

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-41219
(P2005-41219A)

(43) 公開日 平成17年2月17日(2005.2.17)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
B 2 9 C 67/00	B 2 9 C 67/00	4 F 2 1 3
// B 2 9 K 45:00	B 2 9 K 45:00	
B 2 9 K 63:00	B 2 9 K 63:00	
B 2 9 K 75:00	B 2 9 K 75:00	

審査請求 有 請求項の数 10 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2004-207002 (P2004-207002)	(71) 出願人	503003854 ヒューレット・パッカー ド デベロップメント カンパニー エル. ピー. アメリカ合衆国 テキサス州 77070 ヒューストン 20555 ステイト ハイウェイ 249
(22) 出願日	平成16年7月14日 (2004. 7. 14)	(74) 代理人	100075513 弁理士 後藤 政喜
(31) 優先権主張番号	10/623270	(74) 代理人	100084537 弁理士 松田 嘉夫
(32) 優先日	平成15年7月18日 (2003. 7. 18)	(74) 代理人	100078053 弁理士 上野 英夫
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100120260 弁理士 飯田 雅昭

最終頁に続く

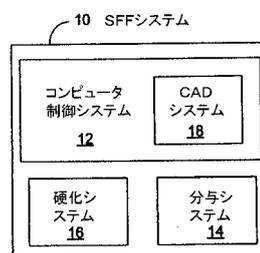
(54) 【発明の名称】 固体自由形状組立システムおよび3次元物体を製造するための方法

(57) 【要約】

【課題】 構築材料と開始剤とを別個に収納し別個に分与するシステムにより固体自由形状組立の自由度を向上する。

【解決手段】 3次元物体を製造するための固体自由形状組立システム(10)は、放射線開始剤および構築材料を個別に分与するように構成された分与システム(14)と前記放射線開始剤および前記構築材料がそれぞれ分与された後に、前記放射線開始剤および前記構築材料を硬化させるように動作する硬化システム(16)とを備える。放射線開始剤および構築材料は分与システム(14)に個別に収容されている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

3次元物体を製造するための固体自由形状組立システムであって、
放射線開始剤および構築材料を個別に収容しかつ個別に分与するように構成された分与システムと、

前記放射線開始剤および前記構築材料がそれぞれ分与された後に、前記放射線開始剤および前記構築材料を硬化させるように動作する硬化システムと
を備える、固体自由形状組立システム。

【請求項 2】

前記分与システムは、少なくとも1つのインクジェット印刷ヘッドを備えることを特徴とする、請求項 1 に記載の固体自由形状組立システム。 10

【請求項 3】

第1のインクジェット印刷ヘッドが第1の区画に前記放射線開始剤を含み、第2の区画に前記構築材料を含むことを特徴とする、請求項 2 に記載の固体自由形状組立システム。

【請求項 4】

第1のインクジェット印刷ヘッドが前記放射線開始剤を含み、第2のインクジェット印刷ヘッドが前記構築材料を含むことを特徴とする、請求項 2 に記載の固体自由形状組立システム。

【請求項 5】

前記放射線開始剤は紫外線開始剤であることを特徴とする、請求項 1 に記載の固体自由形状組立システム。 20

【請求項 6】

前記紫外線開始剤は、約 200 未満の温度で 70 センチポアズ (7 Pa · s) 未満の粘度を有することを特徴とする、請求項 5 に記載の固体自由形状組立システム。

【請求項 7】

前記構築材料は、アクリル酸化合物、1つあるいは複数のエポキシ置換基を有する化合物、1つあるいは複数のビニルエーテル置換基を有する化合物、ビニルカプロラクタム、ビニルピロリドン、ノルボルネン、ウレタンから成るグループから選ばれた1つおよび複数の組み合わせから選択されることを特徴とする、請求項 1 に記載の固体自由形状組立システム。 30

【請求項 8】

放射線開始剤を配設するステップと、
前記放射線開始剤から分離して別個に構築材料を配設するステップと、
前記放射線開始剤および前記構築材料を構築台上に個別に分与して、前記放射線開始剤および前記構築材料を混合し多要素放射線硬化材料を形成する分与するステップと、
前記多要素放射線硬化材料を硬化させ前記 3次元物体を製造する、硬化させるステップと
を含む 3次元物体を製造するための方法。

【請求項 9】

前記放射線開始剤は紫外線開始剤であることを特徴とする、請求項 8 に記載の 3次元物体を製造するための方法。 40

【請求項 10】

前記分与するステップはさらに、
第1のインクジェット印刷ヘッドから前記放射線開始剤を分与し、第2のインクジェット印刷ヘッドから前記構築材料を分与することを含む請求項 8 に記載の 3次元物体を製造するための方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は概して固体自由形状組立に関し、特に組立に用いる材料の選択における自由度 50

