(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第4838354号
(P4838354)
(45)発行日　平成23年12月14日(2011.12.14)　(24)登録日　平成23年10月7日(2011.10.7)

(51)Int.Cl.　F I
B29C 67/00 (2006.01)　B29C 67/00

請求項の数 10　(全 13 頁)

(21)出願番号	特願2009-519429 (P2009-519429)
(86)(22)出願日	平成19年5月14日 (2007.5.14)
(65)公表番号	特表2009-542487 (P2009-542487A)
(43)公表日	平成21年12月3日 (2009.12.3)
(86)国際出願番号	PCT/US2007/011526
(87)国際公開番号	WO2008/008116
(87)国際公開日	平成20年1月17日 (2008.1.17)
審査請求日	平成22年5月14日 (2010.5.14)
(31)優先権主張番号	11/483,020
(32)優先日	平成18年7月7日 (2006.7.7)
(33)優先権主張国	米国(US)

(73)特許権者　595109650
ストラタシス・インコーポレイテッド
ＳＴＲＡＴＡＳＹＳ，　ＩＮＣ．
アメリカ合衆国　５５３４４　ミネソタ州、エデン・プレーリー、マーティン・ドライヴ　１４９５０
(74)代理人　110000578
名古屋国際特許業務法人
(72)発明者　マンネラ　ドミニク
アメリカ合衆国　ミネソタ州　５５３４４　エデン　プレーリー　マーティン　ドライブ　１４９５０　ストラタシス，インコーポレイテッド内

審査官　原田　隆興

最終頁に続く

(54)【発明の名称】金属部品を含む３次元物体の構築方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
押出による積層堆積システムを使用して、一層毎に三次元物体を構築する方法であって、
該方法は、
前記押出による積層堆積システムの構築チャンバ内に金属部品を配置することであって、該金属部品がポリマー被覆表面を備えている、前記押出による積層堆積システムの構築チャンバ内に金属部品を配置することと、
前記押出による積層堆積システムの押出ヘッドから構築材料を押し出すことであって、前記構築材料は、熱可塑性材料を含んでいる、前記押出による積層堆積システムの押出ヘッドから構築材料を押し出すことと、
堆積した構築材料の道筋を形成するために、前記金属部品の前記ポリマー被覆表面上に前記押し出された構築材料を堆積させることであって、前記堆積した構築材料が冷却して前記三次元物体の１つの層の少なくとも一部分を形成し、前記構築材料と前記ポリマー被覆表面との間の接着力が前記構築材料と前記金属部品との間の接着力よりも大きい、前記金属部品の前記ポリマー被覆表面上に前記押し出された構築材料を堆積させることと
を備えていることを特徴とする方法。
【請求項２】
請求項１に記載の方法であって、
前記ポリマー被覆表面は、前記金属部品の外面に付着したポリマー薄膜を備えている

ことを特徴とする方法。
【請求項３】
請求項２に記載の方法であって、
前記ポリマー薄膜は、アクリレート含有ポリマー、アルキドポリマー、エポキシ含有ポリマー、ポリウレタン、及びこれらの組み合わせからなる群から選択された材料を備えている
ことを特徴とする方法。
【請求項４】
請求項１に記載の方法であって、
前記構築材料は、アクリロニトリル－ブタジエン－スチレン、ポリカーボネート、ポリフェニルスルホン、ポリスルホン、ナイロン、ポリスチレン、非晶質ポリアミド、ポリエステル、ポリフェニレンエーテル、ポリウレタン、ポリエーテルエーテルケトン、及びこれらの組み合わせからなる群から選択される
ことを特徴とする方法。
【請求項５】
請求項１に記載の方法であって、
前記構築チャンバ内に前記金属部品を配置することは、先に堆積した前記構築材料の層上に前記金属部品を配置することを備えている
ことを特徴とする方法。
【請求項６】
請求項１に記載の方法であって、
前記押出による積層堆積システムは、前記構築材料が、押出ヘッドによって搬送されるノズルを介して押し出され、Ｘ－Ｙ平面における基板上に、一連の道筋として堆積されて、先に堆積した構築材料と融合し、温度が下がると固化する溶融堆積モデリングシステムを備えている
ことを特徴とする方法。
【請求項７】
請求項１に記載の方法であって、
前記金属部品を前記構築チャンバの動作温度に加熱することをさらに備えている
ことを特徴とする方法。
【請求項８】
請求項１に記載の方法であって、
前記構築材料を堆積させることは、特定のシーケンスで前記構築材料の道筋を堆積するように、前記押出による積層堆積システムに指示する命令群である堆積タイミングシーケンスに少なくとも部分的に基づき、
前記方法は、前記堆積タイミングシーケンス中に一時停止時間を生成することをさらに備えている
ことを特徴とする方法。
【請求項９】
請求項１に記載の方法であって、
前記三次元物体の前記１つの層は、第２の層であり、
前記ポリマー被覆表面上に堆積された前記構築材料は、前記構築材料の第２の部分であり、
前記方法は、さらに、
前記構築チャンバ内に前記構築材料の第１の部分を堆積させることであって、前記構築材料の前記堆積した第１の部分が冷却して前記三次元物体の第１の層を形成する、前記チャンバ内に前記構築材料の第１の部分を堆積させること
をさらに備え、
前記構築チャンバ内に前記金属部品を配置することは、
前記第１の層の第１の部分上に前記金属部品を配置することを備えている

