形体の寸法品質に与える影響を考慮して、積層造形体の寸法品質を容易且つ精度良く評価すること可能な技術を実現することが望まれている。

【００１２】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであり、積層造形体の寸法品質を容易且つ精度良く評価することが可能な評価方法及び評価システムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【００１３】

上記課題を解決するために、本発明の積層造形体の寸法品質評価方法は、ベースプレー

ト上に積層造形された積層造形体の寸法品質を評価する方法であって、前記積層造形体の前記寸法品質を評価するためのサンプルを、前記積層造形体が積層造形される前記ベースプレート上において前記積層造形体と同じ積層造形バッチに積層造形する工程と、積層造形された前記サンプルの基準部及び変形部の寸法差を取得する工程と、積層造形された前記サンプルを前記ベースプレートから切り離す工程と、切り離された前記サンプルの寸法を測定することで、前記ベースプレートから切り離す前後での前記サンプルの変形量を測定する工程と、測定された前記サンプルの前記変形量に基づいて前記積層造形体の前記寸法品質を評価する工程と、を含み、前記サンプルの前記変形量は、切り離される前の前記サンプルにおける前記基準部及び前記変形部の寸法差と、切り離された前記サンプルにおける前記基準部及び前記変形部の寸法差との差分値であることを特徴とする。

【発明の効果】

【００１４】

本発明によれば、積層造形体の寸法品質を容易且つ精度良く評価することが可能な評価方法及び評価システムを提供することができる。

上記以外の課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

【図面の簡単な説明】

【００１５】

【図１】実施形態１の寸法品質評価方法の全体工程を示す図。

【図２】図２（ａ）は、積層造形終了後のサンプル及び製品の様子を示す側面図。図２（ｂ）は、図２（ａ）に示す様子の上面図。

【図３】図３（ａ）は、図２（ａ）及び図２（ｂ）に示すサンプルの形状を示す斜視図。図３（ｂ）は、図３（ａ）に示すサンプルの上面図。図３（ｃ）は、図３（ａ）に示すサンプルの側面図。図３（ｄ）は、図３（ｃ）とは異なる方向から視たサンプルの側面図。

【図４】図４（ａ）は、測定ステージに対して、　歯試験片を切り離す前のベースプレートを載せた様子を示す側面図。図４（ｂ）は、測定ステージに対して、ベースプレートから切り離された　歯試験片を載せた様子を示す側面図。図４（ｃ）は、測定ステージに対して、図４（ｂ）とは異なる形状の　歯試験片を載せた様子を示す側面図。

【図５】測定ステージに対して、ベースプレートから切り離されたサンプルを載せた様子を示す側面図。

【図６】基準部の変形例を説明する図。

【図７】図７（ａ）は、サンプルの変形例を説明する図。図７（ｂ）は、図７（ａ）とは異なるサンプルの変形例を説明する図。図７（ｃ）は、図７（ａ）及び図７（ｂ）とは異なるサンプルの変形例を説明する図。

【図８】図８（ａ）は、変形部のサポート部の変形例を説明する図。図８（ｂ）は、図８（ａ）とは異なるサポート部の変形例を説明する図。図８（ｃ）は、図８（ａ）及び図８（ｂ）とは異なるサポート部の変形例を説明する図。

【図９】サンプルの変形量を測定する測定装置を示す図。

【図１０】実施形態１の寸法品質判定表を示す図。

【図１１】実施形態１の寸法品質評価システムの構成を示す図。

【図１２】図１１に示す端末装置に表示される画面の例を示す図。

【図１３】実施形態２の寸法品質評価方法の全体工程を示す図。

【図１４】相関モデルの例を示す図。

【図１５】図１４に示す相関モデルを構築する手法を説明する図。

【図１６】実施形態２の寸法品質判定表を示す図。

【図１７】図１６とは異なる寸法品質判定表を示す図。

【図１８】実施形態２の端末装置に表示される画面の例を示す図。

【発明を実施するための形態】

【００１６】

以下、本発明の実施形態について図面を用いて説明する。なお、各実施形態において同一の符号を付された構成については、特に言及しない限り、各実施形態において同様の機

能を有し、その説明を省略する。
【００１７】
［実施形態１］
図１～図１２を用いて、実施形態１に係る積層造形体の寸法品質評価方法及びその評価システムについて説明する。
【００１８】
図１は、実施形態１の寸法品質評価方法の全体工程を示す図である。
【００１９】
本実施形態の寸法品質評価方法は、ベースプレート３上に積層造形された積層造形体２（以下「製品２」とも称する）の寸法品質を評価する方法である。この寸法品質評価方法は、製品２の寸法品質を評価するための変形測定用サンプル１（以下「サンプル１」とも称する）と製品２とを積層造形する工程Ｓ１と、積層造形されたサンプル１をベースプレート３から切り離す工程Ｓ２と、切り離されたサンプル１の寸法を測定することで、ベースプレート３から切り離す前後でのサンプル１の変形量を測定する工程Ｓ３と、測定されたサンプル１の変形量に基づいて積層造形バッチ（batch）の寸法品質を評価する工程Ｓ４と、を含む。
【００２０】
すなわち、工程Ｓ１では、サンプル１を、製品２が積層造形されるベースプレート３上において製品２と同時に積層造形する。工程Ｓ４における積層造形バッチとは、同じ積層造形バッチに造形された一群の造形物を意味し、１又は複数の製品２及びサンプル１を含む。すなわち、工程Ｓ４は、測定されたサンプル１の変形量に基づいて積層造形バッチの寸法品質を評価することによって、製品２の寸法品質を評価する。
【００２１】
＜工程Ｓ１及びサンプル１について＞
図２（ａ）は、積層造形終了後のサンプル１及び製品２の様子を示す側面図である。図２（ｂ）は、図２（ａ）に示す様子の上面図である。
【００２２】
製品２が積層造形されたベースプレート３には、製品２と接触しない位置に配置されたサンプル１も製品２と同時に造形されている。更には、サンプル１の配置は、製品２をベースプレート３から切り離すことなく、サンプル１だけをベースプレート３から切り離すことが可能な配置が好ましい。例えば、図２（ｂ）に示すように、サンプル１は、ベースプレートの四隅に配置されることで、製品２をベースプレート３から切り離すことなく、サンプル１だけをベースプレート３から切り離すことが可能である。但し、図２（ｂ）は一例であり、製品２と同時に積層造形されるサンプル１の数は４個に限られない。
【００２３】
サンプル１及び製品２の積層造形は、初めに、ベースプレート３上に溶融した造形材料を凝固させ、以後、凝固した造形材料上に更に溶融した造形材料を凝固させることを繰り返す造形装置を用いて行われる。このような造形装置には、例えば、粉末床（Powder-in-Bed）方式の積層造形装置があり、当業者には周知の技術であるので、その説明を省略する。ベースプレート３は、ｘｙ平面（例えば水平面）と略平行に配置される。積層造形の進行と共にサンプル１及び製品２は、ベースプレート３の上面から出発して＋z軸方向（上方向）に沿って一層一層積み上がっていく。
【００２４】
本実施形態では、粉末床方式の積層造形装置によって積層造形された製品２の寸法品質を評価する寸法品質評価方法及びその評価システムを例に挙げて説明するが、本発明は、粉末床方式以外の積層造形装置によって積層造形された製品（積層造形体）についても広く適用可能である。
【００２５】
図３（ａ）は、図２（ａ）及び図２（ｂ）に示すサンプル１の形状を示す斜視図である。図３（ｂ）は、図３（ａ）に示すサンプル１の上面図である。図３（ｃ）は、図３（ａ

）に示すサンプル１の側面図である。図３（ｄ）は、図３（ｃ）とは異なる方向から視たサンプル１の側面図である。

【００２６】

サンプル１は、サンプル１の寸法を測定する基準となる基準部１１と、基準部１１に連結された変形部１３と、基準部１１と変形部１３とを連結する連結部１２とを有する。

【００２７】

基準部１１は、表面が平坦な（すなわち表面に起伏や凹凸が無い）ブロック体を成す。図３（ａ）に示すように、基準部１１は、例えば直方体のような六面体を成す。基準部１１の上面１１ａは、ベースプレート３と略平行に積層造形される。基準部１１の側面１１ｃは、ベースプレート３と略垂直に積層造形される。基準部１１の底面１１ｂは、ベースプレート３上に接して積層造形される。

【００２８】

変形部１３は、基準部１１の側方に配置される。変形部１３の上面１３ａは、基準部１１の上面１１ａと略同一の高さに積層造形される。具体的には、変形部１３の上面１３ａは、ベースプレート３（又は底面１３ｂ）からの高さが、基準部１１の上面１１ａのベースプレート３（又は底面１１ｂ）からの高さと略同一となるように積層造形される。変形部１３の上面１３ａは、基準部１１の上面１１ａよりも小面積に積層造形される。

【００２９】

図３（ａ）～図３（ｄ）に示す変形部１３は、梁部１３１と、柱部１３２と、サポート部１３３とを有する。サンプル１及び製品２の積層造形終了後（工程Ｓ１の後であって工程Ｓ２の前）では、柱部１３２は、ベースプレート３から上方に延びる。梁部１３１は、柱部１３２の先端部からベースプレート３に沿って突出し、ベースプレート３と略平行に延びる。サポート部１３３は、梁部１３１からベースプレート３まで下方に延びて、梁部１３１を支持する。サポート部１３３は、梁部１３１とベースプレート３とを連通する空隙１３４を有する。柱部１３２の側面１３２ａは、連結部１２によって基準部１１の側面１１ｃに連結されている。

【００３０】

図３（ａ）～図３（ｄ）に示す変形部１３は、従来から積層造形の分野で知られている　歯試験片（cantilever sample）Ｃと比較するため、　歯試験片Ｃに類似した形状のサポート部１３３を有する。サポート部１３３は、上下方向（ｚ軸方向）に延びる複数の板状部材１３５がベースプレート３に沿った方向において互いに離隔して配置される構造を有する。これら複数の板状部材１３５の間には空隙１３４が形成されている。すなわち、図３（ａ）～図３（ｄ）に示す変形部１３だけを視ると、　歯試験片Ｃとして知られる形状と類似している。しかしながら、変形部１３を連結部１２により基準部１１と連結して一体化させたサンプル１の形状は知られていない。