が高い組立システムと組立方法とに関する。

【背景技術】

【0002】

固体自由形状組立 (Solid Freeform Fabrication: SFF) あるいは層製造 (layer manufacturing: LM) は、予め形作られたツール (ダイあるいは型) を用いることなく、任意の複雑な形状の物体を一層一層、あるいは一点一点作りあげる組立技術である。この工程は、所望の物体の幾何学的形状を表現するためのコンピュータ支援設計 (CAD) ファイルを作成することから始まる。SFF技術によって、CAD画像データを3次元物体に直に変換することが可能である。SFF技術は、CADデータベースを検証すること、設計の実現可能性を評価すること、部品の機能性を検査すること、美しさを評価すること、設計の人間工学性を調査すること、ツールおよび固定具の設計を支援すること、概念的なモデルおよび販売/マーケティングツールを作成すること、インベストメント鋳造法のためのパターンを生成すること、製造時の技術変更を減らすか、あるいはなくすこと、小規模の製造工程を提供することなどの応用形態において用いることができる。

10

【0003】

1つのSFF技法は、構築組成物を塗布あるいは堆積して、基本的には1つの層の所定の面積を一点一点に形成することを含む。しかしながら、いくつかの技法 (たとえばインクジェット技術) では多数の点を同時に堆積することもできる。これらの所定の面積は合わせて、CADの幾何学的形状によって画定されるような3次元物体の薄い断面を構成する。その後、一連の層が所定の順序で堆積され、各層が隣接する層に固着されて、一体化された3次元の多層物体が形成される。

20

【0004】

通常、SFFシステムは、インクジェット分与システムなどの分与システム、硬化システムおよび構築台を備える。構築組成物は、インクジェット分与システムの1つの区画内に、開始剤および構築材料の混合物として収容される。構築組成物は、インクジェット分与システムのインクジェット印刷ヘッドから構築台上に分与 (すなわち噴射) される。

【0005】

現時点では、構築組成物が正確に分与されることができるよう、SFF工程において用いられる構築組成物は低粘度 (すなわち、良好に噴射するためには通常20センチポアズ (cps) すなわち2 Pa·s、未満の粘度) の材料に限定される。粘度が高い材料は分与するのが難しいので、粘度は材料を分与する場合の重要なパラメータである。粘度に関連する問題を解消するための1つの方法は、材料を分与する際の温度を上げることである。しかしながら、構築組成物の中には高温において劣化するものもある。さらに、構築組成物を加熱すると、構築組成物が分与される前に重合を開始することもある。それゆえ、噴射温度が高くなると不安定になる高粘度の構築組成物は用いることができない。

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

したがって、本発明の目的は、構築材料と開始剤とを別個に収納し別個に分与するシステムにより上記の問題を解消し、固体自由形状組立の自由度を高めることにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

手短に述べると、本開示の実施形態は3次元物体を製造するための固体自由形状組立 (SFF) システムを含む。1つの例示的なSFFシステムは、とりわけ、分与システムおよび硬化システムを備える。その分与システムは放射線開始剤と構築材料とを分与するように構成される。放射線開始剤および構築材料は分与システム内に個別に収容され、個別に分与される。硬化システムは、それぞれが分与された後に、混合された放射線開始剤および構築材料を硬化させる。

【0008】

3次元物体を製造する方法も提供される。1つの例示的な方法は、とりわけ、放射線開

50

始剤と構築材料を分離して配設すること、放射線開始剤と構築材料とを構築台上に個別に分与して放射線開始剤と構築材料を混合し多要素放射線硬化材料を形成すること、および、多要素硬化材料を硬化して、それにより、3次元物体を形成することを含む。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

本発明の数多くの態様は、添付の図面を参照することによりさらに理解を深めることができる。図面内の構成要素は必ずしも縮尺どおりに描かれていない。さらに、図面において、類似の参照番号はいくつかの図面を通して対応する部品を示す。

【0010】

多要素放射線硬化材料、それを塗布する方法、および多要素放射線硬化材料を用いるためのシステムが提供される。詳細には、それらの実施形態は、固体自由形状組立(SFF)システムおよび方法によって3次元物体を製造する際に多要素放射線硬化材料を用いることに関連する。用語「3次元物体」は、ある程度まで一定の体積および形状を保持するほど十分に硬く、SFFシステムにおいて用いるのに適した物体のことを指す。

【0011】

多要素放射線硬化材料は、限定はしないが、1つあるいは複数の構築材料と1つあるいは複数の放射線開始剤とを含む。多要素放射線硬化材料の一実施形態は、限定はしないが、構築材料および放射線開始剤を含む2構成要素の放射線硬化材料である。