ことを特徴とする方法。
【請求項１０】
請求項９に記載の方法であって、
前記ポリマー被覆表面は、接着力促進高分子材料を備えている
ことを特徴とする方法。
【発明の詳細な説明】
【発明の詳細な説明】
【０００１】
［背景］
本発明は、高速製造システムを使用して、３次元（３Ｄ）物体を構築する方法に関する。具体的には、本発明は、押出による積層製造システムを使用して、金属部品を含む３Ｄ物体を構築する方法に関する。
【０００２】
熱可塑性プラスチック構築材料を押し出すことで、コンピュータ支援設計（ＣＡＤ）モデルから３Ｄ物体を一層毎に構築するのに、押出による積層製造システム（例えば、ミネソタ州　エデン　プレーリーにあるストラタシス，インコーポレイテッドが開発した溶融堆積モデリングシステム）が使用される。構築材料は、押出ヘッドによって搬送されるノズルを介して押し出され、Ｘ－Ｙ平面における基板上に、一連の道筋（ｒｏａｄ）として堆積される。押し出された構築材料は、先に堆積した構築材料と融合し、温度が下がると固化する。その後、基台に対する押出ヘッドの位置がＺ軸（Ｘ－Ｙ平面に対して垂直）に沿って上昇した後、この工程が繰り返されて、ＣＡＤモデルに類似する３Ｄ物体が形成される。
【０００３】
基台に対する押出ヘッドの移動は、３Ｄ物体を表現する構築データに従い、コンピュータ制御下で実行される。最初に３Ｄ物体のＣＡＤモデルを、水平方向にスライスした複数の層にスライスすることにより、構築データが得られる。それから、スライスされた各層毎に、ホストコンピュータが、構築材料の道筋を堆積して３Ｄ物体を形成するための構築パスを生成する。
【０００４】
高速製造技術を使用して構築された３Ｄ物体は、様々な産業用途及び商業用途に使用されている。このような用途の多くでは、金属部品（例えば、金属製のベアリングやブッシング等）をプラスチック製の３Ｄ物体に組み込む必要性が増大している。したがって、信頼性が高く、効率的に、金属部品を含む３Ｄ物体を構築する方法が必要とされている。
［概要］
本発明は、押出による積層堆積システムを使用して一層毎に３次元物体を構築する方法に関する。本方法は、システムの構築チャンバ内に金属部品を配置することを含み、金属部品は、当該金属部品の接着性を高めるポリマー被覆表面を有する。本方法はさらに、金属部品のポリマー被覆表面上に構築材料を堆積することを含み、堆積した構築材料は、冷却して３次元物体の１つの層の少なくとも一部分を形成する。
【図面の簡単な説明】
【０００５】
【図１】押出による積層堆積システムの基板上に配置された、金属部品を含む３Ｄ物体の上面図である。
【図２】図１における切断部２－２の拡大断面図であって、３Ｄ物体における連続した層の間に配置された金属部品を示し、Ｚ軸方向の縮尺が拡大されている拡大断面図である。
【図３】３Ｄ物体を表現する構築データの生成方法のフローチャートである。
【図４】生成された構築データに基づいて３Ｄ物体を構築する方法のフローチャートである。
【発明を実施するための形態】
【０００６】

［詳細な説明］
図１は、押出による積層堆積システム（図示せず）の基板１２上に配置された３Ｄ物体１０の上面図であり、３Ｄ物体１０は、本発明に係る方法にしたがって構築された３Ｄ物体の一例である。図示されているように、３Ｄ物体１０は、最上層１４と金属部品１６とを含み、金属部品１６は、最上層１４と、（図１では図示しない）先に堆積した層との間に挿入される。最上層１４は、Ｘ－Ｙ平面（即ち、図１に示すように、Ｘ軸とＹ軸とで定義される平面）内に広がる固化した熱可塑性構築材料の環状層である。構築材料は、外周道筋１８、内周道筋２０、及び複数の往復ラスター道筋２２として堆積される。
【０００７】
金属部品１６は、金属材料の環状リングであり、上面２４、外径２６、及び内径２８を含み、内径２８は、内部オリフィス３０を規定する。金属部品１６は、本発明に係る方法にしたがって３Ｄ物体に挿入され得る適当な金属部品の一例である。図示されているように、外径２６に隣接する金属部品１６の上面２４の一部は、最上層１４の下に延在する。以下に説明するように、上面２４は、金属部品１６の接着性を高めるポリマー被覆面である。上面２４がポリマー被覆面であることに対応して、金属部品１６の上部上に堆積された構築材料が、上面２４に付着する。
【０００８】
３Ｄ物体１０の製造中、金属部品１６は、先に堆積した層の上に（手動で、又は自動的に）挿入される。構築材料はその後、外周道筋１８、内周道筋２０、及びラスター道筋２２として堆積され、上面２４上及び先に堆積された層上に最上層１４を形成する。
【０００９】
非被覆金属部品の場合、堆積された、構築材料の道筋は、金属部品の上面に充分に付着しない。堆積された、構築材料の道筋が、金属部品の上面に充分に付着しないのは、例えば、構築材料の熱収縮によるせん断効果や、金属部品の表面上に形成される炭化水素及び／又は水の層、そして、構築材料と金属部品の表面との間の反発するファンデルワールス力等の、様々な要因による。
【００１０】
接着力が低いと、堆積した道筋は金属表面一面に汚れ及び引っ張りを生じ、その任意の層の形成を妨げ、後に堆積する層に干渉する。例えば、構築材料の道筋が任意の金属表面一面に汚れ及び引っ張りを生じた場合、その層は適切に形成されず、後に形成される層の作用面として機能できない。これにより、金属部品上に後で形成される層の適切な形成が有効に妨げられるので、対応するＣＡＤモデルと一致せず且つ美的に問題のある３Ｄ物体が得られる。
【００１１】
しかしながら、対照的に、上面２４にポリマー被覆表面を用いれば、金属部品１６の接着性が向上する。金属部品１６の接着性が高まることにより、堆積した構築材料の道筋が上面２４に付着するため、堆積した道筋は意図した構築パスに沿って維持される。本明細書で使用される「接着性の向上」及び「接着力の向上」等の用語は、金属部品１６の上面２４の表面エネルギーの向上を意味し、表面エネルギーの向上は化学結合、イオン結合、機械的結合（かみ合いや摩擦等）、及びこれらの組み合わせによってもたらされ得る。
【００１２】
１つの実施形態では、上面２４のポリマー被覆表面が堆積した構築材料の熱エネルギーも拡散するため、構築材料の熱収縮を低減する。この熱収縮の低減はせん断効果を抑え、さらに、堆積した構築材料の道筋と金属部品１６との間の接着力も高め得る。
【００１３】
以下に説明するように、本発明の方法により、ポリマー被覆表面（即ち、上面２４）を用いて、３Ｄ物体１０を構築することができる。ポリマー被覆表面を用いることにより、ＣＡＤモデルから生成された構築データに従って、金属部品１６を伴った３Ｄ物体１０を構築することができる。
【００１４】