【００３１】

基準部１１と変形部１３とを連結させたサンプル１を用いることで、本実施形態の寸法品質評価方法は、サンプル１と製品２とを同一のベースプレート３上において同時に積層造形しても、サンプル１の変形量を容易且つ精度良く測定することができる。その原理を説明するため、下記では、初めに積層造形における造形物の変形を説明した後、従来の歯試験片Ｃと比較して、サンプル１を用いることの効果を説明する。

【００３２】

ｘｙ平面に略平行なベースプレート３上において造形材料の溶融・凝固を繰り返して＋ｚ軸方向（上方）に沿って一層一層積み上げる積層造形において、製品２やサンプル１等の造形物には、加熱と冷却の繰り返しによる熱応力が発生することが知られている。具体的には、積層によって溶融した造形材料が加わった造形物の最上面が高温になり、熱伝導によって高温の最上面から相対的に低温のベースプレート３へ熱エネルギーが移動することで最上面が冷却される。この加熱と冷却による造形物の熱膨張と収縮が積層の度に繰り返されることで、熱応力が発生する。熱応力の大きさは造形物内での温度履歴が不均一なほど大きく、熱応力の方向は造形物の上部を収縮させて下部を膨張させる方向である。上部

が収縮し下部が膨張すると、結果的に上に反り上がることになるので、造形物は基本的に反り上がる変形を起こす。但し、ベースプレート３から切り離される前の造形物は、ベースプレート３の上面との結合によって当該変形が力学的に拘束されるので、その変形量は微小な範囲に止まり、熱応力が残留応力として造形物内に残留する。しかし、造形物をベースプレート３から切り離すと、残留応力によって造形物は比較的大きく反り上がるように変形する。

【００３３】

本実施形態において、サンプル１の変形量とは、積層造形されたサンプル１をベースプレート３から切り離すことによって当該サンプル１が反り上がるように変形する際のサンプル１の変形量である。すなわち、サンプル１の変形量は、積層造形されたサンプル１をベースプレート３から切り離す前後でのサンプル１の変形量である。製品２の変形量とは、積層造形された製品２をベースプレート３から切り離すことによって当該製品２が反り上がるように変形する際の製品２の変形量である。すなわち、製品２の変形量は、積層造形された製品２をベースプレート３から切り離す前後での製品２の変形量である。サンプル１又は製品２の変形量は、サンプル１又は製品２の設計形状からの寸法変化量と解釈することも可能である。

【００３４】

次に、図４に示す　歯試験片Ｃは、上記の積層造形における熱変形の特性を利用して、その変形量を測定するための試験片である。ｘｙ平面と略平行に延びた梁部Ｃ１は、ｚ軸に沿って延びた柱部Ｃ２及び　歯状のサポート部Ｃ３によってベースプレート３に接続されている。サポート部Ｃ３は空隙Ｃ４を有するので、梁部Ｃ１とベースプレート３との間の熱伝達率は、梁部Ｃ１の内部の位置によって変化する。これにより、梁部Ｃ１の内部では温度履歴（ヒステリシス）の不均一性が高くなり、梁部Ｃ１に発生する熱応力は大きくなる。積層造形終了後、サポート部Ｃ３をベースプレート３から切断すると、ベースプレート３との力学的拘束がなくなった梁部Ｃ１は、大きく反り上がるように変形する。このようなことから、従来の　歯試験片Ｃでは、この変形量を精度良く測定するために、柱部Ｃ２をベースプレート３から切り離すことはできなかった。その理由について図４（ａ）～図４（ｃ）を用いて説明する。

【００３５】

図４（ａ）は、測定ステージ４１に対して、　歯試験片Ｃを切り離す前のベースプレート３を載せた様子を示す側面図である。図４（ｂ）は、測定ステージ４１に対して、ベースプレート３から切り離された　歯試験片Ｃを載せた様子を示す側面図である。図４（ｃ）は、測定ステージ４１に対して、図４（ｂ）とは異なる形状の　歯試験片Ｃを載せた様子を示す側面図である。

【００３６】

図４（ａ）では、変形量を測定するための測定ステージ４１上には、　歯試験片Ｃが接続されたベースプレート３が載せられている。平坦で厚みの均一なベースプレート３を用いることで、　歯試験片Ｃの上部にある梁部Ｃ１の反り上がる変形量を精度良く測定することが可能である。ベースプレート３も積層造形によって変形し得るが、ベースプレート３の変形量は、　歯試験片Ｃの変形量と比較して十分小さいので、実質的に無視することが可能である。

【００３７】

図４（ｂ）では、測定ステージ４１上には、ベースプレート３から切り離された　歯試験片Ｃが載せされている。反り上げ変形によって柱部Ｃ２の底面とサポート部Ｃ３の底面とは、同一平面上に存在できなくなる。図４（ｂ）のように、柱部Ｃ２の底面の一部と、サポート部Ｃ３の底面の一部だけが、測定ステージ４１に接する。これにより、　歯試験片Ｃは、ｚｘ平面内で回転し、　歯試験片Ｃの上部にある梁部Ｃ１の反り上がる変形量を精度良く測定することは困難である。

【００３８】

図４（ｃ）では、測定ステージ４１上には、サポート部Ｃ３に対する柱部Ｃ２の体積比

が図４（ｂ）の場合よりも大きい　歯試験片Ｃが載せられている。これにより、図４（ｃ）に示す　歯試験片Ｃは、図４（ｂ）の場合に生じるｚｘ平面内での回転を抑制することはできる。しかしながら、ベースプレート３から切り離された柱部Ｃ２の底面がｘｙ平面と平行でない場合（すなわちベースプレート３と平行でない場合）、当該柱部Ｃ２の底面は、ｘｙ平面と略平行な測定ステージ４１に対して傾く。この傾きに伴って、測定ステージ４１に載せられた　歯試験片Ｃの上部にある梁部Ｃ１も傾くので、梁部Ｃ１の反り上がる変形量を精度良く測定することは困難である。

【００３９】

上記の理由により、　歯試験片Ｃの変形量を精度良く測定するために、従来の　歯試験片Ｃでは、図４（ａ）に示すように、柱部Ｃ２をベースプレート３から切り離さずに、歯試験片Ｃがベースプレート３に接続された状態で、当該変形量を測定する必要があった。しかし、一方で　歯試験片Ｃと製品２とを同時に積層造形するためには、測定ステージ４１よりも大きいベースプレート３を使う必要がある。その上で、　歯試験片Ｃの変形量を精度良く測定するためには、ベースプレート３の　歯試験片Ｃを載せた部分をベースプレート３から切断する必要が生じる。すなわち、　歯試験片Ｃと製品２とを同時に積層造形して　歯試験片Ｃの変形量を精度良く測定するためには、その都度、ベースプレート３を切断する煩雑な工程が発生する。更に、切断された後のベースプレート３を再び積層造形に用いることは困難であるので、ベースプレート３を廃棄する手間と費用も発生する。このようなことから、従来の　歯試験片Ｃを製品２と同時に積層造形して　歯試験片Ｃの変形量を精度良く測定することは、実質的に困難であった。

【００４０】

これに対し、本実施形態のサンプル１によれば、サポート部１３３のみならず柱部１３２をベースプレート３から完全に切り離しても、以下に説明するように、梁部１３１の反り上がる変形量を精度良く測定することが可能である。

【００４１】

図５は、測定ステージ４１に対して、ベースプレート３から切り離されたサンプル１を載せた様子を示す側面図である。

【００４２】

サンプル１の変形部１３は、図４（ａ）～図４（ｃ）に示す　歯試験片Ｃと同様に、変形部１３の上部にある梁部１３１が反り上がるように変形している。しかしながら、変形部１３では、図４（ｂ）に示す　歯試験片Ｃとは異なり、ベースプレート３から完全に切り離された状態であっても、ｚｘ平面内での回転を無視することが可能である。これは、変形部１３が連結部１２によって基準部１１に連結されているからである。

【００４３】

サンプル１の基準部１１は、ベースプレート３と接する底面１１ｂの面積が、変形部１３の底面１３ｂの面積よりも大きい。加えて、図３（ｂ）に示すように変形部１３は、基準部１１の側方に配置されて、連結部１２を介して基準部１１に連結されている。よって、サンプル１は、転倒することなく測定ステージ４１に載せられ得る。

【００４４】

基準部１１は表面が平坦なブロック体を成しているので、基準部１１の変形量は変形部１３の変形量と比較して無視することが可能である。これは次の２つの理由による。第１に、基準部１１とベースプレート３との間の熱伝達率は、基準部１１の内部の位置に関わらず略一定である。これにより、基準部１１の内部では温度履歴が略均一になり、基準部１１に発生する熱応力は小さくなるからである。第２に、基準部１１のｚ軸方向（上下方向）の厚みは、梁部１３１のｚ軸方向の厚みより厚い。これにより、基準部１１は、力学的な面で、梁部１３１と比較して変形し難いからである（剛性が高い）。

【００４５】

また、ベースプレート３から切り離された基準部１１の底面１１ｂがｘｙ平面と平行でない場合、測定ステージ４１に載せられたサンプル１は傾く。しかしながら、基準部１１は、その上面１１ａの面積が変形部１３（梁部１３１）の上面１３ａの面積よりも大きい

ので、上面１１ａの高さの測定点を上面１１ａに対して多数設けることができる。これにより、基準部１１の上面１１ａの高さを多数の測定点において測定するので測定精度が高くなる。そして、より多数の測定データからサンプル１の傾きを算出し、算出された傾きを用いて、梁部１３１の上面１３ａにおける高さの測定誤差を推定することが可能である。したがって、推定された測定誤差を用いて、梁部１３１の反り上がる変形量を精度良く補正することが可能である。

【００４６】

上記のような基準部１１の作用により、本実施形態のサンプル１によれば、サポート部１３３のみならず柱部１３２をベースプレート３から完全に切り離しても、梁部１３１の反り上がる変形量を精度良く測定することが可能である。これにより、本実施形態の寸法品質評価方法は、サンプル１を製品２と同時に積層造形した後、サンプル１をベースプレート３から切り離してサンプル１の変形量を精度良く測定することができる。本実施形態の寸法品質評価方法は、従来の　　歯試験片Ｃを用いる方法とは異なり、ベースプレート３自体を切断する必要がないので、ベースプレート３を切断する煩雑な工程や、ベースプレート３を廃棄する手間と費用も発生しない。よって、本実施形態の寸法品質評価方法は、サンプル１を製品２と同時に造形することができ、サンプル１の変形量を精度良く測定することができるので、積層造形体の寸法品質を容易且つ精度良く評価することができる。

