

(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2020-151993

(P2020-151993A)

(43) 公開日 令和2年9月24日(2020.9.24)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 2 9 C 64/40 (2017.01)	B 2 9 C 64/40	4 F 2 1 3
B 3 3 Y 30/00 (2015.01)	B 3 3 Y 30/00	4 K 0 1 8
B 3 3 Y 10/00 (2015.01)	B 3 3 Y 10/00	
B 2 9 C 64/165 (2017.01)	B 2 9 C 64/165	
B 2 9 C 64/209 (2017.01)	B 2 9 C 64/209	

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 36 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2019-52993 (P2019-52993)
 (22) 出願日 平成31年3月20日 (2019.3.20)

(71) 出願人 000006747
 株式会社リコー
 東京都大田区中馬込1丁目3番6号
 (74) 代理人 100107515
 弁理士 廣田 浩一
 (72) 発明者 小山内 洋平
 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内
 Fターム(参考) 4F213 AC04 AR20 WA25 WB01 WF46
 WL03 WL12 WL32 WL62 WL67
 WL74 WL76 WL85
 4K018 CA44 EA51 EA60

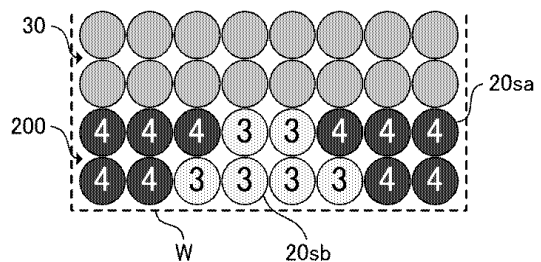
(54) 【発明の名称】 立体造形物の製造装置及び立体造形物の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 立体造形物の一部であるモデル部を支持するサポート部の除去性を向上できる立体造形物の製造装置の提供。

【解決手段】 粒子を含む粒子層を形成する層形成手段と、前記粒子層にモデル材を付与して形成したモデル領域を固化させてモデル部を形成するモデル部形成手段と、前記粒子層にサポート材を付与して形成したサポート領域を固化させてサポート部を形成するサポート部形成手段と、を有し、前記サポート部形成手段が、前記モデル部に接触する前記サポート部の表面における一の箇所と他の箇所とにおける強度が異なるように前記サポート部を形成する、立体造形物の製造装置である。

【選択図】 図26A



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

粒子を含む粒子層を形成する層形成手段と、

前記粒子層にモデル材を付与して形成したモデル領域を固化させてモデル部を形成するモデル部形成手段と、

前記粒子層にサポート材を付与して形成したサポート領域を固化させてサポート部を形成するサポート部形成手段と、

を有し、

前記サポート部形成手段が、前記モデル部に接触する前記サポート部の表面における一の箇所と他の箇所とにおける強度が異なるように前記サポート部を形成する、

ことを特徴とする立体造形物の製造装置。

10

【請求項 2】

前記サポート部における固化した前記サポート材が、前記モデル部を溶解しない液体に可溶である、請求項 1 に記載の立体造形物の製造装置。

【請求項 3】

前記サポート部形成手段が、

前記モデル部に接触する前記サポート部の表面における、

前記一の箇所が、前記モデル部における外縁近傍領域の少なくとも一部と接し、

前記他の箇所が、前記モデル部における前記外縁近傍領域を除く領域と接するように前記サポート部を形成する、請求項 1 から 2 に記載の立体造形物の製造装置。

20

【請求項 4】

前記サポート部形成手段が、

前記モデル部に接触する前記サポート部の表面における、

前記一の箇所が、前記モデル部における外縁近傍領域と接し、

前記他の箇所が、前記モデル部における前記外縁近傍領域の内側領域と接するように前記サポート部を形成する、請求項 1 から 3 のいずれかに記載の立体造形物の製造装置。

【請求項 5】

前記サポート部形成手段が、

前記モデル部の底面に接触する前記サポート部の表面における、

前記一の箇所が、前記モデル部における外縁近傍領域と接し、

前記他の箇所が、前記モデル部における前記外縁近傍領域の内側領域に接するように前記サポート部を形成する、請求項 1 から 4 のいずれかに記載の立体造形物の製造装置。

30

【請求項 6】

前記サポート部形成手段が、

前記一の箇所が、前記他の箇所よりも前記強度が高くなるように前記サポート部を形成する、請求項 1 から 5 のいずれかに記載の立体造形物の製造装置。

【請求項 7】

前記サポート部形成手段が、

前記一の箇所が、前記他の箇所よりも前記サポート材を多く含むように前記サポート部を形成する、請求項 1 から 6 のいずれかに記載の立体造形物の製造装置。

40

【請求項 8】

前記サポート部形成手段が、

前記他の箇所における同一の部分に、前記サポート材を複数回に分けて付与して前記サポート部を形成する、請求項 7 に記載の立体造形物の製造装置。

【請求項 9】

前記サポート部形成手段が、

前記一の箇所の形成と前記他の箇所の形成とを、固化後における前記粒子に対する接着力の異なる前記サポート材を付与して行う、請求項 1 から 8 のいずれかに記載の立体造形物の製造装置。

【請求項 10】

50

前記サポート部形成手段が、

前記モデル部に接触しない前記サポート部の露出表面における第一の箇所と第二の箇所とにおける強度が異なるように前記サポート部を形成する、請求項 1 から 9 のいずれかに記載の立体造形物の製造装置。

【請求項 1 1】

前記モデル部形成手段及び前記サポート部形成手段が、

前記モデル材及び前記サポート材を吐出する吐出手段と、

前記モデル領域が形成された前記粒子層を、エネルギーを付与して加熱することにより、前記モデル領域における前記粒子どうしを融着させる加熱手段と、
を有する請求項 1 から 1 0 のいずれかに記載の立体造形物の製造装置。

10

【請求項 1 2】

前記加熱手段が、

前記モデル領域における前記粒子と前記サポート領域における前記粒子とを融着させる、請求項 1 1 に記載の立体造形物の製造装置。

【請求項 1 3】

粒子を含む粒子層を形成する層形成工程と、

前記粒子層にモデル材を付与して形成したモデル領域を固化させてモデル部を形成するモデル部形成工程と、

前記粒子層にサポート材を付与して形成したサポート領域を固化させてサポート部を形成するサポート部形成工程と、

20

を含み、

前記サポート部形成工程において、前記モデル部に接触する前記サポート部の表面における一の箇所と他の箇所とにおける強度が異なるように前記サポート部を形成する、ことを特徴とする立体造形物の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、立体造形物の製造装置及び立体造形物の製造方法に関する。