図２は、図１中の切断部２－２の拡大断面図であり、説明を容易にするためにＺ軸方向の縮尺を拡大している。図２に示すように、３Ｄ物体１０は、基板１２上に堆積した構築材料の連続した層である、層３２，３４，３６，３８も含んでいる。金属部品１６は、層１４，３４の間に垂直方向に配置されるとともに、層３６，３８内に円周方向に配置される。

【００１５】

金属部品１６の上面２４は、金属表面４０とポリマー薄膜４２とを含み、ポリマー薄膜４２は金属表面４０の少なくとも一部分に付着している。好ましくは、ポリマー薄膜４２は、少なくとも金属表面４０の部分上に配置され、金属表面４０の上には最上層１４が形成される。ポリマー薄膜４２が少なくとも金属表面４０の部分上に配置されることにより、上面２４一面に汚れ又は引っ張りを生じることなしに、最上層１４を形成する構築材料の道筋を意図した構築パスに沿って堆積させることができる。

【００１６】

ポリマー薄膜４２は組成的に、接着力促進高分子材料を含み、接着力促進高分子材料は金属部品１６の接着性を高める高分子材料である。他の実施形態では、金属部品１６は、金属表面４０に対向する（図２では金属表面４４として示されている）金属表面上に配置される（図示しない）第２薄膜も含む。第２薄膜は、組成的に、ポリマー薄膜４２と同じ接着力促進高分子材料を含んでもよいし、他の種類の接着材料を含んでもよい。第２薄膜により、金属部品１６と層３４との間の接着力が向上するため、金属部品１６と層３４との間の層間剥離のリスクが低減する。

【００１７】

図２において、金属部品１６は、平面の上面２４を有するように示されているが、金属部品１６は、曲がった、及び／又は地形的特徴を含む上面を含んでもよい。例えば、押出による積層製造システム（溶融堆積モデリングシステム等）を使用する場合、構築工程中に、システムの押出ヘッドを金属部品に接触させることなく、任意の金属部品の上面を、Ｘ－Ｙ面から約４５°以下の角度で延在させてもよい。さらに、システムの押出ヘッドは、Ｚ軸に対して任意の角度をなして配置されてもよいため、押出ヘッドは、構築材料を堆積させながら金属部品の周りを水平方向に移動できる。

【００１８】

図３は、３Ｄ物体１０を表現する構築データを生成する方法４６のフローチャートである。以下の説明は３Ｄ物体１０に関するが、方法４６は、１つ以上の金属部品を含む様々な３Ｄ物体のデザインを表現する構築データを生成するのに適している。方法４６はステップ４８～６０を含み、最初に３Ｄ物体１０のＣＡＤモデルを（図示しない）ホストコンピュータに供給することを含む（ステップ４８）。

【００１９】

ホストコンピュータはその後、ＣＡＤモデルのどこに金属部品１６が位置しているのかを特定する（ステップ５０）。例えば、ホストコンピュータは、金属部品１６を特定するデータのためにＣＡＤモデルを走査してもよい。あるいは、ユーザーがホストコンピュータを操作し、ＣＡＤモデルにおける金属部品１６に関するデータ点を手動で特定してもよい。複数の金属部品を含む３Ｄ物体の場合、金属部品毎にステップ５０を繰り返してもよい。