【００４７】

図６は、基準部１１の変形例を説明する図である。

【００４８】

基準部１１は、図６に示すように、断面における基準部１１の上面１１ａと側面１１ｃとが成す角度Ａｔが９０度以上であり、断面における基準部１１の底面１１ｂと側面１１ｃとが成す角度Ａｂが９０度以下であってもよい。これにより、基準部１１を積層造形する途中において、積層された最上面からベースプレート３に至る熱伝導経路の断面積、すなわち、当該最上面の下に存在する既に造形された部分のｘｙ断面積は、当該最上面の断面積以上となり得る。このような熱伝導経路によって、基準部１１は、当該最上面の温度が全体的又は局所的に異常に高くなることを抑制することができる。当該最上面の温度が異常に高くなることは、冷却後における基準部１１の上面１１ａの平坦度を劣化させることが知られている。よって、角度Ａｔが９０度以上であり、角度Ａｂが９０度以下であることは、基準部１１の上面１１ａの平坦度を良好にする効果があり、サンプル１の変形量を精度良く測定することが可能となる。すなわち、基準部１１の断面が台形または長方形の形状であれば好ましい。

【００４９】

図７は、サンプル１の変形例を説明する図である。

図７（ａ）は、サンプル１の変形例を説明する図である。図７（ｂ）は、図７（ａ）とは異なるサンプル１の変形例を説明する図である。図７（ｃ）は、図７（ａ）及び図７（ｂ）とは異なるサンプル１の変形例を説明する図である。

【００５０】

サンプル１は、図７（ａ）に示すように、１つの基準部１１に対して複数の変形部１３が連結されていてもよい。また、サンプル１は、図７（ｂ）に示すように、基準部１１は六面体ではなく六角柱等のブロック体であってもよい。

【００５１】

サンプル１は、図７（ｃ）に示すように、変形部１３が基準部１１から突出する形状であってもよい。変形部１３の柱部１３２は、基準部１１とは別に設けられていてもよい。或いは、基準部１１が柱部１３２を兼ねて、梁部１３１が基準部１１から延びていてもよい。この場合、図７（ｃ）に示すサンプル１と図４（ｃ）に示す　　歯試験片Ｃとの違いは、図７（ｃ）に示すサンプル１では、梁部１３１の延びる方向に略直交する方向に沿った基準部１１の幅（図７（ｃ）のｘ軸方向の長さ）が、梁部１３１の幅よりも十分に大きいことである。図４（ｃ）に示す　　歯試験片Ｃでは、柱部Ｃ２の幅（図４（ｃ）のｙ軸方向の長さ）が、梁部Ｃ１の幅と略同じ大きさである。基準部１１の幅を梁部１３１の幅より

も大きくすることによって、図７（ｃ）に示すサンプル１は、基準部１１の上面１１ａの面積を変形部１３（梁部１３１）の上面１３ａの面積よりも大きくなり得る。これにより、図７（ｃ）に示すサンプル１は、基準部１１の底面１１ｂがｘｙ平面と平行でない場合でも、基準部１１の上面１１ａにおける多数の測定データから算出されたサンプル１の傾きから、梁部１３１の上面１３ａの高さの測定誤差を推定し、梁部１３１の反り上がる変形量を補正することが可能となる。

【００５２】

図８は、変形部１３の変形例を説明する図である。

図８（ａ）は、変形部１３のサポート部１３３の変形例を説明する図である。図８（ｂ）は、図８（ａ）とは異なるサポート部１３３の変形例を説明する図である。図８（ｃ）は、図８（ａ）及び図８（ｂ）とは異なるサポート部１３３の変形例を説明する図である。図８（ａ）～図８（ｃ）は、柱部１３２及びサポート部１３３を通るｘｙ平面で変形部１３を切断した断面図を示している。

【００５３】

図３（ａ）～図３（ｄ）に示すサポート部１３３は、上下方向に延びる複数の板状部材１３５がベースプレート３に沿った方向において互いに離隔して配置される構造を有する。しかしながら、本実施形態のサポート部１３３は、梁部１３１からベースプレート３まで下方に延びて梁部１３１を支持すると共に、梁部１３１とベースプレート３とを連通する空隙１３４を有していればよい。サポート部１３３が空隙１３４を有することにより、梁部１３１とベースプレート３との間の熱伝達率が梁部１３１の内部の位置によって変化する。

【００５４】

例えば、サポート部１３３は、図８（ａ）に示すように、上下方向に延びる複数の棒状部材１３６が互いに離隔して配置され、複数の棒状部材１３６の間には空隙１３４が形成されている構造を有していてもよい。また、サポート部１３３は、図８（ｂ）に示すように、内部に空隙１３４を有するメッシュ状部材１３７によって構成された構造を有していてもよい。また、サポート部１３３は、図８（ｃ）に示すように、内部に空隙１３４を有する多孔質部材１３８によって構成された構造を有していてもよい。

【００５５】

＜工程Ｓ２について＞

積層造形されたサンプル１をベースプレート３から切り離す工程Ｓ２では、サンプル１及び製品２の積層造形終了後に、積層造形されたサンプル１をベースプレート３から切り離す。サンプル１をベースプレート３から切り離す方法としては、例えば、ワイヤ放電加工又はレーザ切断等の種々の方法を用いることが可能である。

【００５６】

＜工程Ｓ３について＞

図９は、サンプル１の変形量を測定する測定装置４を示す図である。

【００５７】

サンプル１の変形量を測定する工程Ｓ３では、ベースプレート３から切り離されたサンプル１の寸法を測定して当該サンプル１の変形量を測定する。工程Ｓ３において、サンプル１の変形量を測定することは、切り離されたサンプル１における基準部１１の寸法と変形部１３の寸法との差分値を測定することである。具体的には、工程Ｓ３において、サンプル１の変形量を測定することは、切り離されたサンプル１における基準部１１の上面１１ａの高さと、変形部１３の上面１３ａの高さとの差分値を測定することである。

【００５８】

図９に示す測定装置４では、センサ支持部４２に支持されたレーザ変位センサ４３が、測定ステージ４１に載せられたサンプル１の上方に配置されている。レーザ変位センサ４３は、レーザ変位センサ４３の下方に配置されたサンプル１に向けてレーザ光４４を照射し、当該サンプル１にて反射させたレーザ光４４を受光することによって、当該サンプル１のレーザ光４４が照射された測定点の高さを測定する。レーザ変位センサ４３は、ｙ軸

方向に移動可能であり、測定ステージ４１はｘ軸方向に移動可能である。これにより、レーザ変位センサ４３は、基準部１１の上面１１ａ及び変形部１３の上面１３ａにおける複数の測定点において基準面からの相対的な高さを容易に測定することができる。測定信号から、基準部１１の上面１１ａ及び変形部１３の上面１３ａにおける高さを求めることは、周知の信号処理及びデータ処理技術によって容易に実施することが可能である。このデータ処理技術は、基準部１１の上面１１ａの高さの測定データからサンプル１の傾きを算出する技術を含む。更に、このデータ処理技術は、算出された傾きから、変形部１３の上面１３ａの測定点に発生する高さの変動値ｚｅを算出する技術を含む。更に、このデータ処理技術は、算出された変動値ｚｅを、変形部１３の当該測定点の高さの測定データｚ’から差し引いた値（ｚ’－ｚｅ）を、変形部１３の当該測定点の高さの測定値とする補正技術を含む。なお、図９では、レーザ変位センサ４３を用いた測定装置４を例示したが、測定装置４は、レーザ変位センサ４３以外の手法を用いた測定装置であってもよい。

【００５９】

このような手法によって、工程Ｓ３では、切り離されたサンプル１における基準部１１の上面１１ａの高さと、変形部１３の上面１３ａの高さとを測定する。そして、工程Ｓ３では、変形部１３の上面１３ａの高さの測定値から、基準部１１の上面１１ａの高さの測定値を差し引く。これにより、工程Ｓ３では、基準部１１の上面１１ａの高さと変形部１３の上面１３ａの高さとの差分値を取得することができる。

【００６０】

＜工程Ｓ４について＞

図１０は、実施形態１の寸法品質判定表Ｔ１を示す図である。

【００６１】

工程Ｓ４では、測定されたサンプル１の変形量に基づいて、当該サンプル１が含まれる積層造形バッチの寸法品質を評価する。工程Ｓ４は、当該サンプル１が含まれる積層造形バッチの寸法品質を評価することによって、当該積層造形バッチに含まれる製品２の寸法品質を評価する。

【００６２】

具体的には、工程Ｓ４は、図１０に示す寸法品質判定表Ｔ１を用いて、積層造形バッチの寸法品質の等級を判定することによって、当該積層造形バッチに含まれる製品２の寸法品質を評価する。寸法品質判定表Ｔ１は、積層造形バッチに使用された造形材料の種類、及び、当該積層造形バッチに含まれるサンプル１の変形量と、当該積層造形バッチの寸法品質の等級との対応関係を定めた表である。例えば、造形材料Ａが使用された積層造形バッチにおいて、当該バッチに含まれるサンプル１の変形量が０．３ｍｍであったとする。このとき、サンプル１の変形量が０．２６ｍｍより大きく１ｍｍ以下であるので、工程Ｓ４では、積層造形バッチの寸法品質の等級はＢであると判定し、製品２の寸法品質の等級はＢであると判定する。寸法品質判定表Ｔ１において、寸法品質の等級の判定基準となるサンプル１の変形量は、ユーザによって予め決定された値であってもよい。また、寸法品質の等級の判定基準となるサンプル１の変形量は、複数のサンプル１の変形量に基づいて、人又はコンピュータによって決定され得る。

【００６３】

なお、工程Ｓ４は、寸法品質判定表Ｔ１を用いずに、積層造形バッチ（すなわち製品２）の寸法品質を評価してもよい。例えば、工程Ｓ４は、寸法品質の等級ではなく、測定されたサンプル１の変形量に対してスコアを付けることによって、寸法品質を評価してもよい。

【００６４】

本実施形態の寸法品質評価方法は、サンプル１の変形量に基づいて当該サンプル１が含まれる積層造形バッチの寸法品質を評価することによって、製品２の寸法品質を評価することができる。製品２の寸法品質を評価するには、製品２の設計形状が寸法品質に与える影響と、製品２の設計形状以外の要因が寸法品質に与える影響とを考慮することが望ましい。製品２の設計形状が寸法品質に与える影響は、比較的分かりやすい。例えば、細長い