【0012】

多要素放射線硬化材料はSFFシステム内に個別に収容され、構築台上に個別に分与される。このSFFシステムの1つの利点は、従来可能であった温度よりも高い温度で構築材料を分与することを含む。これにより、より高い温度まで構成要素を加熱することによって、より大きな分子量の構成要素の相対的に高い粘度を解消することができるので、そのような構成要素を用いることができるようになる。これに関連して、より大きな分子量の構築材料が用いられる結果として、従来得られていた機械的特性よりも良好な機械的特性を有することになる。さらに、それらの構成要素は個別に収容されるので、構築材料の保管期間が長くなるであろう。

【0013】

図1は、コンピュータ制御システム12と、分与システム14と、従来の硬化システム16とを備える典型的なSFFシステム10のブロック図である。図2は図1に示されるSFFシステム10の斜視図である。コンピュータ制御システム12は、分与システム14、硬化システム16(たとえば、紫外線あるいは可視光線硬化システム)、ならびに任意選択で、位置決めシステムおよび構築台温度制御システムを制御するようになっているプロセス制御システムを含む。さらに、コンピュータ制御システム12は、限定はしないが、コンピュータ支援設計(CAD)システム18あるいは他のSFF CAD関連システムも含む。

【0014】

分与システム14は、限定はしないが、従来のインクジェット技術および従来の塗布技術を含む。ドロップ・オン・デマンド(随時滴下)および連続流インクジェット技術のようなインクジェット技術を用いて、化学組成物を構築台20(図2)上に分与することができる。分与システム14は、複数のインクジェット印刷ヘッド分与器の1つあるいは複数を通して1つあるいは複数の化学組成物を分与する(たとえば、噴射する)ようになっている少なくとも1つの従来のインクジェット印刷ヘッド(たとえば、熱インクジェット印刷ヘッドおよび/または圧電インクジェット印刷ヘッド)を備えることができる。さらに、インクジェット印刷ヘッドは、多要素放射線硬化材料を保持し、かつインクジェット印刷ヘッド分与器に連通することができる複数のインクジェット区画(たとえば、構成要素を収容するための槽(タンク)あるいは井(ウエル))を備えることができる。インクジェット印刷ヘッド分与器を加熱して、粘性の化学組成物を分与しやすくすることができる。たとえば、インクジェット印刷ヘッド分与器は、約200℃まで、好ましくは70~120℃の範囲内で加熱されることができる。

【0015】

一実施形態では、分与システム14は、多要素放射線硬化材料の構成要素毎に個別のインクジェット印刷ヘッドを備える。たとえば、2構成要素の放射線硬化材料は2つのインクジェット印刷ヘッドを備えることができ、1つは放射線開始剤を保持し、もう1つは構築材料を保持する。別の例では、3構成要素の放射線硬化材料は3つのインクジェット印刷ヘッドを備えることができ、第1ヘッドは放射線開始剤を保持し、第2ヘッドは第1の構築材料を保持し、第3ヘッドは第2の構築材料を保持する。多要素放射線硬化材料の構成要素を異なるインクジェット印刷ヘッドに配置することにより、それらの構成要素を異なる温度に加熱でき、それは、構築材料の粘度を高めて構築材料の分与を促進する際に有利である。

10

【0016】

SFFシステム10は、繰り返し層工程によって3次元物体を組立あるいは構成するために用いられる工程に組み込まれることができる。コンピュータ制御システム12は分与器システム14からの出力を制御するように選択的に調整されることができ、それにより繰り返し工程の層毎に各構成要素の厚みおよびパターンが制御される。

【0017】

放射線開始剤および構築材料は種々のパターンで構築台上に分与できるが、そのうちの2つを以下に図4Aおよび図4Bを参照してさらに詳細に説明する。それらのパターンは、限定はしないが、放射線開始剤の層と構築材料の層とが交互に重なる形、放射線開始剤および構築材料からなる格子状の層がオフセットされて交互に重なる形、および放射線開始剤と構築材料とが帯状に交互に配置される形などをとることができる。さらに、2つ以上の印刷ヘッドを用いて、他のパターンも実現可能である。さらに、多要素放射線硬化材料の構成要素のパターンは、分与される構成要素の体積あるいは液滴サイズに応じて変更することができる。これに関連して、構築台20にわたってインクジェット印刷ヘッドを何度も移動させて(たとえば走査して)、多要素放射線硬化材料の構成要素の適当な間隔を達成することができる。