【００２０】

金属部品１６の位置がいったん特定されると、ホストコンピュータはその後ＣＡＤモデルをＸ－Ｙ平面に配向された複数のスライスされた層にスライスする（ステップ５２）。これらのスライスされた層は、金属部品１６の特定された位置の周囲で生成され、Ｚ軸方向に金属部品１６と実質的に同じ高さとなるように生成されることが望ましい。例えば、図２において上述に示したように、Ｚ軸方向の層３６，３８を合わせた厚さは、（ポリマー薄膜４２を含み、金属部品１６の熱膨張を考慮に入れた）金属部品１６の厚さと実質的に同じである。Ｚ軸方向の層３６，３８を合わせた厚さが金属部品１６の厚さと実質的に同じであることにより、構築工程中に、後の層（最上層１４等）が垂直方向にずれてしま

うリスクが低減される。

【００２１】

スライスされた層が生成された後、ホストコンピュータは、生成された、スライスされた各層の構築パスを生成する（ステップ５４）。生成された構築パスは、スライスされた各層のために堆積させる構築材料の道筋（外周道筋１８、内周道筋２０、及びラスター道筋２２等）に対応し、ベクター座標位置又はラスター座標位置と堆積タイミングシーケンスとを含んでいる。

【００２２】

堆積タイミングシーケンスは、特定のシーケンスで構築材料の道筋を堆積するように、押出による積層堆積システムに指示する命令群である。スライスされた各層に関して、堆積タイミングシーケンスは、一般的に、最初に周囲道筋（外周道筋１８及び内周道筋２０等）を堆積して各層の周囲を形成した後、ラスター道筋（ラスター道筋２２等）を堆積してこれらの層の内部領域を充填することを含む。また、堆積タイミングシーケンスは、先に堆積した層の上部上に連続した層を垂直方向に構築することによって、層３２～３８及び最上層１４を順に構築するようにシステムに指示する。

【００２３】

層がいったんスライスされると、ホストコンピュータはその後、構築工程中に金属部品１６を挿入するために、堆積タイミングシーケンスにおける一時停止時間を生成する（ステップ５６）。本例では、一時停止時間は、少なくとも層３４が形成された後であって、最上層１４が形成される前に、堆積タイミングシーケンスに挿入される。少なくとも層３４が形成された後であって、最上層１４が形成される前に一時停止時間が堆積タイミングシーケンスに挿入されることにより、後の堆積を行う前に、金属部品１６を層３４上に配置するための時間が提供される。一時停止時間は、層３６，３８が堆積された後に挿入されてもよいため、金属部品１６を層３６，３８内に円周方向に挿入することができる。複数の金属部品を含む３Ｄ物体の場合、ステップ５６を金属部品毎に繰り返してもよいため、複数の一時停止時間が堆積タイミングシーケンスにおいて生成される。

【００２４】

挿入された一時停止時間は、層３４上部の所望の位置に金属部品１６を配置するために十分な時間を提供することが望ましい。１つの実施形態において、一時停止時間は、押出による積層堆積システムの動作温度（即ち、３Ｄ物体１０が構築される構築チャンバの動作温度）位まで金属部品１６を加熱するための追加時間分も提供する。金属部品１６を加熱することにより、ポリマー薄膜４２の延性が向上し、後の層（最上層１４等）を堆積する前に金属部品１６を熱膨張させることができる。

【００２５】

他の実施形態では、一時停止時間は、金属部品１６の位置を走査（光学式走査等）し、金属部品１６がＸ－Ｙ平面における層３４上に正確に配置されていることを確認するための追加時間分も提供する。例えば、一時停止時間は、スキャナーが構築チャンバ内を動き回り、Ｘ－Ｙ平面における金属部品１６の位置を確認するのに十分な時間を含んでもよい。さらに、走査により、金属部品１６がＸ－Ｙ平面において誤って位置していることが検出された場合、Ｘ－Ｙ平面における金属部品１６の位置を（手動で、又は自動的に）補正するのに適切な時間分、一時停止時間を増加させてもよい。一時停止時間を増加させることにより、金属部品１６の位置がずれて、さらに後の層の形成が干渉されるリスクが低減される。

【００２６】

一時停止時間が生成された後、スライスされた層の生成された構築パス、及び堆積タイミングシーケンスに挿入された一時停止時間の少なくとも一部に基づき、ホストコンピュータは３Ｄ物体１０を表現する構築データを生成する（ステップ５８）。構築データは、３Ｄ物体１０の張り出し部分を支持するための支持構造に対応して生成された構築パスをさらに含んでもよい。その後、生成された構築データに基づいて３Ｄ物体１０を構築するために、ホストコンピュータは押出による積層堆積システムと通信する（ステップ６０）