形状の製品２の変形量は太く短い形状の製品２の変形量よりも大きくなり易いので、細長い形状の製品２の寸法品質は、太く短い形状の製品２の寸法品質よりも低下し易い。寸法品質に影響を与える製品２の設計形状以外の要因としては、造形条件、造形装置又は造形材料の差異等が挙げられる。造形条件の差異は、例えば、造形装置に設定する各種パラメータの差異である。造形装置の差異は、造形装置の個体差の他、１つの造形装置における経時変化による差異をも含む。造形材料の差異は、材料の化学成分の差異の他、材料の形状の差異をも含む。材料の形状の差異は、例えば粉末状の材料の場合、粉末の大きさや真球度（真球に近い度合）の差異である。また、材料の形状の差異は、例えばフィラメント状の材料の場合、フィラメントの太さでもある。製品２の寸法品質は、製品２の設計形状の要因と設計形状以外の要因とが複合して影響を受ける。しかし、実際には、寸法品質に影響を与える製品２の設計形状以外の要因は、一般的に複雑であり、予測困難である。

【００６５】

そこで、本実施形態の寸法品質評価方法は、サンプル１の変形量に基づいて当該サンプル１が含まれる積層造形バッチの寸法品質を評価することにより、比較的簡単な手法であっても、製品２の設計形状以外の要因が寸法品質に与える影響を考慮して、製品２の寸法品質を評価することができる。よって、本実施形態の寸法品質評価方法は、積層造形体の寸法品質を容易且つ精度良く評価することができる。

【００６６】

本実施形態の寸法品質の評価結果は、例えば、類似設計の製品２の積層造形を行い、その寸法品質を評価する場合に利用することが可能である。すなわち、初めに、製品２及びサンプル１の両方の寸法品質を評価しておき、その後は、サンプル１の寸法品質の評価結果に準じて製品２の寸法品質を評価することが可能である。また、本実施形態の寸法品質の評価結果は、造形条件、造形装置又は造形材料等の状態監視及び状態改善に利用することが可能である。これらの要因を詳細調査することにより、より簡単な状態監視及び状態改善が可能になる。また、本実施形態の寸法品質の評価結果は、製品２の設計者と造形者とが異なっており製品２の寸法品質が不十分であった場合、その原因を究明すること、並びに、責任及び対策の所在を明らかにすることに対して利用することができる。

【００６７】

以上のように、本実施形態の寸法品質評価方法は、ベースプレート３上に積層造形された製品２の寸法品質を評価する方法である。寸法品質評価方法は、製品２の寸法品質を評価するためのサンプル１を、製品２が積層造形されるベースプレート３上において製品２と同時に（すなわち、同じ積層造形バッチに）積層造形すること（工程Ｓ１）を含む。寸法品質評価方法は、積層造形されたサンプル１をベースプレート３から切り離すこと（工程Ｓ２）を含む。寸法品質評価方法は、切り離されたサンプル１の寸法を測定することで、ベースプレート３から切り離す前後でのサンプル１の変形量を測定すること（工程Ｓ３）を含む。寸法品質評価方法は、測定されたサンプル１の変形量に基づいて製品２の寸法品質を評価すること（工程Ｓ４）を含む。サンプル１は、基準部１１と、基準部１１に連結部１２を介して連結された変形部１３と、を有する。サンプル１の変形量は、切り離されたサンプル１における基準部１１の寸法と変形部１３の寸法との差分値である。

【００６８】

これにより、本実施形態の寸法品質評価方法は、従来の　歯試験片Ｃを用いる方法とは異なり、ベースプレート３自体を切断しなくても、サンプル１の変形量を精度良く測定することができる。ベースプレート３を切断する煩雑な工程が不要であり、ベースプレート３を廃棄する必要がない。ベースプレート３を再び積層造形に用いることが可能となり、造形装置の連続的な使用が可能となる。加えて、本実施形態の寸法品質評価方法は、造形条件等の様々な要因が寸法品質に与える影響を考慮して、製品２の寸法品質を評価することができる。よって、本実施形態の寸法品質評価方法は、積層造形体の寸法品質を容易且つ精度良く評価することができる。

【００６９】

更に、本実施形態の寸法品質評価方法において、基準部１１は、表面が平坦なブロック

体を成し、変形部１３は、基準部１１の側方に配置される。基準部１１の上面１１ａは、ベースプレート３と略平行に積層造形される。変形部１３の上面１３ａは、基準部１１の上面１１ａと略同一の高さに積層造形され、且つ、基準部１１の上面１１ａよりも小面積に積層造形される。サンプル１の変形量は、切り離されたサンプル１における基準部１１の上面１１ａの高さと変形部１３の上面１３ａの高さとの差分値である。

【００７０】

これにより、本実施形態の寸法品質評価方法は、基準部１１の底面１１ｂがｘｙ平面と平行でない場合でも、基準部１１の上面１１ａの高さの測定データからサンプル１の傾きを算出し、変形部１３の高さの測定誤差を推定し、変形部１３の反り上がる変形量を補正することができる。加えて、本実施形態の寸法品質評価方法は、図９に示すような比較的簡単な既存の測定装置を用いて、サンプル１の変形量を精度良く測定することができる。よって、本実施形態の寸法品質評価方法は、積層造形体の寸法品質を更に容易且つ更に精度良く評価することができる。

【００７１】

更に、図６に示すように、本実施形態の寸法品質評価方法において、基準部１１の断面において、基準部１１の上面１１ａと側面１１ｃとが成す角度Ａｔが９０度以上であり、基準部１１の底面１１ｂと側面１１ｃとが成す角度Ａｂが９０度以下である。

【００７２】

これにより、本実施形態の寸法品質評価方法は、基準部１１を積層造形する途中において、積層された最上面からベースプレート３に至る熱伝導経路が、当該最上面の断面積以上となり得る。したがって、本実施形態の寸法品質評価方法は、積層造形後において基準部１１の上面１１ａの平坦度を良好に保つことができるので、サンプル１の変形量を精度良く測定することができる。よって、本実施形態の寸法品質評価方法は、積層造形体の寸法品質を容易且つ更に精度良く評価することができる。

【００７３】

更に、本実施形態の寸法品質評価方法において、積層造形された変形部１３は、ベースプレート３から上方に延びる柱部１３２と、柱部１３２からベースプレート３に沿って延びる梁部１３１と、梁部１３１からベースプレート３まで下方に延び梁部１３１を支持するサポート部１３３と、を有する。サポート部１３３は、梁部１３１とベースプレート３とを連通する空隙１３４を有する。柱部１３２の側面１３２ａは、基準部１１の側面１１ｃに連結されている。

【００７４】

これにより、本実施形態の寸法品質評価方法は、変形部１３の形状を従来の　歯試験片Ｃに類似した形状とすることができる。したがって、本実施形態の寸法品質評価方法は、従来の　歯試験片Ｃを用いて製品２の寸法品質を評価するために用いられたシミュレーション解析のモデリングデータや解析結果等の知見を活用して、製品２の寸法品質を評価することができる。よって、本実施形態の寸法品質評価方法は、積層造形体の寸法品質を更に容易且つ精度良く評価することができる。

【００７５】

＜寸法品質評価システムについて＞

図１１は、実施形態１の寸法品質評価システム５の構成を示す図である。

【００７６】

本実施形態の寸法品質評価システム５は、ベースプレート３上に積層造形された製品２の寸法品質を評価するシステムである。寸法品質評価システム５は、１又は複数の端末装置５１と、演算処理装置５２と、保存装置５３とを備え、これらが通信ネットワーク５０を介して互いに通信可能に接続されている。

【００７７】

通信ネットワーク５０は、ディジタルデータを送受信可能な有線又は無線の通信ネットワークである。通信ネットワーク５０は、例えば、１つのコンピュータ内のデータ伝送路（バス）、インターネット網又はキャリア網等を含んで構成されてもよい。端末装置５１

は、入力機能、出力機能及び通信機能を備えた電子機器である。演算処理装置５２は、ＣＰＵを備えたコンピュータである。保存装置５３は、ハードディスクドライブ又はソリッドステートドライブ等の記憶装置を備えたコンピュータである。１つの端末装置５１と演算処理装置５２とは、１つのコンピュータに含まれていてもよい。演算処理装置５２と保存装置５３とは、１つのコンピュータに含まれていてもよい。

【００７８】

寸法品質評価システム５のユーザは、ユーザ情報、上記工程Ｓ１において製品２及びサンプル１の積層造形に使用された造形材料の種類、及び、上記工程Ｓ３において測定されたサンプル１の変形量を端末装置５１に入力し、端末装置５１から演算処理装置５２にアクセスする。すなわち、端末装置５１は、製品２が積層造形されるベースプレート３上において製品２と同時に積層造形されたサンプル１をベースプレート３から切り離す前後でのサンプル１の変形量を取得する。そして、端末装置５１は、ユーザ情報、造形材料の種類及びサンプル１の変形量を、演算処理装置５２に送信する。

【００７９】

演算処理装置５２は、端末装置５１から送信された造形材料の種類及びサンプル１の変形量を、ユーザ情報毎に割り当てられた保存装置５３の保存領域に保存する。保存装置５３は、造形材料の種類及びサンプル１の変形量と、寸法品質の等級との対応関係を定めた寸法品質判定表Ｔ１を予め保存している。演算処理装置５２は、保存装置５３から寸法品質判定表Ｔ１を読み出す。演算処理装置５２は、端末装置５１から送信された造形材料の種類及びサンプル１の変形量に対応する寸法品質の等級を、寸法品質判定表Ｔ１を用いて判定する。これによって、演算処理装置５２は、上記工程Ｓ１において積層造形された積層造形バッチの寸法品質を評価する。すなわち、演算処理装置５２は、端末装置５１から送信されたサンプル１の変形量に基づいて製品２の寸法品質を評価する。そして、演算処理装置５２は、寸法品質の評価結果を、端末装置５１に送信する。端末装置５１は、演算処理装置５２から送信された評価結果を表示する。こうしてユーザは、端末装置５１に表示された評価結果を確認することができる。

【００８０】

なお、ユーザは、端末装置５１から、サンプル１の変形量に係る複数のデータを比較して表示することを演算処理装置５２に要求することもできる。この要求が送信された演算処理装置５２は、ユーザに公開可能なデータを保存装置５３から読み出し、所定の形式で端末装置５１に送信する。そして、端末装置５１は、演算処理装置５２から送信されたサンプル１の変形量に係る複数のデータを比較した結果を表示する。こうしてユーザは、端末装置５１に表示された比較結果を確認することによって、サンプル１の変形量の傾向を確認することができる。