20

【0018】

一般的に、放射線開始剤および構築材料の体積(たとえば液滴)は、約0.1ピコリットル~500ピコリットル、約0.1ピコリットル~100ピコリットル、および約0.1ピコリットル~35ピコリットルである。しかしながら、放射線開始剤および構築材料の所望の吐出体積は、限定はしないが、放射線開始剤の濃度、粘度および化学的特性と、構築材料の濃度、粘度および化学的特性と、構築台の温度と、放射線開始剤と構築材料の比と、所望の解像度(たとえば、600ドロップ/インチ: D P I)と、印刷ヘッド発射室の設計などの多数の要因に依存する。

30

【0019】

多要素放射線硬化材料は、インクジェット技術とともに用いるのに適した化学物質を含む。多要素放射線硬化材料は、多要素紫外線(UV)硬化材料あるいは多要素可視光線硬化材料でもよい。好ましい実施形態は、限定はしないが、UV開始剤および構築材料を含む2構成要素のUV硬化材料である。図3、図4Aおよび図4Bは2構成要素のUV硬化材料を参照するが、同じ原理は多要素放射線硬化材料の場合にも用いられることができる。

40

【0020】

図3は、SFFシステム10を用いて物体を形成するための典型的な方法30を示す流れ図である。ブロック32に示されるように、UV開始剤および構築材料が配設される。詳細には、UV開始剤および構築材料は分与システム14に個別に収容される。たとえば、UV開始剤および構築材料は1つのインクジェット印刷ヘッドの異なる区画に収容されるか、あるいは異なるインクジェット印刷ヘッドに収容される。ブロック34に示されるように、UV開始剤および構築材料は、異なるインクジェット印刷ヘッド分与器を通して、同時にあるいは段階的に分与される。ブロック36に示されるように、UV開始剤および構築材料はSFFシステム10の構築台20上で混合されて、2要素UV硬化材料が形

50

成される。さらに、超音波エネルギーを用いて、UV開始剤および構築材料を混ぜ合わせ、UV開始剤および構築材料の混合を改善することができる。

【0021】

ブロック38に示されるように、UV開始剤および構築材料の1つあるいは複数の層が構築台20上に分与された後に(たとえば同時に、あるいは順次に)、硬化システム16を用いて、2要素UV硬化材料を硬化、あるいは部分的に硬化させることができる。その後、該工程は、対象の物体を層状に製造するために必要に応じて繰り返される。層間の接着を促進するために、製造工程において各層を部分的にのみ硬化させることが有用な場合もある。組立ツールから取り出された後に、その物体をライトボックスに入れることにより、完全に硬化させることができるであろう。さらに、多要素放射線硬化材料の複数の層が構築台20上に分与された後に硬化工程(たとえば、全体照射あるいは走査照射)を実行することができる。さらに、その硬化工程は、放射線開始剤および構築材料が構築台20上に分与されるのに応じて、多要素放射線硬化材料を走査照射することにより概ね同時に実行することもできる。

10

【0022】

図4Aは、構築台20上に構築材料46およびUV開始剤48を層状に分与する工程を示す。構築材料46およびUV開始剤48は、2つの区画44aおよび44bを有する1つのインクジェット印刷ヘッド42から分与される。最初に、構築材料46の層が構築台20上に分与され、その後、UV開始剤48の層が構築材料46の層上に分与される。構築材料46およびUV開始剤48が硬化して層50aが形成される。次に、構築材料46の別の層が硬化した層50a上に分与され、その後、UV開始剤48の別の層が構築材料46の層上に分与される。構築材料46およびUV開始剤48が硬化して層50bが形成される。この工程は、形成目標物体が完成するまで続けられる。構築材料46およびUV開始剤48を分与する順序は変更できる(たとえば、逆にすることができる)ことに留意されたい。

20

【0023】

図4Bは、構築台20上に構築材料46およびUV開始剤48を分与する別の分与工程を示す。構築材料46およびUV開始剤48は、2つの区画44aおよび44bを有する1つのインクジェット印刷ヘッド42から分与される。構築材料46は構築台20上に間隔をおいて分与され、UV開始剤48が構築材料46の間の空間に分与されるようにする。次に、構築材料46およびUV開始剤48が硬化して層62aが形成される。次に、構築材料46が硬化した層62a上に間隔をおいて分与され、UV開始剤48が構築材料46の間の空間に分与されるようにする。構築材料46およびUV開始剤48が硬化して層62bが形成される。この工程は、形成目標物体が完成するまで続けられる。

30

【0024】

一般的に、放射線開始剤および/または構築材料は、インクジェット技術に適合する液体搬送剤(vehicle)によって運ばれ、かつ/またはその中に溶解されることができる。たとえば、液体賦形剤は、限定はしないが、水、溶媒、殺生物剤および金属イオン封鎖剤を含むことができる。