30

【背景技術】

【0002】

強度の高い立体造形物を造形できることなどから、樹脂粒子を含む粒子層（粉末層）を固化させて造形した造形層（層状造形物）の積層を繰り返すことにより、立体造形物を造形する装置に対する関心が高まっている。粒子層が固化した造形層の積層を繰り返すことで立体造形物を造形する装置としては、例えば、HSS（High Speed Sintering）方式の装置、SLS（Selective Laser Sintering）方式の装置、BJ（Binder Jetting）方式の装置などが知られている。

【0003】

40

これらの中でも、HSS方式の装置は、装置自体のコスト（価格）を抑えることができることに加え、短時間で立体造形物を造形可能であるため、特に注目を集めている。

HSS方式の装置においては、例えば、インクジェットヘッドを用いてカーボンブラックなどを含む光吸収インクを粒子層の所定の位置に吐出した後、ハロゲンランプなどの光源により粒子層を加熱することで、粒子層の所定の位置を固化して造形層を造形する。そして、HSS方式の装置では、造形層の造形を繰り返して造形層を積層することにより、立体造形物を造形する。

【0004】

立体造形物を造形する装置においては、立体造形物における張り出し部（オーバーハング部）の造形や立体造形物の反りの抑制などを目的に、造形層を支持する支持部（サポー

50

ト部)を形成する場合がある。この場合、サポート部は、立体造形物の造形が完了した後に、立体造形物から除去される。

そのため、サポート部の除去性を向上させる目的などから、サポート部を形成するサポート材の充填率を、当該サポート部の内部で異ならせる技術が提案されている(例えば、特許文献1参照)。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明は、立体造形物の一部であるモデル部を支持するサポート部の除去性を向上できる立体造形物の製造装置を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記の課題を解決するための手段としての本発明の立体造形物の製造装置は、粒子を含む粒子層を形成する層形成手段と、

粒子層にモデル材を付与して形成したモデル領域を固化させてモデル部を形成するモデル部形成手段と、

粒子層にサポート材を付与して形成したサポート領域を固化させてサポート部を形成するサポート部形成手段と、

を有し、

サポート部形成手段が、モデル部に接触するサポート部の表面における一の箇所と他の箇所とにおける強度が異なるようにサポート部を形成する。

20

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、立体造形物の一部であるモデル部を支持するサポート部の除去性を向上できる立体造形物の製造装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】図1は、第k層目にサポート材の液滴を吐出した際のサポート材の浸透挙動の様子の一例を断面から模式的に示した図である。