【００８１】

図１２は、図１１に示す端末装置５１に表示される画面５１０の例を示す図である。

【００８２】

図１２に示す画面５１０は、端末装置５１においてウェブブラウザを利用して入出力及び操作を行うウェブアプリケーションの画面である。具体的には、図１２に示す画面５１０は、所定のウェブアドレスに接続して予め登録されたユーザ情報を用いてログインした後に、表示される。

【００８３】

図１２に示す画面５１０は、造形材料の種類の入力欄５１０１と、サンプル１の変形量の入力欄５１０２と、評価実行ボタン５１０３と、寸法品質の評価結果の表示欄５１０４と、を含む。更に、画面５１０は、保存装置５３に保存されたサンプル１の変形量に係る複数のデータを比較して表示するためのデータ表示欄５１０５と、データ表示欄５１０５に表示させるデータを選択するフィルタ５１０６とを含む。

【００８４】

図１２の例では、データ表示欄５１０５におけるグラフの表示形式は、分布図（scattering plot）の形式であるが、折れ線図、棒グラフ又は度数分布図等の他の形式であっても

よいし、これらの組合せであってもよい。図１２の例では、データ表示欄５１０５におけるデータの表示形式は、グラフ形式であるが、表形式や、グラフ及び表の両方の形式であってもよい。データ表示欄５１０５におけるデータの表示形式は、ユーザの操作によって切り替えられてもよい。図１２の例では、評価実行ボタン５１０３がユーザに操作されると、寸法品質の評価結果の表示欄５１０４とデータ表示欄５１０５との両方に対して同時に情報を表示するが、評価実行ボタン５１０３を分けて両方に別々に情報を表示するように構成されていてもよい。

【００８５】

以上のように、本実施形態の寸法品質評価システム５は、ベースプレート３上に積層造形された製品２の寸法品質を評価するシステムである。寸法品質評価システム５は、製品２が積層造形されるベースプレート３上において製品２と同時に（すなわち、同じ積層造形バッチに）積層造形されたサンプル１をベースプレート３から切り離す前後でのサンプル１の変形量を取得する端末装置５１を備える。寸法品質評価システム５は、端末装置５１に通信可能に接続され、端末装置５１から送信されたサンプル１の変形量に基づいて製品２の寸法品質を評価する演算処理装置５２を備える。サンプル１は、基準部１１と、基準部１１に連結された変形部１３と、を有する。サンプル１の変形量は、切り離されたサンプル１における基準部１１の寸法と変形部１３の寸法との差分値である。

【００８６】

これにより、本実施形態の寸法品質評価システム５は、従来の　歯試験片Ｃを用いる方法とは異なり、ベースプレート３自体を切断しなくても精度良く測定されたサンプル１の変形量に基づいて、製品２の寸法品質を評価することができる。ベースプレート３を切断する煩雑な工程が不要であり、ベースプレート３を廃棄する必要がない。ベースプレート３を再び積層造形に用いることが可能となり、造形装置の連続的な使用が可能となる。加えて、本実施形態の寸法品質評価システム５は、造形条件等の様々な要因が寸法品質に与える影響を考慮して、製品２の寸法品質を評価することができる。よって、本実施形態の寸法品質評価システム５は、積層造形体の寸法品質を容易且つ精度良く評価することができる。

【００８７】

更に、本実施形態の寸法品質評価システム５は、演算処理装置５２に通信可能に接続された保存装置５３を更に備える。端末装置５１は、製品２及びサンプル１の積層造形に使用された造形材料の種類を更に取得する。保存装置５３は、造形材料の種類及びサンプル１の変形量と、寸法品質の等級との対応関係を定めた寸法品質判定表Ｔ１を予め保存している。演算処理装置５２は、端末装置５１から送信された造形材料の種類及びサンプル１の変形量に対応する寸法品質の等級を、寸法品質判定表Ｔ１を用いて判定することによって、製品２の寸法品質を評価する。

【００８８】

これにより、本実施形態の演算処理装置５２は、複雑な評価アルゴリズムを使用しなくても、製品２の寸法品質を精度良く評価することができる。よって、本実施形態の寸法品質評価システム５は、積層造形体の寸法品質を更に容易且つ精度良く評価することができる。

【００８９】

［実施形態２］

図１３～図１８を用いて、実施形態２に係る積層造形体の寸法品質評価方法及びその評価システムについて説明する。実施形態２の寸法品質評価方法及びその評価システムにおいて、実施形態１と同様の構成及び動作については、説明を省略する。

【００９０】

図１３は、実施形態２の寸法品質評価方法の全体工程を示す図である。

【００９１】

実施形態２の寸法品質評価方法は、実施形態１と同様の工程Ｓ１～工程Ｓ３を含む。更に、実施形態２の寸法品質評価方法は、製品２の変形量とサンプル１の変形量との相関関

係を予測する相関モデルを選択する工程Ｓ５と、サンプル１の変形量に基づいて製品２の寸法品質を評価する工程Ｓ６とを含む。工程Ｓ５は、実施形態１の寸法品質評価方法には無い工程である。工程Ｓ６は、実施形態１の工程Ｓ４とは内容が異なる工程である。

【００９２】

＜工程Ｓ５及び相関モデルについて＞

図１４は、相関モデルの例を示す図である。

【００９３】

相関モデルを選択する工程Ｓ５では、寸法品質を評価したい製品２の変形量と、製品２と同時に積層造形されたサンプル１の変形量との相関関係を予測する相関モデルを選択する。

【００９４】

相関モデルは、製品２の変形量とサンプル１の変形量との相関関係を予測するモデルではなく、製品２の寸法品質に係る指標とサンプル１の変形量との相関関係を予測するモデルであってもよい。製品２の寸法品質に係る指標としては、例えば、製品２の寸法、製品２の寸法誤差、製品２の寸法品質の等級などが挙げられる。

【００９５】

図１４の横軸は、サンプル１の変形量を示し、図１４の縦軸は、製品２の変形量の予測値を示す。図１４の符号Ｐ１は、製品Ｐ１の変形量と、製品Ｐ１と同時に積層造形されたサンプル１の変形量との相関関係を予測する相関モデルを示す。図１４の符号Ｐ２は、製品Ｐ２の変形量と、製品Ｐ２と同時に積層造形されたサンプル１の変形量との相関関係を予測する相関モデルを示す。図１４の符号Ｐ３は、製品Ｐ３の変形量と、製品Ｐ３と同時に積層造形されたサンプル１の変形量との相関関係を予測する相関モデルを示す。

【００９６】

図１４の実線は、サンプル１の変形量に対応する製品２の変形量の予測値を示す。図１４の破線は、製品２の変形量の予測値の誤差範囲を示す。製品２の変形量の予測値の誤差範囲は、例えば、標準偏差σの２倍の範囲である。２σの誤差範囲は、誤差が正規分布を有すると仮定した場合に、真値が９５％の確率で含まれる範囲である。

【００９７】

上記のような相関モデルは、製品２の種類と対応付けて、予め保存されている。工程Ｓ５では、寸法品質を評価したい製品２に最も近い製品２の種類に対応付けられた相関モデルを選択する。

【００９８】

図１５は、図１４に示す相関モデルを構築する手法を説明する図である。

【００９９】

相関モデルを構築する１つの手法は、製品２及びサンプル１の各変形量の測定値を回帰分析して構築する手法である。例えば、サンプル１と同時に造形される製品２から１又は複数を選択し、サンプル１の変形量を測定すると共に、製品２の変形量も測定し、各変形量の測定値を回帰分析することによって、相関モデルを構築することができる。

【０１００】

図１５の横軸は、サンプル１の変形量の測定値を示し、図１５の縦軸は、製品Ｐ１～Ｐ３の変形量の測定値を示す。造形材料が同じであれば、サンプル１と複数種類の製品２とを同時に造形して、各変形量を測定してもよい。これにより、比較的少ない工数で、相関モデルを構築するのに必要なデータを収集することができる。

【０１０１】

相関モデルの構築に用いられる回帰分析の種類としては、例えば、最小二乗法、ラッソ回帰法、リッジ回帰法、カーネルリッジ回帰法、サポートベクタ回帰法、又は、ニューラルネットワーク回帰が挙げられる。

【０１０２】

相関モデルを構築する他の手法は、積層造形の熱変形シミュレーションの結果を、回帰分析して構築する手法である。例えば、サンプル１及び製品２の各形状を再現したシミュ

レーションモデルを用いて熱変形シミュレーションを実行し、その結果からサンプル１及び製品２の各変形量を取得し、取得された各変形量を回帰分析することによって、相関モデルを構築することができる。更に、製品２及びサンプル１の各変形量の測定値と、シミュレーション結果との両方を組み合わせて相関モデルを構築することも可能である。

【０１０３】

＜工程Ｓ６について＞

図１６は、実施形態２の寸法品質判定表Ｔ２を示す図である。

【０１０４】

工程Ｓ６では、測定されたサンプル１の変形量を、選択された相関モデルに入力して製品２の変形量の予測値を算出し、算出された予測値に基づいて、製品２の寸法品質を評価する。

【０１０５】

具体的には、工程Ｓ６は、図１６に示す寸法品質判定表Ｔ２を用いて、製品２の寸法品質の等級を判定することによって、製品２の寸法品質を評価する。寸法品質判定表Ｔ２は、製品２の種類及び製品２の変形量の予測値と、製品２の寸法品質の等級との対応関係を定めた表である。寸法品質判定表Ｔ２において、寸法品質の等級の判定基準となる製品２の変形量は、ユーザによって予め決定された値であってもよい。寸法品質の等級の判定基準となる製品２の変形量は、複数の製品２の変形量に基づいて、人又はコンピュータによって決定され得る。

【０１０６】

なお、工程Ｓ６は、寸法品質判定表Ｔ２を用いずに、製品２の寸法品質を評価してもよい。例えば、工程Ｓ６は、寸法品質の等級ではなく、相関モデルから算出された製品２の変形量の予測値に対してスコアを付けることによって、製品２の寸法品質を評価してもよい。

【０１０７】

以上のように、実施形態２の寸法品質評価方法は、積層造形された製品２をベースプレート３から切り離す前後での製品２の変形量とサンプル１の変形量との相関関係を予測する相関モデルを選択すること（工程Ｓ５）を更に含む。製品２の寸法品質を評価すること（工程Ｓ６）は、測定されたサンプル１の変形量を、選択された相関モデルに入力して製品２の変形量の予測値を算出し、算出された予測値に基づいて、製品２の寸法品質を評価することである。