。
【００２７】
方法４６は図３に示された順序を有するように上述したが、その代わりに、方法４６は、様々なステップ順序で実行されてもよい。例えば、ステップ５０における金属部品１６の位置は、ステップ５２，５４のうちの一方、あるいは双方が実行された後に実行されてもよい。さらに、方法４６は、任意の３Ｄ物体の上面又は底面に配置される金属部品用に変更されてもよい。これらの実施形態では、構築材料の層が形成される前又は後に金属部品を配置するので、堆積タイミングシーケンスにおける一時停止時間は不要である。
【００２８】
図４は、３Ｄ物体１０を表現する生成された構築データに基づいて３Ｄ物体１０を構築するための方法６２のフローチャートである。以下の説明は３Ｄ物体１０に関するものであるが、方法６２は様々な種類の生成された構築データに基づいて３Ｄ物体を構築するのにも適している。方法６２は、ステップ６４～７２を含み、押出による積層堆積システムを使って実行される。適切な押出による積層堆積システムの例としては、ミネソタ州エデン プレーリーにあるストラタシス，インコーポレイテッドから商品名「ＦＤＭ」で市販されている溶融堆積モデリングシステムが挙げられる。
【００２９】
方法６２は、まず、基板１２上に構築材料を堆積して、１つ以上の連続した層（層３２，３４，３６，３８等）を形成することを含む（ステップ６４）。その後、堆積工程は、堆積タイミングシーケンスにおいて生成された一時停止時間に従って一時停止される（ステップ６６）。堆積工程が一時停止されている間、金属部品１６は、Ｘ－Ｙ平面における、層３４上の所望の位置に挿入される（ステップ６８）。金属部品１６の挿入は、様々な方法で実行されてもよい。例えば、ユーザーは、金属部品１６を手動で層３４上に配置してもよい。層３６，３８を先に形成すれば、層３６，３８の円周内部内に金属部品１６を挿入することによって、Ｘ－Ｙ平面における金属部品１６の位置調整を行うのにユーザーの助けとなり得る。
【００３０】
ユーザーは、堆積システムの構築チャンバ内に手を伸ばして層３６，３８の円周内部内に金属部品１６を挿入することで、金属部品１６を手動で層３４上に配置してもよい。あるいは、ユーザーは、基板１２及び部分的に形成された３Ｄ物体１０を取り外した後、金属部品１６を挿入してもよい。この技術の使用に適した取り外し可能な基板の例は、ダン（Ｄｕｎｎ）らの米国特許出願公開公報２００５／０１７３８５５号に開示されている。
【００３１】
さらに、押出による積層堆積システムは、層３４上に金属部品１６を配置するための自動システムを含んでいてもよい。例えば、堆積システムは、Ｘ－Ｙ平面において層３４上に金属部品１６を高い精度で配置する、コンピュータで制御されるロボットアームを含んでいてもよい。この例では、層３６，３８の熱可塑性材料が、固化する前に金属部品１６の外径２６に対して流れることができるように、金属部品１６を層３４上に配置した後に層３６，３８を堆積させることが望ましい。このように層３６，３８を堆積させることにより、金属部品１６と層３６，３８との間の界面に多孔質空洞が生じるリスクが低減される。
【００３２】
Ｘ－Ｙ平面における層３４上の所望の位置に金属部品１６を挿入した後、金属部品１６を押出による積層堆積システムの動作温度まで加熱することができる（ステップ７０）。上述のように、堆積タイミングシーケンスにおいて生成された一時停止時間は、金属部品１６を加熱するための期間を含んでもよい。時間的に適切な期間は、金属部品１６の体積、表面積、及び材料によって変わるものと推測され、小型の金属部品の場合には、通常、約３０秒～約１０分の範囲に及ぶ。金属部品１６を加熱すると、ポリマー薄膜４２の延性が向上し、後の層を堆積させる前に金属部品１６が熱膨張する。
【００３３】

別の実施形態では、層３４上に挿入する前に金属部品１６を動作温度まで予熱してもよい。例えば、基板１２からオフセットされた位置で、堆積システムの構築チャンバ内に金属部品１６を残すことによって、金属部品１６を使用前に加熱できるようにしてもよい。あるいは、金属部品１６を外部の位置（外部のオーブン等）で予熱した後に、金属部品１６が実質的に冷却する前に金属部品１６を迅速に層３４上に配置してもよい。金属部品１６を予熱することにより、構築工程中にステップ７０を実行するのに必要な時間が削減され、全体的な構築時間が短縮される。

【００３４】

金属部品１６が挿入され、一時停止時間が終了すると、金属部品１６及び先に堆積した層の上部上に後の層（最上層１４等）が堆積される（ステップ７２）。上述のように、ポリマー薄膜４２は、金属部品１６の接着性を向上させる。金属部品１６の接着性が向上することにより、上面２４一面に汚れ又は引っ張りを生じることなく、最上層１４を形成する構築材料の道筋（即ち、内周道筋２０及びラスター道筋２２）を、意図した構築パスに沿って堆積させることができる。

【００３５】

単一の金属部品（即ち、金属部品１６）を挿入する場合について方法６２を上述したが、複数の金属部品を同様に挿入するために、方法６２を変更してもよい。具体的には、（極めて細い矢印７４で表されているように、）ステップ６６～７２は、挿入された金属部品毎に繰り返される。さらに、方法６２は、任意の３Ｄ物体の上面又は底面に配置される金属部品用に変更されてもよい。例えば、３Ｄ物体の底面に金属部品が配置される場合、構築材料の最下層を形成する前に金属部品を基板１２上に配置してもよい。その後、上述のように、配置された金属部品及び基板１２の上部上に、構築材料の層を形成する。あるいは、金属部品が３Ｄ物体の上面に配置される場合、上述のように、構築材料の層が基板１２の上部上に形成された後、堆積工程の完了後に、金属部品を最上層上に挿入する。