【0025】

一実施形態では、放射線開始剤は、限定はしないが、低分子量の脂肪族炭化水素および芳香族炭化水素のような不活性の揮発性溶媒、揮発性のアルコール、エーテルおよびエステル、ならびに高沸点の可塑剤(たとえば、ジブチルフタレート)のような1つあるいは複数の溶媒内に溶解されることができる。その溶媒は素早く(いくつかの層を堆積するのにかかる時間内に)蒸発するか、あるいは硬化した2構成要素の放射線材料内に永久に留まるほど十分に不揮発性であるかのいずれかであることが望ましい。

40

【0026】

直上に記載された実施形態では、構築台20上に分与される構築材料の体積に対する放射線開始剤の体積は、構築材料が100部に対して放射線開始剤が約1部であるが、いくつかの実施形態では、構築材料が10部に対して放射線開始剤を1部にすることもでき、

50

さらに別の実施形態では、構築材料が1部に対して放射線開始剤を1部にすることができる。構成要素の体積比は、構成要素の液滴体積および/または液滴数によって制御されることができる。

【0027】

他の実施形態では、放射線開始剤は、限定はしないが、低分子量の一官能価のアルキルアクリレートおよびアルキルメタクリレート（たとえば、アリールメタクリレート、イソデシルアクリレートおよびメタクリレート、イソオクチルアクリレート）、ヒドロキシアルキルアクリレートおよびメタクリレート（たとえば、2-ヒドロキシエチルメタクリレート）、グリシジルメタクリレート、イソボルニルアクリレートなどの低反応性モノマー/低粘度モノマーのような溶媒内に溶解されることができる。詳細には、一官能価のモノマー溶媒が放射線開始剤を溶解することが好ましい。なぜなら、一官能価モノマーは、二官能価および三官能価のモノマーよりも良好な安定性を提供し、架橋する可能性が小さいためである。さらに、放射線開始剤のための溶媒として低粘度のモノマーが好ましく、その混合物が低温で分与されるようにすることができる。これらの実施形態では、その溶媒は重合反応に関与し、多要素放射線硬化材料の一部になる。

10

【0028】

直上に記載される実施形態では、構成支持体20上に分与される構築材料の体積に対する放射線開始剤の体積は、構築材料が約100部に対して放射線開始剤が約10~100部になるであろう。一方、他の実施形態では、構築材料が100部に対して放射線開始剤を約50部にすることができる。構成要素の体積比は、構成要素の液滴体積および/または液滴数によって制御されることができる。

20

【0029】

一般的に、放射線開始剤および構築材料は、その化学物質が約200 未満の温度で粘度が70 c p s 未満（すなわち、噴射可能な粘度）であり、好ましくは約100 未満の温度で粘度が20 c p s 未満であるという特性を有する。

【0030】

さらに、放射線開始剤および構築材料は、約100 未満の温度で約5秒~10分以内に「不粘着性の」層を形成するように反応することができるであろう。好ましくは、放射線開始剤および構築材料は、約60 未満の温度で約5秒~1分以内に「不粘着性の」層を形成するように反応することができるであろう。用語「不粘着性」は、結果として生成される材料がもはや触っても粘着しないように架橋/連鎖成長反応が進行している状態と定義される。それは、硬化/連鎖成長が完了したことを意味しない。

30

【0031】

当該分野において知られているように、構築材料の粘度は一般的に、その温度を上げることにより下げられることができる。それゆえ、インクジェット印刷ヘッドを加熱して、構築材料の粘度を下げるることができる。より高い温度を用いることにより、より大きな分子量の粘度の高い材料が構築材料内で用いられることができ、冷却時に中実の3次元物体にさらに望ましい機械的特性を与えることができる。しかしながら、インクジェット印刷ヘッドは、(a)構築材料の沸点、(b)用いられる構築材料が熱分解する温度および(c)構築材料が熱活性化する温度を超える温度まで加熱されるべきではない。

40

【0032】

一般的に、放射線開始剤および/または構築材料は、限定はしないが、着色剤（たとえば染料、顔料、インク）、分散剤、および多要素放射線硬化材料の反応時間を最適化して、硬化時間と層間接着との適度なバランスを得るための触媒のようなさらに別の化学成分を含むことができる。

【0033】

UV開始剤は、限定はしないが、遊離基開始剤、陽イオン開始剤あるいはその組み合わせのような化学物質を含むことができる。遊離基開始剤は、UV放射線に曝露される際に遊離基を生成する化合物を含む。遊離基は、重合反応を開始することができる。例示的な遊離基開始剤は、限定はしないが、ベンゾフェノン（たとえば、ベンゾフェノン、メチル