【０１０８】

これにより、実施形態２の寸法品質評価方法は、製品２の設計形状以外の要因だけでなく製品２の設計形状の要因が寸法品質に与える影響をも考慮して、製品２の寸法品質を評価することができる。よって、実施形態２の寸法品質評価方法は、積層造形体の寸法品質を容易且つ更に精度良く評価することができる。

【０１０９】

図１７は、図１６とは異なる寸法品質判定表Ｔ３を示す図である。

【０１１０】

なお、上記の寸法品質評価方法では、相関モデルを明示的に用いて、工程Ｓ５と工程Ｓ６とを分けて行っていた。しかしながら、実施形態２の工程Ｓ６は、寸法品質判定表Ｔ３を用いることにより、測定されたサンプル１の変形量から製品２の寸法品質の等級を直接的に判定することもできる。具体的には、実施形態２の工程Ｓ６は、製品２の種類及びサンプル１の変形量に対応する寸法品質の等級を、寸法品質判定表Ｔ３を用いて判定することによって、製品２の寸法品質を評価することも可能である。

【０１１１】

図１７に示す寸法品質判定表Ｔ３は、製品２の種類及びサンプル１の変形量と、製品２の寸法品質の等級との対応関係を定めた表である。一方、図１６に示す寸法品質判定表Ｔ２は、製品２の変形量の予測値と寸法品質の等級との対応関係を定めた表であった。図１７に示す寸法品質判定表Ｔ３において、寸法品質の等級の判定基準となるサンプル１の変

形量は、製品２の寸法品質の等級に対応する製品２の変形量の決定し、製品２の変形量に対応するサンプル１の変形量を、該当する相関モデルを用いて算出することによって、決定することが可能である。この際、製品２の変形量に対応するサンプル１の変形量を算出することは、該当する相関モデルの逆関数を計算し、計算された相関モデルの逆関数に製品２の変形量を入力することによって算出することが可能である。すなわち、寸法品質判定表Ｔ３は、製品２の寸法品質の等級に対応する製品２の変形量を、相関モデルの逆関数に入力して、入力された製品２の変形量に対応するサンプル１の変形量を算出することによって作成され得る。或いは、製品２の変形量に対応するサンプル１の変形量は、上記の熱変形シミュレーションの結果からも容易に算出することができる。

【０１１２】

寸法品質判定表Ｔ３を用いることにより、実施形態２の寸法品質評価方法では、相関モデルを用いて製品２の変形量の予測値を算出しなくても、サンプル１の変形量から製品２の寸法品質の等級を直接的に判定することができる。したがって、寸法品質判定表Ｔ３を用いる実施形態２の寸法品質評価方法は、寸法品質判定表Ｔ２を用いる場合よりも簡単に製品２の寸法品質を評価することができる。

【０１１３】

＜寸法品質評価システムについて＞

図１８は、実施形態２の端末装置５１に表示される画面５１１の例を示す図である。

【０１１４】

実施形態２の寸法品質評価システム５は、実施形態１と同様に、１又は複数の端末装置５１と、演算処理装置５２と、保存装置５３とを備え、これらが通信ネットワーク５０を介して互いに通信可能に接続されている。

【０１１５】

実施形態２の寸法品質評価システム５のユーザは、ユーザ情報、造形材料の種類、及び、サンプル１の変形量に加えて製品２の種類を端末装置５１に入力し、端末装置５１から演算処理装置５２にアクセスする。すなわち、端末装置５１は、ユーザ情報、造形材料の種類、製品２の種類及びサンプル１の変形量を取得する。端末装置５１は、ユーザ情報、造形材料の種類、製品２の種類及びサンプル１の変形量を、演算処理装置５２に送信する。

【０１１６】

演算処理装置５２は、端末装置５１から送信された造形材料の種類、製品２の種類、及び、サンプル１の変形量を、ユーザ情報毎に割り当てられた保存装置５３の保存領域に保存する。保存装置５３は、製品２の変形量とサンプル１の変形量との相関関係を予測する相関モデルを、製品２及び造形材料の種類毎に予め保存している。保存装置５３は、製品２の種類及び製品２の変形量の予測値と、製品２の寸法品質の等級との対応関係を定めた寸法品質判定表Ｔ２を、造形材料の種類毎に予め保存している。演算処理装置５２は、端末装置５１から送信された製品２の種類及び造形材料の種類に対応する相関モデルを、保存装置５３から読み出す。演算処理装置５２は、端末装置５１から送信されたサンプル１の変形量を、読み出した相関モデルに入力して、製品２の変形量の予測値を算出する。演算処理装置５２は、端末装置５１から送信された造形材料の種類に対応する寸法品質判定表Ｔ２を、保存装置５３から読み出す。演算処理装置５２は、端末装置５１から送信された製品２の種類、及び、算出された製品２の変形量の予測値に対応する寸法品質の等級を、寸法品質判定表Ｔ２を用いて判定する。これによって、演算処理装置５２は、製品２の寸法品質を評価する。すなわち、演算処理装置５２は、相関モデルにより算出された製品２の変形量の予測値に基づいて、製品２の寸法品質を評価する。演算処理装置５２は、寸法品質の評価結果を、端末装置５１に送信する。端末装置５１は、演算処理装置５２から送信された評価結果を表示する。ユーザは、端末装置５１に表示された評価結果を確認することができる。

【０１１７】

図１８に示す画面５１１は、製品２の種類の入力欄５１０７が追加されている点が相違している。更に、図１８に示す画面５１１は、図１２に示す画面５１０と比較して、表示

欄５１０４に表示される寸法品質の評価結果が製品２の寸法品質の等級である点が相違している。

【０１１８】

以上のように、実施形態２の寸法品質評価システム５は、端末装置５１が製品２の種類を更に取得する。保存装置５３は、積層造形された製品２をベースプレート３から切り離す前後での製品２の変形量とサンプル１の変形量との相関関係を予測する相関モデルを、製品２の種類毎に予め保存している。演算処理装置５２は、端末装置５１から送信されたサンプル１の変形量を、端末装置５１から送信された製品２の種類に対応する相関モデルに入力して、製品２の変形量の予測値を算出し、算出された予測値に基づいて、製品２の寸法品質を評価する。

【０１１９】

これにより、実施形態２の寸法品質評価システム５は、製品２の設計形状以外の要因だけでなく製品２の設計形状の要因が寸法品質に与える影響をも考慮して、製品２の寸法品質を評価することができる。よって、実施形態２の寸法品質評価システム５は、積層造形体の寸法品質を容易且つ更に精度良く評価することができる。

【０１２０】

更に、実施形態２の寸法品質評価システム５は、保存装置５３が、製品２の種類及び製品２の変形量の予測値と、製品２の寸法品質の等級との対応関係を定めた寸法品質判定表Ｔ２を予め保存している。演算処理装置５２は、端末装置５１から送信された製品２の種類、及び、算出された製品２の変形量の予測値に対応する寸法品質の等級を、寸法品質判定表Ｔ２を用いて判定することによって、製品２の寸法品質を評価する。

【０１２１】

これにより、実施形態２の寸法品質評価システム５は、複雑な評価アルゴリズムを使用しなくても、製品２の寸法品質を精度良く評価することができる。よって、実施形態２の寸法品質評価システム５は、積層造形体の寸法品質を更に容易且つ精度良く評価することができる。

【０１２２】

なお、実施形態２の寸法品質評価システム５は、保存装置５３が、製品２の種類及びサンプル１の変形量と、製品２の寸法品質の等級との対応関係を定めた寸法品質判定表Ｔ３を予め保存していてもよい。演算処理装置５２は、端末装置５１から送信された製品２の種類及びサンプル１の変形量に対応する寸法品質の等級を、寸法品質判定表Ｔ３を用いて判定することによって、製品２の寸法品質を評価してもよい。

【０１２３】

これにより、実施形態２の演算処理装置５２は、保存装置５３に保存された相関モデルを用いて製品２の変形量の予測値を算出しなくても、サンプル１の変形量から製品２の寸法品質の等級を直接的に判定することができる。したがって、実施形態２の演算処理装置５２は、寸法品質判定表Ｔ２を用いる場合よりも、製品２の寸法品質を評価する際の処理負荷を低減することができる。よって、実施形態２の寸法品質評価システム５は、積層造形体の寸法品質を更に容易且つ精度良く評価することができる。

【０１２４】

［実施形態３］

実施形態３に係る積層造形体の寸法品質評価方法及びその評価システムについて説明する。実施形態３の寸法品質評価方法及びその評価システムにおいて、実施形態１又は実施形態２と同様の構成及び動作については、説明を省略する。

【０１２５】

実施形態３の寸法品質評価方法は、工程Ｓ１と工程Ｓ２との間に、積層造形されたサンプル１の基準部１１及び変形部１３の寸法差を取得する工程を含む。すなわち、実施形態３の寸法品質評価方法では、ベースプレート３から切り離される前のサンプル１における基準部１１及び変形部１３の寸法差を取得する工程を含む。具体的には、当該工程では、上記の測定装置４を用いて、切り離される前のサンプル１において、基準部１１の上面１

１ａの高さと、変形部１３の上面１３ａの高さとを測定する。そして、変形部１３の上面１３ａの高さの測定値から、基準部１１の上面１１ａの高さの測定値を差し引く。これにより、当該工程では、切り離される前のサンプル１における基準部１１及び変形部１３の寸法差を取得することができる。

【０１２６】

更に、実施形態３の寸法品質評価方法は、工程３の内容が、実施形態１及び実施形態２とは異なる。実施形態３の工程３では、切り離される前のサンプル１における基準部１１及び変形部１３の寸法差と、切り離されたサンプル１における基準部１１及び変形部１３の寸法差との差分値を測定することによって、サンプル１の変形量を測定する。具体的には、実施形態３の工程３では、上記の測定装置４を用いて、切り離されたサンプル１において、基準部１１の上面１１ａの高さと、変形部１３の上面１３ａの高さとを測定する。そして、変形部１３の上面１３ａの高さの測定値から、基準部１１の上面１１ａの高さの測定値を差し引くことによって、切り離されたサンプル１における基準部１１及び変形部１３の寸法差を取得する。そして、切り離されたサンプル１における当該寸法差から、切り離される前のサンプル１における当該寸法差を差し引く。これにより、実施形態３の工程３では、切り離される前のサンプル１における基準部１１及び変形部１３の寸法差と、切り離されたサンプル１における基準部１１及び変形部１３の寸法差との差分値を取得することができる。