【００３６】

構築材料に適した材料の例としては、アクリロニトリル－ブタジエン－スチレン（ＡＢＳ）、ポリカーボネート、ポリフェニルスルホン、ポリスルホン、ナイロン、ポリスチレン、非晶質ポリアミド、ポリエステル、ポリフェニレンエーテル、ポリウレタン、ポリエーテルエーテルケトン、及びこれらの共重合体、これらの組み合わせ等の、あらゆる種類の押出可能な熱可塑性材料が挙げられる。金属部品１６に適切な材料の例としては、スチール、鉄、青銅、黄銅、ニッケル、金、銀、及びこれらの合金等の、あらゆる種類の金属材料が挙げられる。

【００３７】

上述のように、ポリマー薄膜４２は、上面１４における金属部品１６の接着性を向上させる、接着力促進高分子材料から生成される。ポリマー薄膜４２に適した接着力促進高分子材料の例としては、アクリレート含有ポリマー、アルキドポリマー、エポキシ含有ポリマー、ポリウレタン、及びこれらの組み合わせが挙げられる。また、適切な接着力促進高分子材料は、これらの材料の架橋物も含み、架橋（即ち、硬化）により、材料の接着力促進性が付与され、もしくは向上する。

【００３８】

ポリマー薄膜４２に特に適した接着力促進高分子材料の例としては、アクリレート含有ポリマー、及びその架橋物が挙げられる。適切なアクリレート含有ポリマーは、シアノメタクリル酸、シアノアクリレート、メタクリル酸メチル、メタクリル酸エチル、メタクリル酸ｎ－ブチル、アクリル酸メチル、アクリル酸エチル、アクリル酸ｎ－ブチル、アクリル酸イソオクチル、アクリル酸イソノニル、アクリル酸２エチルヘキシル、アクリル酸デシル、アクリル酸ドデシル、アクリル酸ｎ－ブチル、アクリル酸ヘキシル、及びこれらの共重合体等の、アクリレート単量体の重合体を含む。

【００３９】

金属表面４０上へ接着力促進高分子材料を被覆し、その接着力促進高分子材料を乾燥させてポリマー薄膜４２を形成することにより、上面２４（即ち、ポリマー被覆表面）を形

成してもよい。スプレーコーティング、ナイフコーティング、押出コーティング、及びこれらの組み合わせ等の様々な方法で、金属表面４０上に接着力促進高分子材料を被覆してもよい。

【００４０】

金属表面４０上の接着力促進高分子材料を乾燥させる技術は、接着力促進高分子材料の化学的性質によって変わってもよい。適切な乾燥技術の例としては、温度上昇の有無にかかわらず適切な持続時間で行われるガス乾燥（空気乾燥等）、縮合硬化、熱硬化、放射線硬化（紫外線硬化等）、及びこれらの組み合わせが挙げられる。乾燥後のポリマー薄膜層の適切な厚さは、約０．０１μｍ～約５０μｍの範囲である。乾燥により高分子材料が金属表面４０に結合（化学結合、イオン結合、及び機械的結合等）するので、ポリマー薄膜４２が金属表面４０に固定される。上述のように、乾燥後、構築工程で金属部品１６を用い、方法４６，６２に従って３Ｄ物体１０を形成してもよい。

［実施例］

本発明の範囲内における数々の変更及び変形が当業者にとって明らかになるものと思われるため、例示することのみを意図した以下の実施例において、本発明をさらに詳細に説明する。

（実施例１，２、及び比較例Ａ）

実施例１，２、及び比較例Ａの３Ｄ物体の構築特性は、以下の手順に従って、定性的にそれぞれ測定された。ミネソタ州エデン プレーリーのストラタシス，インコーポレイテッドから商品名「ＦＤＭ」で市販されている溶融堆積モデリングシステムの基板上に、第１の一連の層を形成した。この層は、ストラタシス，インコーポレイテッドから商品名「ＩＮＳＩＧＨＴ」で市販されている制御ソフトウェアを使用して、構築データに従って白いＡＢＳの道筋を堆積させることにより、形成された。

【００４１】

第１の一連の層を形成した後、堆積工程を一時停止し、金属部品を挿入した。使用した金属部品は、一般的に上述の図１に示された形状を有するスチール製フェンダーワッシャであり、外径３１．７５ミリメータ（ｍｍ）（即ち、１．２５０インチ）、内径８．５１ｍｍ（即ち、０．３３５インチ）、及び厚さ１．２７ｍｍ（即ち、０．０５０インチ）を有していた。実施例１，２、及び比較例Ａの金属製ワッシャはそれぞれ、上面及び底面を含んでいた。実施例１，２、及び比較例Ａの各金属製ワッシャの底面は、金属製ワッシャを構築材料の第１の一連の層に固定するために、シアノアクリレート接着剤（即ち、クレイジーグルー）で被覆された。