50

ベンゾフェノン、ミヒラズケトンおよびキサントン)、アシルホスフィン酸化物タイプの遊離基開始剤(たとえば、2,4,6-トリメチルベンゾイルジフェニルホスフィン酸化物(TMPO)、2,4,6-トリメチルベンゾイルエトキシフェニルホスフィン酸化物(TEPO)、およびビスアシルホスフィン酸化物(BAPO))、アゾ化合物(たとえばAIBN)、ベンゾインおよびベンゾインアルキルエーテル(たとえば、ベンゾイン、ベンゾインメチルエーテルおよびベンゾインイソプロピルエーテル)を含む。

【0034】

遊離基開始剤はそれだけで、あるいは補助開始剤と組み合わせて用いることができる。補助開始剤は、UVシステム内で活性である遊離基を生成するために第2の分子を必要とする開始剤とともに用いられる。たとえば、ベンゾフェノンは、アミンのような第2の分子を用いて、反応性の遊離基を生成する。好ましい種類の補助開始剤は、限定はしないが、トリエチルアミン、メチルジエタノールアミンおよびトリエタノールアミンのようなアルカノールアミンである。

10

【0035】

適当な陽イオン開始剤は、限定はしないが、重合を開始するだけの十分なUV光に曝露される際に非プロトン性酸(aprotic acid)あるいはブレンステッド酸を形成する化合物を含む。陽イオン開始剤には、単一の化合物、2つ以上の活性化合物の混合物、あるいは2つ以上の異なる化合物(たとえば補助開始剤)の組み合わせを用いることができる。例示的な陽イオン開始剤は、限定はしないが、アリルジアゾニウム塩、ジアリルヨードニウム塩、トリアリルスルホニウム塩およびトリアリルセレン塩を含む。

20

【0036】

構築材料は、限定はしないが、アクリル酸化合物、1つあるいは複数のエポキシ置換基を有する化合物、1つあるいは複数のビニル置換基を有する化合物、ビニルカプロラクタム、ビニルピロリドン、ウレタンおよびその組み合わせのような化合物を含むことができる。詳細には、これらの化合物のモノマーを構築材料として用いることができる。さらに、その粘度が高いことに起因して以前には考えられなかったかもしれないが、これらの化合物のオリゴマーも構築材料として用いることができる。これに関して、粘度の許容度を拡大することにより、より高い分子量の構築材料を用いて開始できるようになり、結果として、最終的な3次元物体においてさらに良好な機械的特性(たとえば、材料の剛性/可撓性および強度、ならびに衝撃への耐性)を生み出すことができる。当業者であれば、ある特定の応用形態の所望の機械的特性を満足する構築材料を選択することができるであろう。

30

【0037】

構築材料に適したアクリル酸化合物は、限定はしないが、アクリル酸モノマー、アクリル酸オリゴマー、アクリル酸架橋剤あるいはその組み合わせを含むことができる。アクリル酸モノマーは一官能価のアクリル化分子であり、たとえば、アクリル酸とメタクリル酸のエステルを用いることができる。アクリル酸オリゴマー(オリゴマーは短いポリマー鎖である)はアクリル化分子であり、限定はしないが、アクリル酸およびメタクリル酸と、多価アルコールとからなるポリエステル(トリメチロールプロパン、ペンタエリトリール、エチレングリコール、プロピレングリコールのポリアクリレートおよびポリメタクリレート)を含むことができる。さらに、アクリル酸オリゴマーはウレタンアクリレートであってもよい。

40

【0038】

アクリル架橋剤は多官能価の分子であり、架橋を促進する。アクリル架橋剤の例は、限定はしないが、1,4-ブタンジオールジアクリレート、1,4-ブタンジオールジメタクリレート、1,6-ヘキサメチレングリコールジアクリレート、ネオペンチルグリコールジメタクリレート、トリメチロールプロパントリメタクリレート、ペンタエリトリールトリアクリレート、ペンタエリトリールトリアクリレート、トリエチレングリコールトリアクリレート、トリメチロールプロパントリアクリレートおよびウレタンメタクリレートを含む。

50

【0039】

構築材料は、限定はしないが、少なくとも1つのビニルエーテル基を有するビニルエーテルモノマーおよびオリゴマーのような、1つあるいは複数のビニルエーテル置換基を有する化学物質であってもよい。例示的なビニルエーテルは、限定はしないが、エチルビニルエーテル、プロピルビニルエーテル、イソブチルビニルエーテル、シクロヘキシルビニルエーテル、2-エチルヘキシルビニルエーテル、ブチルビニルエーテル、エチレングリコールモノビニルエーテル、ジエチレングリコールジビニルエーテル、ブタンジオールジビニルエーテル、ヘキサジオールジビニルエーテル、シクロヘキサジメタノールモノビニルエーテルおよび1,4シクロヘキサジメタノールジビニルを含む。