【図2】図2は、液滴を吐出する際の液滴の間隔の一例について説明するための模式図である。

30

【図3】図3は、本発明の立体造形物の製造装置におけるモデル部とサポート部の一例を示す概略側面図である。

【図4】図4は、本発明の立体造形物の製造装置におけるモデル部とサポート部の他の一例を示す概略側面図である。

【図5】図5は、本発明の立体造形物の製造装置におけるモデル部とサポート部の他の一例を示す概略側面図である。

【図6】図6は、従来技術におけるモデル部の端部の一例を示す概略側面図である。

【図7】図7は、本発明の立体造形物の製造装置におけるモデル部の端部の一例を示す概略側面図である。

40

【図8】図8は、本発明の立体造形物の製造装置におけるモデル部とサポート部の他の一例を示す概略側面図である。

【図9】図9は、本発明の立体造形物の製造装置におけるモデル部とサポート部の他の一例を示す概略側面図である。

【図10】図10は、本発明の立体造形物の製造装置の一実施形態における概略平面図である。

【図11】図11は、本発明の立体造形物の製造装置の一実施形態における概略側面図である。

【図12】図12は、本発明の立体造形物の製造装置の一実施形態における造形部を示す概略側面図である。

50

【図13】図13は、本発明の立体造形物の製造装置の一実施形態における制御部の構成の一例を示すブロック図である。

【図14A】図14Aは、立体造形物の造形の流れの一例を示す模式図である。

【図14B】図14Bは、立体造形物の造形の流れの一例を示す模式図である。

【図14C】図14Cは、立体造形物の造形の流れの一例を示す模式図である。

【図14D】図14Dは、立体造形物の造形の流れの一例を示す模式図である。

【図14E】図14Eは、立体造形物の造形の流れの一例を示す模式図である。

【図14F】図14Fは、立体造形物の造形の流れの一例を示す模式図である。

【図15】図15は、サポート領域を形成する際の流れの一例を示す説明図である。

【図16】図16は、モデル領域及びモデル部を形成する際の流れの一例を示す説明図である。

10

【図17】図17は、立体造形物からサポート部を除去する際の流れの一例を示す説明図である。

【図18】図18は、溶媒揮散方式を用いて形成したサポート部の一例を示す図である。

【図19】図19は、加熱硬化方式を用いて形成したサポート部の一例を示す図である。

【図20】図20は、複数の光照射手段を用いて粒子を融着させる場合の流れの一例を示す説明図である。

【図21】図21は、第1の光照射ユニットが照射する光と第2の光照射ユニットが照射する光の関係の一例を示す図である。

【図22】図22は、モデル部とサポート部の界面の断面を撮影した写真である。

20

【図23A】図23Aは、従来技術において、立体造形物からサポート部を液体に浸漬させて除去する際の様子の一例を示す説明図である。

【図23B】図23Bは、従来技術において、立体造形物からサポート部を液体に浸漬させて除去する際の様子の一例を示す説明図である。

【図23C】図23Cは、従来技術において、立体造形物からサポート部を液体に浸漬させて除去する際の様子の一例を示す説明図である。

【図23D】図23Dは、従来技術において、立体造形物からサポート部を液体に浸漬させて除去する際の様子の一例を示す説明図である。

【図23E】図23Eは、従来技術において、立体造形物からサポート部を液体に浸漬させて除去する際の様子の一例を示す説明図である。

30

【図23F】図23Fは、従来技術において、立体造形物からサポート部を液体に浸漬させて除去する際の様子の一例を示す説明図である。

【図23G】図23Gは、従来技術において、立体造形物からサポート部を液体に浸漬させて除去する際の様子の一例を示す説明図である。

【図23H】図23Hは、従来技術において、立体造形物からサポート部を液体に浸漬させて除去する際の様子の一例を示す説明図である。

【図24】図24は、従来技術における、モデル部及びサポート部の冷却時の様子の一例を示す図である。

【図25】図25は、従来技術における、モデル部及びサポート部の冷却時の様子の他の一例を示す図である。

40

【図26A】図26Aは、本発明の一実施形態において、立体造形物からサポート部を液体に浸漬させて除去する際の様子の一例を示す説明図である。

【図26B】図26Bは、本発明の一実施形態において、立体造形物からサポート部を液体に浸漬させて除去する際の様子の一例を示す説明図である。

【図26C】図26Cは、本発明の一実施形態において、立体造形物からサポート部を液体に浸漬させて除去する際の様子の一例を示す説明図である。

【図26D】図26Dは、本発明の一実施形態において、立体造形物からサポート部を液体に浸漬させて除去する際の様子の一例を示す説明図である。

【図26E】図26Eは、本発明の一実施形態において、立体造形物からサポート部を液体に浸漬させて除去する際の様子の一例を示す説明図である。

50

【図 27】図 27 は、本実施形態における、モデル部及びサポート部の冷却時の様子の一例を示す図である。

【図 28】図 28 は、他の実施形態における、モデル部及びサポート部の強度の分布の一例を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

(立体造形物の製造装置、立体造形物の製造方法)

本発明の立体造形物の製造装置は、粒子を含む粒子層を形成する層形成手段と、粒子層にモデル材を付与して形成したモデル領域を固化させてモデル部を形成するモデル部形成手段と、粒子層にサポート材を付与して形成したサポート領域を固化させてサポート部を形成するサポート部形成手段とを有し、更に必要に応じてその他の手段を有する。

10

本発明の立体造形物の製造方法は、粒子を含む粒子層を形成する層形成工程と、粒子層にモデル材を付与して形成したモデル領域を固化させてモデル部を形成するモデル部形成工程と、粒子層にサポート材を付与して形成したサポート領域を固化させてサポート部を形成するサポート部形成工程とを含み、更に必要に応じてその他の工程を含む。

【0010】

本発明の立体造形物の製造方法は、本発明の立体造形物の製造装置により好適に行うことができ、層形成工程は層形成手段により好適に行うことができ、モデル部形成工程はモデル部形成手段により好適に行うことができ、サポート部形成工程はサポート部形成手段により好適に行うことができ、その他の工程はその他の手段により行うことができる。

20

【0011】

つまり、本発明の立体造形物の製造装置は、本発明の立体造形物の製造方法を実施することと同義である。そのため、本発明の立体造形物の製造装置に関する説明を通じて、本発明の立体造形物の製造方法の詳細についても明らかにする。

【0012】

また、本発明の立体造形物の製造装置は、従来技術の立体造形物の造形装置では、立体造形物の一部であるモデル部を支持するサポート部の除去性が低い場合があるという知見に基づくものである。

【0013】

従来技術においては、例えば、特許文献 1 に記載の技術のように、サポート部の立体造形物(モデル部)に接する部分はサポート材の充填率が一樣に高く、立体造形物に接触するサポート部の表面における強度は一樣に高い状態となっている。このため、立体造形物及びサポート部を、固化したサポート材を溶解可能な液体に浸漬させて立体造形物からサポート部を除去する際などに、時間や手間が多く必要となり、立体造形物を製造する際の生産性が低くなってしまいう場合があった。

30

【0014】

また、例えば、サポート部の除去性を向上させるために、サポート部を形成する際のサポート材の量を単に減らすと、サポート部の強度が十分でなくなり、立体造形物の反りなどの変形を抑制することができなくなってしまう場合がある。このように、サポート部の除去性とサポート部の強度とは、相反する関係(トレードオフ)になっており、これらを両立することはできなかった。

40

【0015】

ここで、本発明の立体造形物の製造装置は、粒子を含む粒子層を形成する層形成手段と、粒子層にモデル材を付与して形成したモデル領域を固化させてモデル部を形成するモデル部形成手段と、粒子層にサポート材を付与して形成したサポート領域を固化させてサポート部を形成するサポート部形成手段とを有する。さらに、本発明の立体造形物の製造装置においては、サポート部形成手段が、モデル部に接触するサポート部の表面における一の箇所と他の箇所とにおける強度が異なるようにサポート部を形成する。

こうすることにより、本発明の立体造形物の製造装置は、立体造形物に接触するサポート部の表面における強度が場所によって異なるようにサポート部を形成できる。つまり、

50

本発明においては、立体造形物に接触するサポート部の表面において、強度が高い部分だけでなく、強度が比較的低い部分を設けることができる。

【0016】

上述したように、サポート部の除去性とサポート部の強度とは相反する関係であるため、接着強度が比較的低い部分は除去性が高い部分となる。つまり、本発明においては、モデル部に接触するサポート部の表面において、サポート部全体の強度を保つことができる強度が高い部分と、サポート部の除去性を向上できる強度が比較的低い部分を有するようにサポート部を形成できる。こうすることにより、本発明では、立体造形物の変形を抑制するという機能を保つことができ、かつ除去性の高いサポート部を形成することができる。

10

すなわち、本発明の立体造形物の製造装置は、モデル部に接触するサポート部の表面における一の箇所と他の箇所とにおける強度が異なるようにサポート部を形成することにより、サポート部の除去性を向上できる。

【0017】

<層形成手段、層形成工程>

層形成手段は、粒子を含む粒子層を形成する手段である。

層形成工程は、粒子を含む粒子層を形成する工程である。

層形成手段としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、粒子を供給する機構と、供給された粒子を均しながら粒子層を形成する機構の組合せなどが挙げられる。層形成手段の詳細については、後述する。

20

【0018】

<<粒子>>

粒子としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、樹脂粒子、金属粒子などが挙げられるが、樹脂粒子であることが好ましい。

樹脂粒子とは、樹脂成分を含む粒子を意味する。なお、以下では、樹脂粒子を「樹脂粉末」又は「樹脂粉体」と称することがある。樹脂粒子は、樹脂成分の他に、必要に応じてその他の成分を含んでいてもよい。

樹脂成分としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、熱可塑性樹脂であることが好ましい。

【0019】

-熱可塑性樹脂-

熱可塑性樹脂とは、熱を加えると可塑化し、溶融する樹脂を意味する。

熱可塑性樹脂としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、結晶性樹脂、非結晶性樹脂、液晶樹脂などが挙げられる。熱可塑性樹脂としては、結晶性樹脂が好ましい。また、熱可塑性樹脂としては、融解開始温度と、冷却時の再結晶温度の差が大きな樹脂が好ましい。