【００４２】

比較例Ａの金属製ワッシャの上面は未処理であった。実施例１，２の金属製ワッシャの上面を予熱して、アクリルーポリマー薄膜を有するポリマー被覆表面を形成した。実施例１の金属製ワッシャの上面は、イリノイ州ヴァーノン ヒルズのラストーオリウム コーポレイションから商品名「ＲＵＳＴ－ＯＬＥＵＭ ＰＡＩＮＴＥＲ’Ｓ ＴＯＵＣＨ」＃１９０１ Ｃｌｅａｒ Ｇｌｏｓｓ Ｍｕｌｔｉ－Ｐｕｒｐｏｓｅ Ｐａｉｎｔとして市販されているエアゾールアクリルポリマーで吹き付け被覆した。この被覆は、乾燥するように１５分間室温下に放置された。実施例２の金属製ワッシャの上面は、ラストーオリウム コーポレイションから商品名「ＲＵＳＴ－ＯＬＥＵＭ ＣＲＹＳＴＡＬ ＣＬＥＡＲ」＃７７０１ Ｅｎａｍｅｌとして市販されているエアゾールアクリルポリマーで吹き付け被覆した。この被覆も、乾燥するように１５分間室温下に放置された。

【００４３】

実施例１，２、及び比較例Ａのそれぞれの金属製ワッシャは、その後、第１の一連の層上に挿入された。シアノアクリレート接着剤が第１の一連の層の最上層に金属製ワッシャを固定することで、金属製ワッシャの移動を防いだ。堆積工程がその後再開され、金属製ワッシャの上部及び第１の一連の層の最上層の上に、１つの層が堆積された。その結果得られた３Ｄ物体を、その後、堆積システムから取り出し、ＡＢＳが堆積した道筋の構築パスを目視検査した。

【００４４】
比較例Ａの３Ｄ物体におけるＡＢＳが堆積した道筋は、金属製ワッシャの上面一面に汚れ及び引っ張りを生じた。従って、金属製ワッシャ上に堆積したＡＢＳの層は、金属部品の上面に適切に付着せず、後に形成される構築材料の層に干渉するであろう。
【００４５】
対照的に、実施例１，２の３Ｄ物体におけるＡＢＳが堆積した道筋は、意図した構築パスを保持した。金属製ワッシャの上部上に堆積したＡＢＳの道筋は、視覚的に、第１の一連のＡＢＳ層の最上層上に堆積したＡＢＳの道筋と実質的に同じに見えた。このように、実施例１，２の金属製ワッシャの上面上に配置されたポリマー薄膜が、金属製ワッシャの接着性を向上させることで、金属製ワッシャ上に堆積したＡＢＳ層を所望通りに形成できた。金属製ワッシャ上に堆積したＡＢＳ層を所望通りに形成できたことにより、結果として得られる３Ｄ物体を、押出による積層堆積システムを使って、意図した構築データに基づいて構築することができるであろう。
（実施例３、及び比較例Ｂ，Ｃ）
実施例３、及び比較例Ｂ，Ｃの３Ｄ物体の構築特性は、以下の手順に従って、定性的にそれぞれ測定された。ミネソタ州エデン プレーリーにあるストラタシス，インコーポレイテッドから商品名「ＦＤＭ」で市販されている溶融堆積モデリングシステムの基板上に、第１の一連の層を形成した。この層は、ストラタシス，インコーポレイテッドから商品名「ＩＮＳＩＧＨＴ」で市販されている制御ソフトウェアを使用して、構築データに従って白いＡＢＳの道筋を堆積させることにより、形成された。
【００４６】
第１の一連の層を形成した後、堆積工程を一時停止して、金属部品を挿入した。使用した金属部品は、上面と底面とを含む正方形片の金属箔（５．１センチメートル×５．１センチメートル）であった。比較例Ｂの金属箔の底面は、構築材料の第１の一連の層に金属箔を固定するために、溶接促進（ｐｒｏ－ｗｅｌｄ）接着剤で被覆した。
【００４７】
比較例Ｂにおける金属箔の上面は未処理であった。実施例３及び比較例Ｃにおける金属箔の上面及び底面はそれぞれ、ウィスコンシン州サセックスにあるポクシープラス，インコーポレイテッドから商品名「ＰＯＷＥＲ　ＰＯＸＹ　ＦＯＲ　ＰＲＯＳ」で市販されている工業用エポキシポリマー材料で被覆した。
【００４８】
実施例３、及び比較例Ｂ，Ｃのそれぞれにおける金属箔は、その後、第１の一連の層上に挿入された。溶接促進被覆（比較例Ｂ）及びエポキシ被覆（実施例３及び比較例Ｃ）により、それぞれの金属箔を第１の一連の層の最上層に固定することで、金属箔の移動を防いだ。また、実施例３における金属箔は、堆積工程が再開される前に、硬化するように構築チャンバ内に３０分間放置された。しかしながら、比較例Ｂ，Ｃでは、金属箔が第１の一連の層の最上層に固定された直後に、堆積工程を再開した。金属箔が第１の一連の層の最上層に固定された直後に堆積工程を再開したことで、比較例Ｃに使用されたエキポシーポリマー材料は、堆積工程が再開される前に硬化を阻まれた。
【００４９】
実施例３、及び比較例Ｂ，Ｃのそれぞれについて、再開された堆積工程により、単一の構築材料の層が、金属箔の上部上及び第１の一連の層の最上層上に堆積した。その後、結果として得られた３Ｄ物体を堆積システムから取り出して、堆積したＡＢＳの道筋の構築パスを目視検査した。
【００５０】
比較例Ｂの３Ｄ物体におけるＡＢＳが堆積した道筋は、金属箔の上面一面に汚れ及び引っ張りを生じていた。従って、金属箔上に堆積したＡＢＳの層が金属部品の上面に適切に付着しなかったので、後に形成される構築材料の層に干渉するであろう。同様に、比較例Ｃの３Ｄ物体におけるＡＢＳが堆積した道筋も、金属箔の上面に適切に付着しなかった。堆積した道筋は、金属箔の上面一面に汚れ及び引っ張りを生じていた。