【0040】

構築材料は、限定はしないが、少なくとも1つのオキシラン部分を有するエポキシモノマーおよびオリゴマーのような、1つあるいは複数のエポキシ置換基を有する化学物質も含むことができる。エポキシ含有構築材料の例は、限定はしないが、ビス-(3,4シクロヘキシルメチルカルボキシレート)、3,4-エポキシシクロヘキシルメチルカルボキシレート、3,4-エポキシシクロヘキシルカルボキシレート、ジグリシジルエーテルビニルシクロヘキサン、1,2-エポキシ-4-ビニルシクロヘキサンカルボキシレート、2,4-エポキシシクロヘキシルメチルカルボキシレート、3,4-エポキシシクロヘキサンカルボキシレートなどを含む。

【0041】

構築材料は、限定はしないが、アクリレートおよびその誘導体、エポキシアクリレートおよびその誘導体、ウレタンアクリレートおよびその誘導体、ならびにその組み合わせのような化学物質を含むことが好ましい。さらに、構築材料は、他の状況であれば、室温で粘度が高いことに起因して、インクジェット技術を用いる固体自由形状組立工程から除外されるかもしれない材料を含むことができる。これらの構築材料は、限定はしないが、エトキシ化アクリレート、メタクリレート(たとえば、25において約100cpsの粘度を有するエトキシ化ノニルフェノールアクリレート(Sartomer社、SR504)、25で約80cpsの粘度を有するエトキシ化ノニルフェノールエタクリレート(Sartomer社、CD612)、25で約400cpsの粘度を有するエトキシ化ビスフェノールジメタクリレート(Sartomer社、SR480))、25で約80cpsの粘度を有するカプロラクトンアクリレート(Sartomer社、SR495)などを含むことができる。

【0042】

さらに、構築材料は、限定はしないが、エトキシ化ビスフェノール-Aジメタクリレート化合物(たとえば、Sartomer社、SR348(25で1082cps)、Sartomer社、SR9036(25で610cps)、Sartomer社、CD541(25で440cps)、Sartomer社、SR480(25で410cps)およびSartomer社、CD540(25で555cps))、エトキシ化ビスフェノール-Aジアクリレート化合物(たとえば、Sartomer社、SR601(25で1080cps)、Sartomer社、SR602(25で610cps)、CD9038(25で680cps)およびSartomer社、SR349(25で1600cps))、ペンタエリトリトールトリアクリレート化合物(たとえば、Sartomer社、SR344(25で520cps))およびエトキシ化トリメチロールプロパントリアクリレート化合物(たとえば、Sartomer社、SR415(25で225~520cps))などのモノマーおよびオリゴマーのような高粘度の材料を含むことができる。

【0043】

粘度、温度、比率、濃度、量および他の数値データは、本明細書では、ある範囲の形式で表現されることができると留意されたい。また、そのような範囲の形式は便宜的に、および簡潔にするために用いられており、それゆえ、その範囲の限度として明示される数値を含むだけでなく、各数値および部分的な範囲があたかも明示されるかのように、その範囲内に含まれる全ての個々の数値あるいは部分的な範囲も含むように柔軟に解釈され

10

20

30

40

50

るべきであることは理解されたい。具体的に言うと、「約 0.1%ないし約 5%」の濃度範囲は、明示される約 0.1 wt%ないし約 5 wt%の濃度だけでなく、指示される範囲内にある個々の濃度（たとえば、1%、2%、3%および 4%）および部分的な範囲（たとえば、0.5%、1.1%、2.2%、3.3%および 4.4%）も含むように解釈されるべきである。

【0044】

可視光線開始剤は、限定はしないが、 α -ジケトン（たとえば、カンホルキノン、1,2-アセナフチレンジオン、1H-インドール-2,3-ジオン、5H-ジベンゾ[a,d]シクロヘプテン-10および11-ジオン）、フェノキサジン染料（たとえば、レサズリン、レソルフィン）、アシルホスフィン酸化物（たとえば、ジフェニル(2,4,6-トリメチルベンゾイル)ホスフィン酸化物)などを含むことができる。

10

【0045】

上記の実施形態に対して数多くの変形および変更がなされることができ、そのような全ての変更および変形が本開示の範囲内に含まれ、添付の特許請求の範囲によって保護されることが意図されている。