【０１２７】

これにより、実施形態３の寸法品質評価方法は、サンプル１の基準部１１の上面１１ａの高さと、変形部１３の上面１３ａの高さとが、同一の高さに積層造形されていなくても、サンプル１の変形量を精度良く測定することができる。よって、実施形態３の寸法品質評価方法は、積層造形体の寸法品質を更に容易且つ精度良く評価することができる。

【０１２８】

実施形態３の寸法品質評価システム５において、端末装置５１に入力されるサンプル１の変形量は、実施形態３の工程３のように、切り離される前のサンプル１における基準部１１及び変形部１３の寸法差と、切り離されたサンプル１における基準部１１及び変形部１３の寸法差との差分値である。

【０１２９】

これにより、実施形態３の寸法品質評価システム５は、サンプル１の基準部１１の上面１１ａの高さと、変形部１３の上面１３ａの高さとが、同一の高さに積層造形されていなくても、サンプル１の変形量を精度良く測定することができるので、積層造形体の寸法品質を更に容易且つ精度良く評価することができる。

【０１３０】

［その他］

なお、本発明は上記の実施形態に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記の実施形態は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、或る実施形態の構成の一部を他の実施形態の構成に置き換えることが可能であり、また、或る実施形態の構成に他の実施形態の構成を加えることも可能である。また、各実施形態の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

【０１３１】

また、上記の各構成、機能、処理部、処理手段等は、それらの一部又は全部を、例えば集積回路にて設計する等によりハードウェアによって実現してもよい。また、上記の各構成、機能等は、プロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し、実行することによりソフトウェアによって実現してもよい。各機能を実現するプログラム、テープ、ファイル等の情報は、メモリや、ハードディスク、ＳＳＤ（solid state drive）等の記録装置、又は、ＩＣカード、ＳＤカード、ＤＶＤ等の記録媒体に置くことができる。

【０１３２】

また、制御線や情報線は説明上必要と考えられるものを示しており、製品上必ずしも全

ての制御線や情報線を示しているとは限らない。実際には殆ど全ての構成が相互に接続されていると考えてもよい。

【符号の説明】

【０１３３】

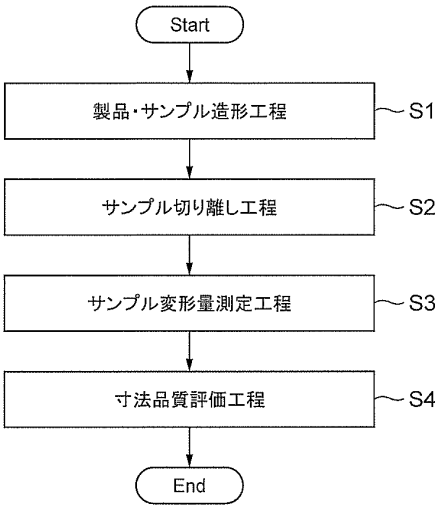
１…サンプル、１１…基準部、１１ａ…上面、１１ｂ…底面、１１ｃ…側面、１２…連結部、１３…変形部、１３ａ…上面、１３１…梁部、１３２…柱部、１３２ａ…側面、１３３…サポート部、１３４…空隙、２…製品、３…ベースプレート、５…寸法品質評価システム、５１…端末装置、５２…演算処理装置、５３…保存装置、Ｔ１、Ｔ２、Ｔ３…寸法品質判定表

【要約】
積層造形体の寸法品質を容易且つ精度良く評価することが可能な評価方法及び評価システムを提供することを目的とする。積層造形体の寸法品質評価方法は、積層造形体２の寸法品質を評価するためのサンプル１を、積層造形体２が積層造形されるベースプレート３上において積層造形体２と同じ積層造形バッチに積層造形する工程Ｓ１と、積層造形されたサンプル１の基準部１１及び変形部１３の寸法差を取得する工程と、積層造形されたサンプル１をベースプレート３から切り離す工程Ｓ２と、ベースプレート３から切り離す前後でのサンプル１の変形量を測定する工程Ｓ３と、測定されたサンプル１の変形量に基づいて積層造形体２の寸法品質を評価する工程Ｓ４と、を含む。サンプル１の変形量は、切り離す前のサンプル１における基準部１１及び変形部１３の寸法差と、切り離されたサンプル１における基準部１１及び変形部１３の寸法差との差分値である。

【図面】

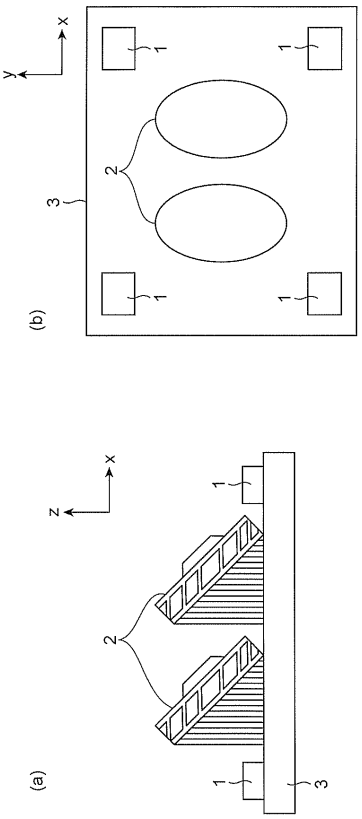
【図１】

図１



【図２】

図２



【図３】

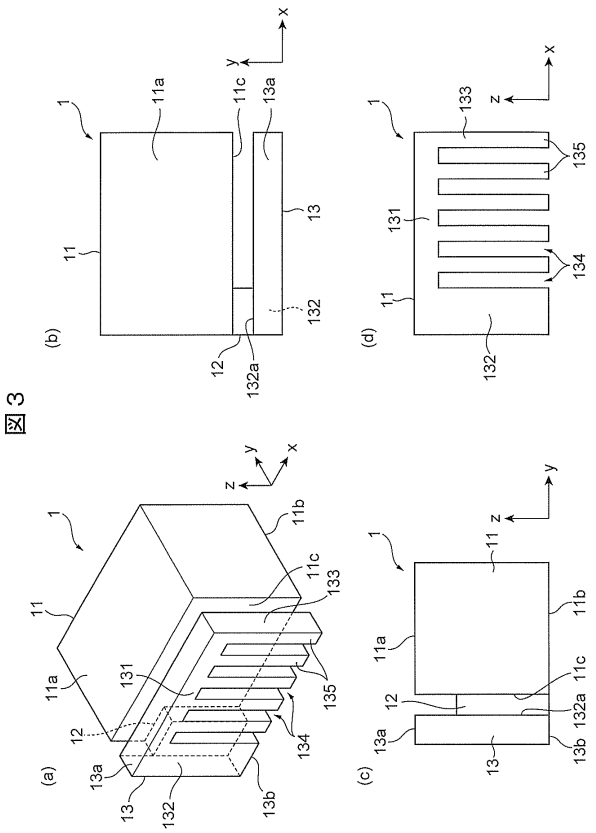


図３

【図４】

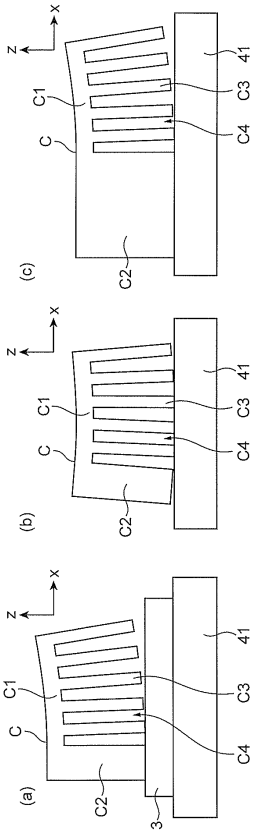
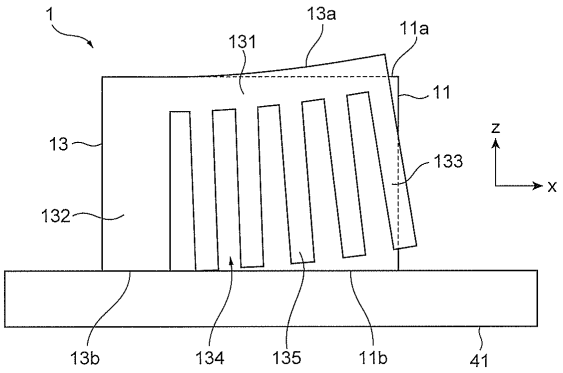