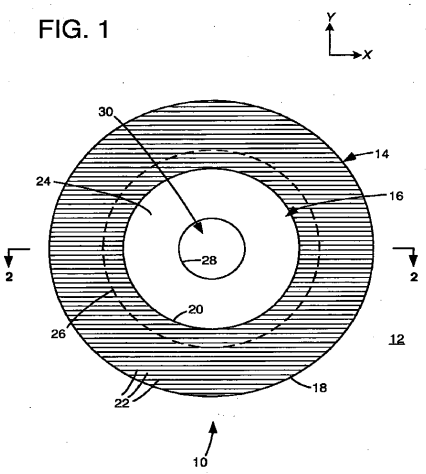
【００５１】

対照的に、実施例３の３Ｄ物体におけるＡＢＳが堆積した道筋は、意図した構築パスを保持した。金属箔の上部上に堆積したＡＢＳの道筋は、視覚的に、第１の一連のＡＢＳ層の最上層上に堆積したＡＢＳの道筋と実質的に同じに見えた。このように、金属箔の上面上に配置したエポキシ－ポリマー薄膜が、硬化後、金属箔の接着性を向上させたため、ＡＢＳの層を所望通りに形成することができた。実施例３と比較例Ｂとを比較すると、特定の材料を硬化して接着性促進特性を得ることの利点が示され、硬化されない材料の場合は、金属部品の接着性が向上しない。このように、接着力促進高分子材料を使用することにより、押出による積層堆積システムを使用して、意図した構築データに基づき、結果として得られる３Ｄ物体を構築することができる。

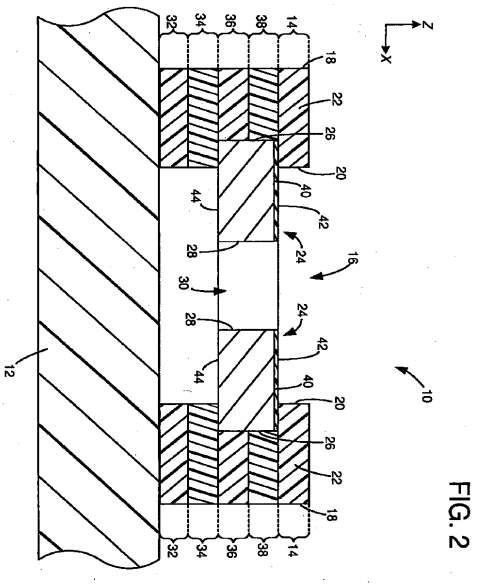
【００５２】

好ましい実施形態を参照して本発明の説明をしてきたが、当業者であれば、本発明の精神及び範囲から逸脱することなく、形態及び細部の変更が可能であることがわかるであろう。

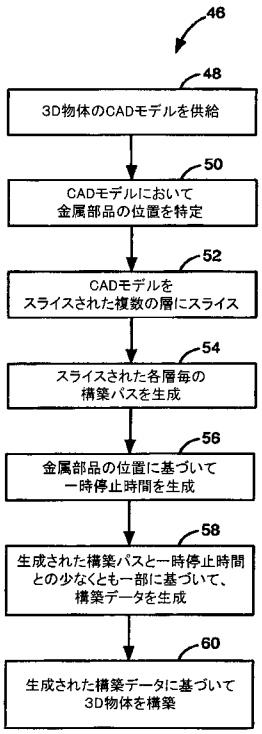
【図１】



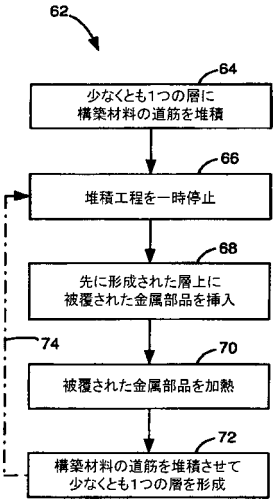
【図２】



【図３】


46
48
3D物体のCADモデルを供給
50
CADモデルにおいて
金属部品の位置を特定
52
CADモデルを
スライスされた複数の層にスライス
54
スライスされた各層毎の
構築パスを生成
56
金属部品の位置に基づいて
一時停止時間を生成
58
生成された構築パスと一時停止時間
との少なくとも一部に基づいて、
構築データを生成
60
生成された構築データに基づいて
3D物体を構築

【図４】


62
64
少なくとも1つの層に
構築材料の道筋を堆積
66
堆積工程を一時停止
68
先に形成された層上に
被覆された金属部品を挿入
74
70
被覆された金属部品を加熱
72
構築材料の道筋を堆積させて
少なくとも1つの層を形成

フロントページの続き

(56)参考文献 特表２００４－５３２７５３（ＪＰ，Ａ）
特表２００９－５２５２０７（ＪＰ，Ａ）
特表２００５－５３１４３９（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－３００８３８（ＪＰ，Ａ）
米国特許第６９５５０２３（ＵＳ，Ｂ２）
米国特許出願公開第２００４／００４３１６９（ＵＳ，Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
B29C 67/00