【図面の簡単な説明】

【0046】

【図1】固体自由形状組立(SFF)システムの一実施形態を示す図である。

【図2】SFF装置の一実施形態の斜視図である。

【図3】図1および図2に示されるSFFシステムの実施形態を用いて物体を形成するための典型的な流れ図である。

20

【図4A】図1および図2に示されるSFFシステムにおいて用いるための層状の分与工程を示す図である。

【図4B】図1および図2に示されるSFFシステムの実施形態において用いるための交互の分与工程を示す図である。

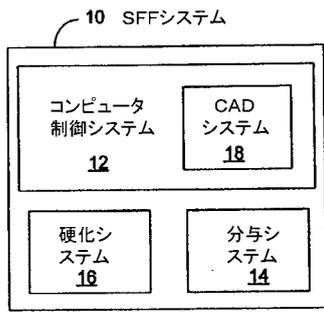
【符号の説明】

【0047】

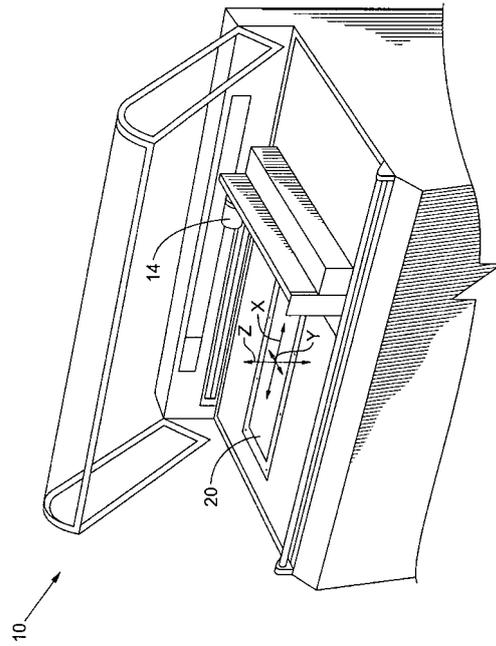
- 10 SFFシステム
- 12 コンピュータ制御システム
- 14 分与システム
- 16 硬化システム
- 18 CADシステム
- 20 構築台

30

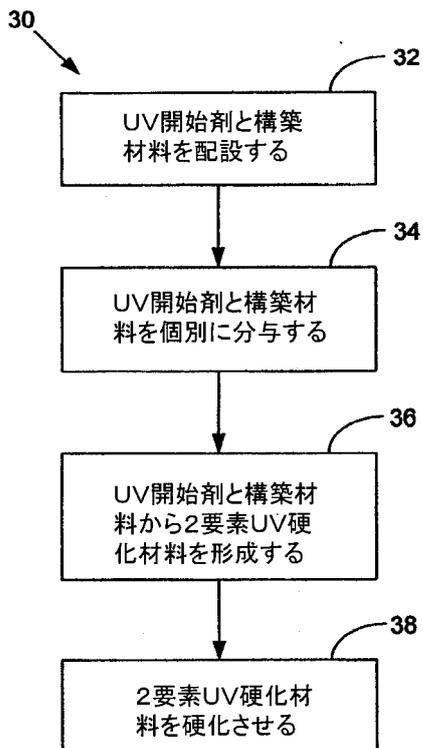
【 図 1 】



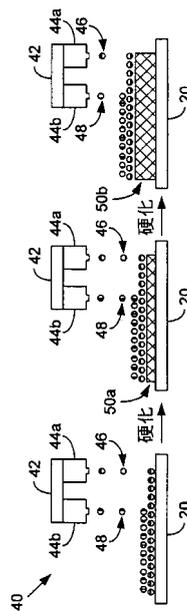
【 図 2 】



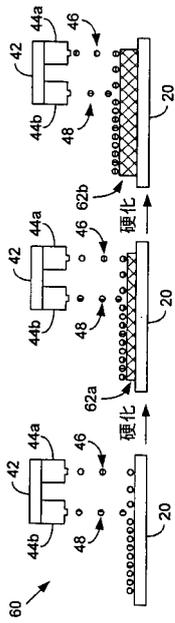
【 図 3 】



【 図 4 A 】



【 図 4 B 】



フロントページの続き

(72)発明者 ローラ クラマー

アメリカ合衆国 オレゴン 9 7 3 3 0 コーバリス エヌダブリュー・エスタビュー・プレイス
3 8 6 4

(72)発明者 テリー エム． ランプライト

アメリカ合衆国 オレゴン 9 7 3 3 0 コーバリス エヌダブリュー・サマセット・ドライブ
7 1 7 5

(72)発明者 ウラデク ピー． キャスパチック

アメリカ合衆国 オレゴン 9 7 3 3 0 コーバリス エヌダブリュー・ジョン・プレイス 4 3
0 8

Fターム(参考) 4F213 AA12 AA21 AA31 AA39 AA44 AB04 WA25 WA97 WB01 WL04
WL12 WL23 WL32 WL74 WL96