30

なお、結晶性樹脂とは、ISO 3146（プラスチック転移温度測定方法、JIS K 7121）に準拠した測定において、融点ピークが検出される樹脂である。

【0020】

熱可塑性樹脂としては、例えば、ポリオレフィン、ポリアミド、ポリエステル、ポリエーテル、ポリフェニレンスルフィド、ポリアセタール（POM：Polyoxymethylene）、ポリイミド、フッ素樹脂などが挙げられる。これらは、1種単独で使用してもよいし、2種以上を併用してもよい。

40

【0021】

ポリオレフィンとしては、例えば、ポリエチレン（PE）、ポリプロピレン（PP）などが挙げられる。

【0022】

ポリアミドとしては、例えば、ポリアミド410（PA410）、ポリアミド6（PA6）、ポリアミド66（PA66）、ポリアミド610（PA610）、ポリアミド612（PA612）、ポリアミド11（PA11）、及びポリアミド12（PA12）；並

50

びにポリアミド4T (PA4T)、ポリアミドMXD6 (PAMXD6)、ポリアミド6T (PA6T)、ポリアミド9T (PA9T)、及びポリアミド10T (PA10T)などの半芳香族性のポリアミドが挙げられる。

【0023】

ポリエステルとしては、例えば、ポリエチレンテレフタレート (PET)、ポリブタジエンテレフタレート (PBT)、ポリ乳酸 (PLA)などが挙げられる。これらの中でも、耐熱性を付与する点で、テレフタル酸やイソフタル酸を一部に含む芳香族を有するものが好ましい。

【0024】

ポリアーテルとしては、例えば、ポリアリールケトン、ポリアーテルスルホンなどが挙げられる。

ポリアリールケトンとしては、例えば、ポリアーテルエーテルケトン (PEEK)、ポリアーテルケトン (PEK)、ポリアーテルケトンケトン (PEKK)、ポリアリールエーテルケトン (PAEK)、ポリアーテルエーテルケトンケトン (PEEKK)、ポリアーテルケトンエーテルケトンケトン (PEKEKK)などが挙げられる。

【0025】

熱可塑性樹脂としては、例えば、PA9Tのように2つの融点ピークを有するものでもよい。2つの融点ピークを有する熱可塑性樹脂は、高温側の融点ピーク以上の温度になると完全に溶融する。

【0026】

また、ポリフタルアミド、ポリフェニレンサルファイド、液晶ポリマー、ポリスルホン、ポリアーテルスルホン、ポリアーテルイミド、ポリアミドイミド、ポリアーテルエーテルケトン、及びポリテトラフルオロエチレンなどは、「スーパーエンジニアリングプラスチック」と称されている。

熱可塑性樹脂としては、スーパーエンジニアリングプラスチックから選択される少なくとも1種であることが好ましい。熱可塑性樹脂がスーパーエンジニアリングプラスチックであると、造形する立体造形物の引張強度、耐熱性、耐薬品性、及び難燃性を向上することができ、立体造形物を工業用途にも使用可能になる点で有利である。

【0027】

粒子の形状としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、円柱体、多角柱体、球体などの形状が挙げられる。これらの中でも、円柱体が好ましい。

【0028】

円柱体としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、例えば、真円柱体、楕円柱体などが挙げられる。これらの中でも、真円柱体が好ましい。

なお、円柱体には、略円柱体が含まれる。ここで、略円とは、短径に対する長径の比 (長径/短径)が、1以上10以下であることを意味する。また、円柱体の円形部分は、一部が欠けていてもよい。

多角柱体としては、円柱体と同様に特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、多角柱体における多角形部分の一部が欠けていてもよい。

球体としては、円柱体と同様に特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、球体の一部が欠けていてもよい。

【0029】

円柱体の円形部分の直径としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、5 μ m以上200 μ m以下が好ましい。なお、円柱体の円形部分が楕円形である場合、直径とは長径を意味する。

多角柱体の多角形部分の一辺の長さとしては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、多角形部分を全て含むような最小の円 (最小包含円)の直径が5 μ m以上200 μ m以下であることが好ましい。

球体の直径としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、5

10

20

30

40

50

μm 以上 $200\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

【0030】

円柱体の高さ、即ち対向する2つの円形部分の距離（上面 - 底面間の距離）としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、 $1\mu\text{m}$ 以上 $200\mu\text{m}$ 以下が好ましい。

多角柱体の高さ、即ち対向する2つの多角形部分の距離（上面 - 底面間の距離）としては、円柱体の高さと同様に特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、 $1\mu\text{m}$ 以上 $200\mu\text{m}$ 以下が好ましい。

【0031】

円柱体における、対向する2つの円形部分（上面及び底面）の面積は、互いに異なってもよい。ただし、面積が小さいほうの円形部分の直径 r_1 に対する面積が大きいほうの円形部分の直径 r_2 の比（ r_2 / r_1 ）としては、2つの円形部分の面積に差がないほうが嵩密度を高めることができる点で、 1.5 以下が好ましく、 1.1 以下がより好ましい。

多角柱体における、対向する2つの多角形部分（上面及び底面）の面積は、互いに異なってもよい。ただし、多角形部分の小さいほうの面積（ S_1 ）に対する多角形部分の大きいほうの面積（ S_2 ）の比（ S_2 / S_1 ）としては、2つの多角形部分の面積に差がないほうが嵩密度を高めることができる点で、 1 に近いことが好ましい。

例えば、HSS方式の立体造形物の製造装置を用いて立体造形物を造形する際には、粒子の嵩密度を高めることにより、造形物や成形物の精度を向上させることができる。

【0032】

円柱体や多角柱体などの柱体の粒子においては、嵩密度を高めるため、頂点を持たないことが好ましい。なお、頂点とは、柱体の中に存在する角の部分を用いる。

【0033】

<<粒子層>>

粒子層とは、粒子を含む層を意味する。なお、以下では、粒子層を「粉末層」又は「粉体層」と称することがある。

粒子層の平均厚みとしては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、 $10\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

【0034】

層形成手段が粒子層を形成する際には、粒子の温度が所望の予熱温度になるように、粒子をあらかじめ加熱しておくことが好ましい。すなわち、本発明の立体造形物の製造方法においては、粒子の温度が所望の予熱温度になるように、粒子をあらかじめ加熱する予熱工程を更に含むことが好ましい。こうすることにより、加熱手段が粒子層に付与するエネルギーが小さい場合であっても、粒子同士を融着可能な温度になるように、粒子層を加熱することができる。