図４

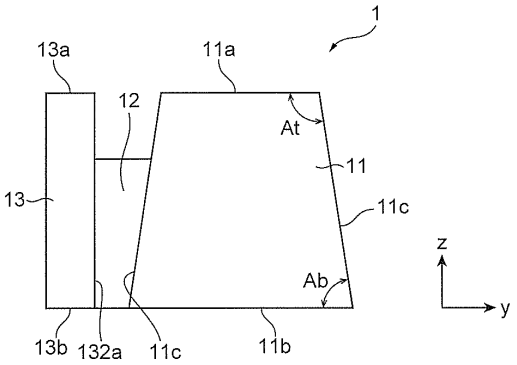
【図５】

図５



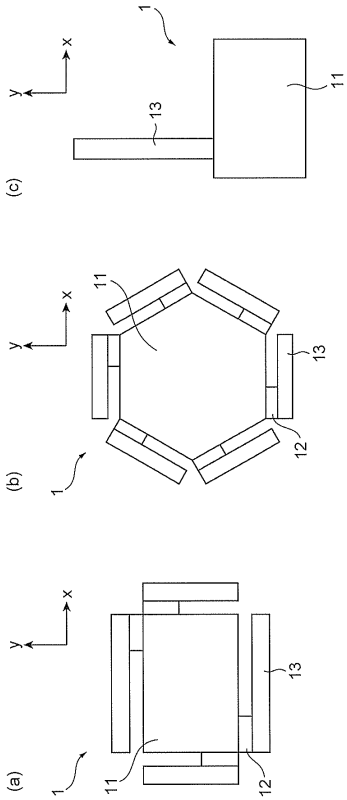
【図６】

図６



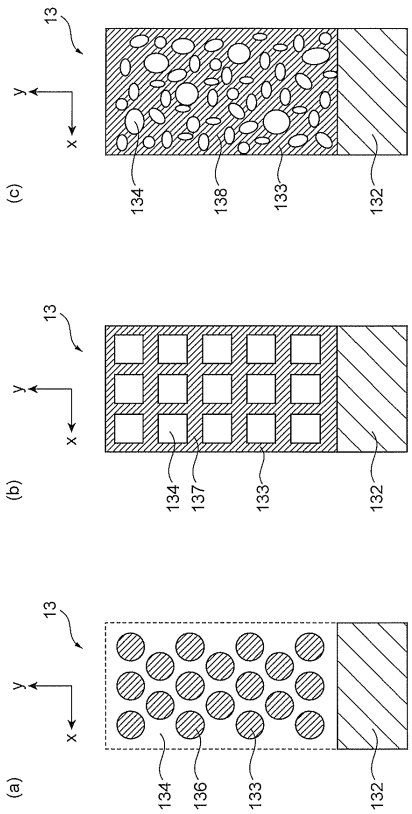
【図７】

図７



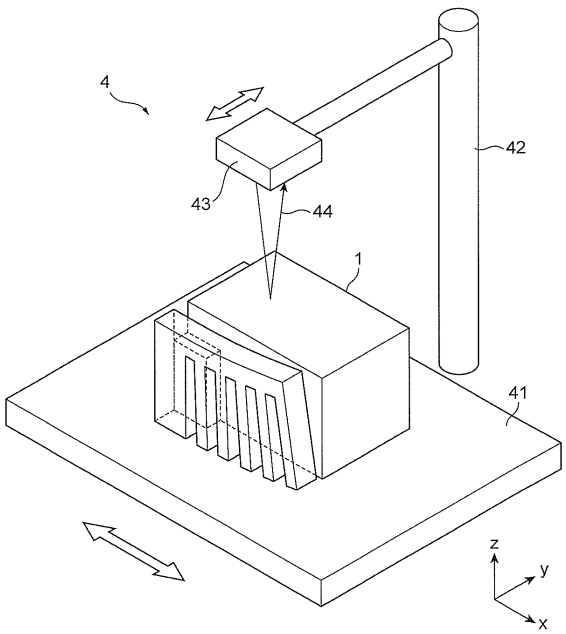
【図８】

図８



【図９】

図９



【図１０】

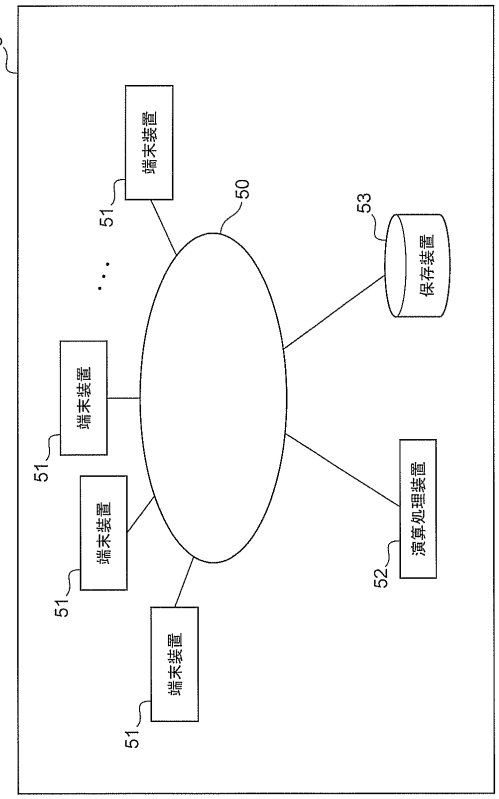
図１０

T1

造形材料	サンプル変形量(mm)		
Mat_A	|D|≦0.26	|D|≦1	|D|≦2
Mat_B	|D|≦0.26	|D|≦1	|D|≦2
Mat_C	|D|≦0.2	|D|≦0.4	|D|≦1
Mat_D	|D|≦0.3	|D|≦1.2	|D|≦2.4
・・・	・・・	・・・	・・・
寸法品質等級	A	B	C

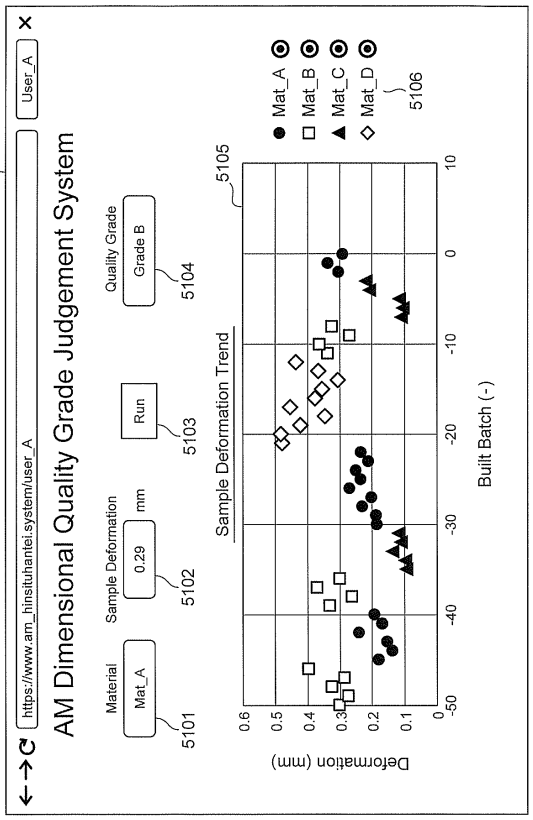
【図１１】

図１１



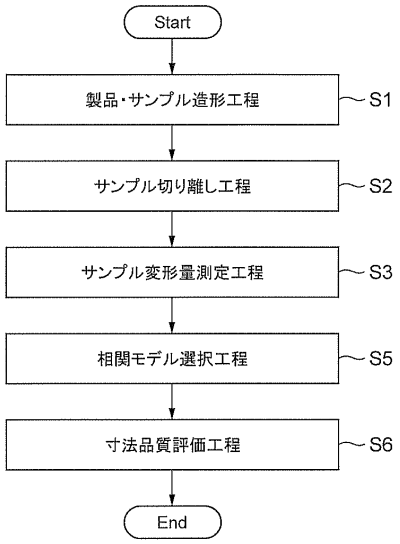
【図１２】

図１２



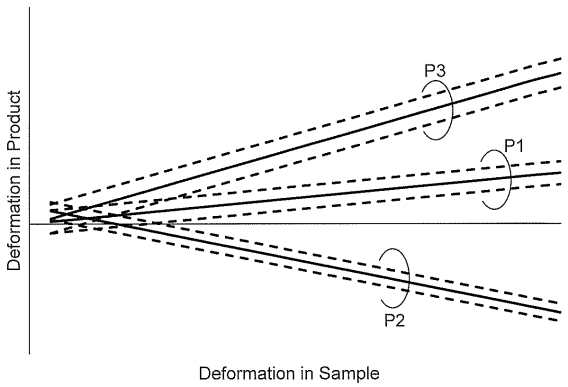
【図１３】

図１３



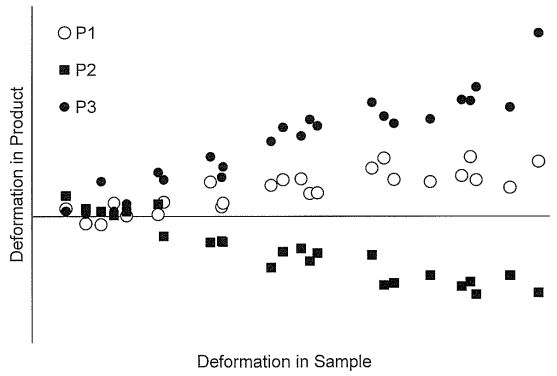
【図１４】

図１４



【図１５】

図１５



【図１６】

図１６

T2

製品	製品変形量の予測値(mm)		
P1	|D|≦0.26	|D|≦1	|D|≦2
P2	|D|≦0.28	|D|≦1.1	|D|≦2.2
P3	|D|≦0.3	|D|≦1.2	|D|≦2.4
P4	|D|≦0.32	|D|≦1.3	|D|≦2.6
P5	|D|≦0.36	|D|≦1.4	|D|≦2.8
・・・	・・・	・・・	・・・
寸法品質等級	A	B	C

【図１７】

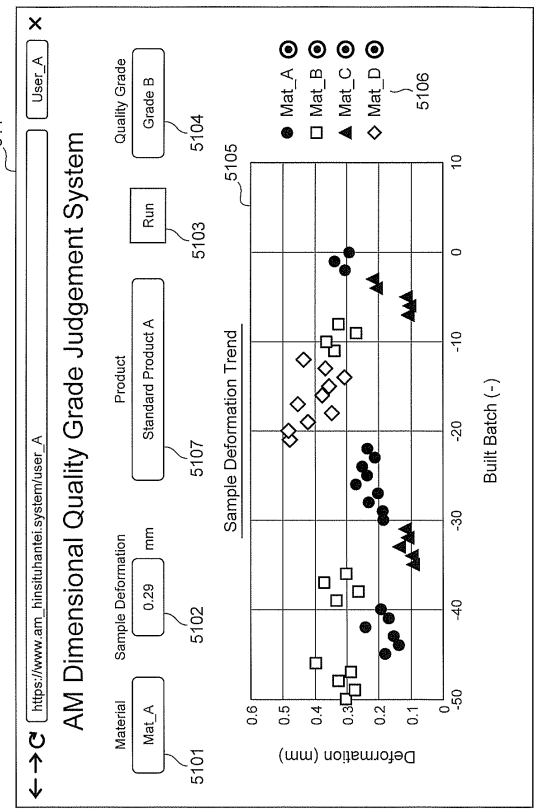
図１７

T3

製品	サンプル変形量(mm)		
P1	|D|≦0.26	|D|≦1	|D|≦2
P2	|D|≦0.28	|D|≦1.1	|D|≦2.2
P3	|D|≦0.3	|D|≦1.2	|D|≦2.4
P4	|D|≦0.32	|D|≦1.3	|D|≦2.6
P5	|D|≦0.36	|D|≦1.4	|D|≦2.8
・・・	・・・	・・・	・・・
寸法品質等級	A	B	C

【図１８】

図１８



フロントページの続き

東京都江東区豊洲五丁目６番３６号 株式会社プロテリアル内

審査官　坂本 薫昭

(56)参考文献　特開２０１９－２１７５１７（ＪＰ，Ａ）
特開２０２０－１７２１０６（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ２２Ｆ １０／００，１２／００
Ｂ２９Ｃ ６４／１０６，６４／２４５，６４／３９３
Ｂ３３Ｙ １０／００，３０／００，５０／０２
Ｇ０１Ｂ ２１／０２