【0035】

予熱温度としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、例えば、粒子の再結晶化温度と溶融温度の間の温度であることが好ましい。予熱温度が、粒子の再結晶化温度と溶融温度の間の温度であることにより、粒子層を形成する際の粒子の流動性を保ちつつ、造形した立体造形物における反りなどの変形を抑制することができる。

【0036】

予熱工程を行う予熱手段としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、公知のヒーター、加熱ランプ、加熱ローラなどを用いることが可能である。

【0037】

<モデル部形成手段、モデル部形成工程>

モデル部形成手段は、粒子層にモデル材を付与して形成したモデル領域を固化させてモデル部を形成する手段である。

モデル部形成工程は、粒子層にモデル材を付与して形成したモデル領域を固化させてモ

10

20

30

40

50

デル部を形成する工程である。

【0038】

< サポート部形成手段、サポート部形成工程 >

サポート部形成手段は、粒子層にサポート材を付与して形成したサポート領域を固化させてサポート部を形成する手段である。

サポート部形成工程は、粒子層にサポート材を付与して形成したサポート領域を固化させてサポート部を形成する工程である。

【0039】

ここで、モデル部形成手段及びサポート部形成手段としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。また、モデル部形成手段とサポート部形成手段とは、1つの機構が兼ねる形態であってもよいし、それぞれが別の機構として設けられてもよい。

10

モデル部形成手段及びサポート部形成手段としては、例えば、吐出手段及び加熱手段を有するもの、エネルギー照射手段を有するものなどが挙げられる。これらの中でも、モデル部形成手段及びサポート部形成手段としては、吐出手段及び加熱手段を有するものであることが好ましい。すなわち、モデル部形成手段及びサポート部形成手段が、モデル材及びサポート材を吐出する吐出手段と、モデル領域が形成された粒子層を、エネルギーを付与して加熱することにより、モデル領域における粒子どうしを融着させる加熱手段と、を有することが好ましい。こうすることにより、強度が高い立体造形物を短時間で製造することができる。

20

【0040】

<< 吐出手段 >>

吐出手段としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、インクジェット方式の吐出ヘッドなどが挙げられる。

吐出手段は、粒子層に、モデル材を吐出（付与）してモデル領域を形成すると共に、サポート材を吐出して、モデル領域と接するようにサポート領域を形成する。

【0041】

また、立体造形物の製造装置が有する吐出手段の数としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。そのため、同一の吐出手段からモデル材とサポート材とを吐出してもよく、モデル材を吐出する吐出手段と、サポート材を吐出する吐出手段とを別に設けてもよい。つまり、吐出手段は、モデル材を吐出する際にはモデル部形成手段の一部として機能し、サポート材を吐出する際にはサポート部形成手段の一部として機能する。また、サポート部形成手段としては、例えば、少なくとも吐出手段を有する手段をもいえることも好ましい。

30

【0042】

<<< モデル領域 >>>

モデル領域は、粒子層にモデル材を付与して形成した領域である。モデル領域は、製造（造形）する立体造形物を3次元モデルで表した3次元データに基づいて形成することができ、例えば、3次元データを所定の間隔で輪切り（スライス）した形状となるようにしてもよい。

40

形成されたモデル領域は、加熱手段によりエネルギーを付与されて加熱されることによって、モデル領域における粒子同士が融着して、立体造形物の一部であるモデル部となることが好ましい。言い換えると、形成されたモデル領域は、吐出されたモデル材により、効率的にエネルギーを吸収可能となり、加熱手段によりエネルギーが付与される際に、粒子の融点以上の温度となり、粒子同士が融着して固化することが好ましい。

【0043】

ここで、粒子同士を融着するとは、粒子を融点以上の温度となるように加熱することにより、粒子の融点より低い温度となった際に、粒子同士が一体となって固化することを意味する。そのため、粒子同士が融着している領域においては、粒子同士の境界（粒界）の少なくとも一部がなくなる。

50

【0044】

- モデル材 -

モデル材としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、カーボンブラック等の黒色顔料を含むインク、色素を含むインク、金属微粒子を含むインクなどが挙げられる。モデル材としては、エネルギーを吸収可能であるものが好ましい。

これらの中でも、モデル材としては、加熱手段が光照射手段である場合には、光照射手段が照射した光を吸収することにより発熱可能なものが好ましく、例えば、上記のカーボンブラック等の黒色顔料を含むインク（黒色インク）が好ましい。モデル材が黒色インクであることにより、加熱手段が光照射手段である場合に、光照射手段が照射した光を効率的に吸収して発熱することができ、モデル領域における粒子同士の融着を容易に行え、モデル部の形成を短時間で効率的に行うことができる。

10

【0045】

<<<サポート領域>>>

サポート領域は、吐出手段がサポート材を吐出して、モデル領域と接するように形成された領域である。サポート領域は、吐出されたサポート材が固化して粒子同士を接着することにより、モデル部の形状を維持するサポート部となることが好ましい。なお、以下では、サポート領域を非モデル領域と称することがある。

後述するように、本発明においては、モデル領域における粒子とサポート領域における粒子が融着されていることが好ましい。つまり、本発明においては、モデル領域とサポート領域との少なくとも一部が融着され、モデル領域が固化したモデル部とサポート領域が固化したサポート部との少なくとも一部が融着されていることが好ましい。こうすることにより、本発明の立体造形物の製造装置においては、サポート部のモデル部に対する支持力を向上させることができる。なお、本発明において、モデル領域とサポート領域と融着させる場合においては、モデル領域とサポート領域の界面に存在する粒子の全てが融着している必要はない。

20

【0046】

サポート領域の位置及び形状としては、モデル領域の少なくとも一部と接するものであれば特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。以下では、サポート領域の好ましい一例について説明する。

【0047】

層形成手段が第1の粒子層の上に第2の粒子層を形成する際には、吐出手段が、第2の粒子層におけるモデル領域となる予定部分と接するように、第1の粒子層におけるサポート領域を形成することが好ましい。すなわち、吐出手段が、モデル領域の下側と接するように、サポート領域を形成することが好ましい。

30

ここで、第2の粒子層におけるモデル部となる予定部分は、例えば、立体造形物を3次元モデルで表した3次元データに基づいて、第1の粒子層を形成する際にあらかじめ特定することができる。この場合、第2の粒子層におけるあらかじめ特定した予定部分にモデル材を吐出してモデル領域を形成した際に、第1の粒子層におけるサポート領域と、第2の粒子層におけるモデル領域とが接することになる。このようにして、モデル領域とサポート領域とを融着することにより、サポート領域が固化したサポート部の支持力によって、モデル部の変形（例えば、モデル部の反りなど）が抑制できる。

40

上記の形態のより具体的な一例としては、例えば、図3に示すような直方体状の立体造形物を製造する場合には、モデル部30の下面にサポート部200を融着することが挙げられる。このようにモデル部30の下面にサポート部200を融着することにより、立体造形物の反りをより効果的に抑制することができる。

【0048】

また、層形成手段が第1の粒子層の上に第2の粒子層を形成する際には、吐出手段が、第1の粒子層におけるモデル領域と接する第2の粒子層における領域にサポート領域を形成することも好ましい。すなわち、吐出手段が、モデル領域の上側と接するように、サポート領域を形成することが好ましい。こうすることにより、立体造形物を造形した

50

後に立体造形物を冷却する際などにおける、立体造形物の変形を抑制することができる。

上記の形態のより具体的な一例としては、例えば、図4に示すような直方体状の立体造形物を製造する場合には、モデル部30の上面にサポート部200を融着することが挙げられる。

【0049】

さらに、吐出手段が、モデル領域及びサポート領域を、一つの粒子層に形成することも好ましい。すなわち、吐出手段が、モデル領域の側面と接するように、サポート領域を形成することが好ましい。

上記の形態のより具体的な一例としては、例えば、図5に示すような直方体状の立体造形物を製造する場合には、モデル部30の側面にサポート部200を融着することが挙げられる。こうすることにより、立体造形物の反りを抑制することができる。

10

【0050】

また、モデル領域の側面と接するように、サポート領域を形成することにより、モデル部における端部（エッジ）の盛り上がりを抑制することができる。

例えば、図6に示すように、モデル領域101の側面にサポート領域を形成しない場合、加熱手段により粒子層を加熱する際に、モデル材10mを吐出したモデル領域101のみが溶融して高密度化する。このため、モデル領域101の側面にサポート領域を設けない場合には、モデル領域101とモデル領域でない領域（粒子領域）の境界に、モデル部における液体状に溶融した樹脂によるメニスカスが形成され、モデル部の端部が盛り上がるように表面が形成されるときがある。このモデル部の端部の盛り上がりは、HSS方式で立体造形物を造形する際に特に顕著になる。

20

これに対して、図7に示すように、モデル領域101の側面にサポート領域201を形成すると、一実施形態においては、図7の中央部に示すように、サポート領域201（又はサポート部200）が、吐出されたサポート材の液架橋力により高密度化（圧縮）する。このとき、図7の右部に示すように、サポート部200の圧縮に伴って、モデル部の端部も圧縮するため、図6に示した例に比べると、モデル部における端部の盛り上がりを抑制できる。

【0051】

また、吐出手段が、モデル部で形成された立体造形物の表面全体にサポート部が形成されるように、サポート領域を形成することが好ましい。こうすることにより、立体造形物を造形した後に立体造形物を冷却する際などにおける、立体造形物の反りなどの変形を、より確実に抑制することができる。

30

上記の形態のより具体的な一例としては、例えば、図8に示すような直方体状の立体造形物を製造する場合には、モデル部30の表面全体にサポート部200を融着することが挙げられる。

【0052】

加えて、吐出手段が、モデル部における外縁近傍領域となる領域の少なくとも一部と接するようにサポート領域を形成することが好ましい。言い換えると、モデル部で形成された立体造形物の端部と接するように、サポート領域（部）を形成することが好ましい。こうすることにより、使用するサポート材の量を抑制しつつ、立体造形物の反りを効果的に抑制できる。

40

上記の形態のより具体的な一例としては、例えば、図9に示すような直方体状の立体造形物を製造する場合には、モデル部30の底面側の端部にサポート部200を融着することが挙げられる。

【0053】

- サポート材 -

サポート材としては、粒子同士を接着可能であれば特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。

ここで、粒子同士を接着するとは、吐出手段により吐出されたサポート材が固化することにより、粒子同士を固化（固定）することを意味する。そのため、粒子同士が接着され

50

ている領域（サポート部）においては、粒子同士の境界（粒界）が存在している。

【0054】

また、吐出されたサポート材が固化して粒子同士を接着する際における、サポート材の固化方式としては特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、溶媒揮散方式、加熱硬化方式、紫外線硬化方式、硬化剤混合方式などが挙げられる。これらの中でも、溶媒揮散方式及び加熱硬化方式が好ましい。

【0055】

〔溶媒揮散方式〕

溶媒揮散方式とは、粒子同士を接着する接着成分と溶媒とを少なくとも含むサポート材を用い、サポート材の一部（例えば、溶媒）が揮発させることにより、サポート材を固化する方式である。言い換えると、溶媒揮散方式においては、吐出手段が吐出したサポート材の一部が揮発して固化することで、サポート部が形成される。

10

サポート材の溶媒を揮発させる方法としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、粒子の予熱や加熱手段によるエネルギーの付与などにより、サポート材を加熱することが挙げられる。このように、溶媒揮散方式においては、サポート材を固化するための特別な手段を用いることなく、加熱手段などによりサポート材を固化できるため、立体造形物の製造装置の構造が複雑化することを防止できる。

【0056】

溶媒揮散方式におけるサポート材は、粒子同士を接着する接着成分と、溶媒とを含み、エネルギー吸収剤を含むことが好ましく、更に必要に応じてその他の成分を含む。

20

接着成分としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、可溶性高分子、水系コロイド、無機溶質などが挙げられる。可溶性高分子としては、例えば、水溶性高分子（水溶性ポリマー）、油溶性高分子（油溶性ポリマー）などが挙げられる。

溶媒としては、接着成分を溶解又は分散できるものであれば特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、水、有機溶媒などが挙げられる。

【0057】

エネルギー吸収剤としては、加熱手段が粒子層に付与するエネルギーを吸収可能であれば特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、カーボンブラック等の黒色顔料などが挙げられる。溶媒揮散方式におけるサポート材が黒色顔料を含むことにより、加熱手段が粒子層にエネルギーを付与する際に、サポート材がエネルギーを吸収して発熱するため、溶媒の揮発が促進され、より容易にサポート材が固化する。

30

なお、溶媒揮散方式におけるサポート材が含むエネルギー吸収剤の含有量としては、加熱手段が粒子層にエネルギーを付与する際における、サポート領域の粒子の温度が融点を超えないようにすることが好ましい。こうすることにより、サポート領域における粒子が融着してしまうことによる、サポート部の除去性の悪化を防止することができる。

【0058】

溶媒揮散方式におけるサポート材のその他の成分としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、着色剤、分散安定剤、界面活性剤、浸透促進剤、保湿剤、防カビ剤、防腐剤、酸化防止剤、pH調整剤、増粘剤、フィラー、凝集防止剤、消泡剤などが挙げられる。

40

このように、溶媒揮散方式におけるサポート材は、反応性の化合物を含むことを必須としないため、保存性、及び吐出手段により吐出する際の吐出安定性に優れる。

【0059】

また、溶媒揮散方式におけるサポート材の接着成分としては、融点及び軟化点の少なくともいずれかが、粒子の予熱温度よりも高いことが好ましい。こうすることにより、固化した後のサポート材が、粒子から付与される熱によって融解や軟化を生じることを防止できるため、サポート部の強度を向上させることができ、サポート部のモデル部に対する支持力を向上させることができる。

ここでは、軟化点とは、樹脂などの物質が温度の上昇によって軟化し、変形を始めると

50

きの温度を意味する。通常、物質の温度を上げたとき、物質が完全に液体となる温度を融点と呼ぶが、樹脂などの物質は、明確な融点を示さないで漸次軟化して溶融状態に至り、はっきりした状態の変化を特定しにくいいため、融点と区別して軟化点と呼ぶことがある。

サポート材における接着成分の軟化点は、例えば、ピカット軟化温度 A 5 0 法 (J I S K 7 2 0 6 : 1 9 9 9) によって測定された値をとすることができる。

【 0 0 6 0 】

加えて、溶媒揮散方式におけるサポート材の溶媒としては、沸点が粒子の予熱温度よりも低いことが好ましい。こうすることにより、粒子を予熱する場合、吐出手段により吐出されたサポート材の溶媒が、粒子から付与される熱により揮発可能であるため、より容易にサポート材を固化して粒子同士を接着し、サポート部を形成することができる。サポート部の形成が容易に短時間で可能であると、立体造形物の製造装置の生産性を向上させることができる。

10

【 0 0 6 1 】

さらに、溶媒揮散方式におけるサポート材は、上記の2つの条件を満たすもの、即ち、接着成分の融点及び軟化点の少なくともいずれかが、粒子の予熱温度よりも高く、溶媒の沸点が、粒子の予熱温度よりも低いことがより好ましい。こうすることにより、サポート部のモデル部に対する支持力を向上できるとともに、サポート部の形成が容易に短時間で可能であり、立体造形物の製造装置の生産性を向上させることができる。

【 0 0 6 2 】

〔加熱硬化方式〕

20

加熱硬化方式とは、反応性化合物と硬化剤とを少なくとも含むサポート材を用い、サポート材を加熱することにより、硬化剤を活性化させて、反応性化合物に重合反応を生じさせることで、サポート材を固化する方式である。言い換えると、加熱硬化方式では、吐出手段が吐出したサポート材が、加熱されることにより重合反応を生じて硬化することで、サポート部が形成される。

サポート材を加熱して硬化反応を生じさせる方法としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、加熱手段によるエネルギーの付与などにより、サポート材を加熱することが挙げられる。このように、加熱硬化方式においては、サポート材を固化するための特別な手段を用いることなく、加熱手段などによりサポート材を固化できるため、立体造形物の製造装置の構造が複雑化することを防止できる。また、加熱硬化方式においては、サポート材が硬化する際の体積変化が小さく、サポート部の強度をより高くできるため、サポート部のモデル部に対する支持力をより向上させることができる。

30

【 0 0 6 3 】

加熱硬化方式におけるサポート材は、反応性化合物と、硬化剤とを少なくとも含み、更に必要に応じてその他の成分を含む。

反応性化合物としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、重合性化合物などが挙げられる。重合性化合物としては、例えば、少なくとも1個のエチレン性不飽和二重結合を有する化合物などが挙げられる。エチレン性不飽和重合性化合物は、単官能の重合性化合物や多官能の重合性化合物、又はそれらの混合物の化学形態を有する。

40

また、重合性化合物としては、単官能の重合性化合物が好ましく、単官能の重合性化合物としては、例えば、不飽和カルボン酸と多価アルコール化合物とのエステル類、不飽和カルボン酸とアミン化合物とのアミド類、アクリロイルモルフォリンなどが挙げられる。つまり、加熱硬化方式におけるサポート材が単官能の重合性化合物を含むことが好ましい。こうすることにより、サポート材において架橋が生じないため、液体に対するサポート部の溶解性が高くなるため、サポート部の除去性を向上させることができる。

【 0 0 6 4 】

硬化剤としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、アゾ化合物、有機過酸化物などが挙げられる。

50

加熱硬化方式におけるサポート材のその他の成分としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、希釈剤、重合禁止剤、連鎖移動剤、着色剤、分散安定剤、界面活性剤、浸透促進剤、保湿剤、防カビ剤、防腐剤、酸化防止剤、pH調整剤、増粘剤、フィラー、凝集防止剤、消泡剤などが挙げられる。

【0065】

紫外線硬化方式とは、紫外線が照射されることにより硬化可能なサポート材を用い、紫外線照射手段によりサポート領域に紫外線を照射して、サポート材を硬化させて固化させる方式である。

硬化剤混合方式とは、サポート領域に対して、サポート材を硬化可能な硬化剤を吐出することにより、サポート材を硬化させて固化する方式である。

【0066】

<<加熱手段>>

加熱手段としては、粒子層にエネルギーを付与して加熱可能であれば、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、光を照射する光照射手段、マイクロ波を照射するマイクロ波照射手段、電子を照射する電子線照射手段などが挙げられる。

【0067】

加熱手段は、粒子層におけるモデル領域にエネルギーを付与して加熱することにより、モデル領域における粒子同士を融着させ、立体造形物の一部となるモデル部を形成することが好ましい。つまり、加熱手段は、モデル領域を加熱してモデル部を形成する際は、モデル部形成手段の一部として機能する。

また、加熱手段は、粒子層におけるモデル領域とサポート領域の境界近傍にエネルギーを付与して加熱することにより、モデル領域における粒子とサポート領域における粒子とを融着させることが好ましい。

また、加熱手段は、粒子層におけるサポート領域にエネルギーを付与して加熱することが好ましい。こうすることにより、サポート領域におけるサポート材の固化を促進され、サポート部の形成を短時間で行うことができるため、立体造形物の製造装置の生産性を向上させることができる。

【0068】

加熱手段としては、上記に挙げたものの中でも、光照射手段であることが好ましい。加熱手段が光照射手段であり、モデル材が光を吸収することにより発熱可能なものであると、効率よく短時間で立体造形物を造形することができるため、立体造形物の製造装置の生産性を向上させることができる。

光照射手段としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、ハロゲンランプ、レーザー照射手段、電磁波を照射する電磁波照射手段、赤外線を照射する赤外線照射手段などが挙げられる。

【0069】

ここで、光照射手段として用いることができるハロゲンランプの具体例な製品としては、例えば、ウシオ電機株式会社製ラインタイプハロゲン光源 3W/mm (色温度3,000K、エネルギー密度0.04W/mm²)、ウシオ電機株式会社製ラインタイプハロゲン光源 3W/mm (色温度3,300K、エネルギー密度0.04W/mm²)などが挙げられる。

【0070】

また、加熱手段は、モデル領域における粒子同士の融着と、モデル領域における粒子とサポート領域における粒子との融着とを一括して行うことが好ましい。言い換えると、加熱手段は、モデル部の形成、及びモデル部とサポート部の融着とを、一度の走査で(まとめて)行うことが好ましい。こうすることにより、効率よく短時間で立体造形物を造形することができるため、立体造形物の製造装置の生産性を向上させることができる。

【0071】

ここで、立体造形物の製造装置が有する加熱手段の数としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。

10

20

30

40

50

立体造形物の製造装置が、加熱手段として複数の光照射手段を有する場合、モデル領域における粒子同士の融着と、モデル領域における粒子とサポート領域における粒子との融着とを、異なるエネルギーの光を照射して行うことが好ましい。こうすることにより、モデル領域における粒子同士の融着と、モデル領域における粒子とサポート領域における粒子との融着において、それぞれに合わせて適切なエネルギーを選択することができ、サポート部のモデル部に対する支持力をより向上させることができる。

【0072】

さらに、立体造形物の製造装置が、複数の光照射手段を有する場合、モデル領域における粒子とサポート領域における粒子との融着を、モデル領域における粒子同士の融着の際に照射する光の波長よりも、短い波長の光を照射して行うことが好ましい。

10

こうすることにより、例えば、モデル領域の下側（下面）と接するようにサポート領域を形成する場合などであっても、透過性の高い短波長の光によって、モデル領域とサポート領域の境界に位置する粒子を、より確実に加熱して融着することができる。このため、モデル領域における粒子とサポート領域における粒子との融着を、モデル領域における粒子同士の融着の際に照射する光の波長よりも、短い波長の光を照射して行うことにより、サポート部のモデル部に対する支持力をより向上させることができる。

【0073】

この場合、モデル領域における粒子同士の融着に用いる光照射手段としては、例えば、ウシオ電機株式会社製ライントイプハロゲン光源 3W/mm（色温度3,000K、エネルギー密度0.04W/mm²）を用いることができる。また、モデル領域における粒子とサポート領域における粒子との融着に用いる光照射手段としては、例えば、ウシオ電機株式会社製ライントイプハロゲン光源 3W/mm（色温度3,300K、エネルギー密度0.04W/mm²）を用いることができる。

20

【0074】

[サポート部の除去性]

サポート材が固化して粒子同士を接着することにより形成されたサポート部は、通常、立体造形物の造形が終了した後は、立体造形物を形成するモデル部から除去される。このため、サポート部は、立体造形物を造形が終了した後に、モデル部から除去しやすい物性を有することが好ましい。

【0075】

30

サポート部を除去する方法としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、立体造形物周辺に余剰に付着している粉をエアブロー等で吹き払った後、サポート部を有する状態の立体造形物を、サポート部を選択的に溶解する液体に浸漬させる方法、サポート部を選択的に膨潤させる液体に浸漬し、サポート部の機械的強度を低下させた上で、サポート層を剥離又は破壊する方法などが挙げられる

【0076】

上記の方法の中でも、サポート部を有する状態の立体造形物を、サポート部を選択的に溶解する液体に浸漬させる方法が好ましい。言い換えると、サポート材が固化することにより形成されたサポート部を、モデル部を溶解しない液体に浸漬させることにより除去することが好ましい。こうすることにより、サポート部の除去が容易に短時間で可能であり、立体造形物を製造する際の生産性を高めることができる。

40

また、サポート部を、モデル部を溶解しない液体に浸漬させることにより除去する場合、液体を加熱することや、超音波振動を付与することで、より容易にサポート部を除去することができる。

【0077】

サポート部を有する状態の立体造形物を、サポート部を選択的に溶解する液体に浸漬させてサポート部を除去する場合、サポート材としては、固化したサポート材が、モデル部を溶解しない液体に可溶であることが好ましい。こうすることにより、サポート部の除去が容易に短時間で可能であり、立体造形物を製造する際の生産性を高めることができる。

【0078】

50

また、サポート部を選択的に溶解する液体としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、水、有機溶媒などが挙げられ、安全性、コスト、及び環境負荷などの観点から、水であることが好ましい。

サポート部を選択的に溶解する液体として水を用いる場合、サポート材は、水溶性の接着成分を含むことが好ましい。水溶性の接着成分としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、アクリル酸、アクリルアミド、ビニルアルコール、エチレンイミン、エチレンオキシド、N-ビニル-2-ピロリドン、アクリロイルモルフォリン等の重合性化合物又はそれらの混合物、並びにそれらの重合体などが挙げられる。

【0079】

ここで、サポート部形成手段、モデル部に接触するサポート部の表面における一の箇所と他の箇所とにおける強度が異なるようにサポート部を形成する。

【0080】

<<モデル部に接触するサポート部の表面における一の箇所>>

モデル部に接触するサポート部の表面における一の箇所（以下では、単に「一の箇所」と称することがある）としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。

一の箇所は、例えば、モデル部における外縁近傍領域の少なくとも一部と接することが好ましく、モデル部における外縁近傍領域と接することがより好ましい。

ここで、外縁近傍領域とは、例えば、モデル部で形成された立体造形物における端部の近傍の領域を意味する。

【0081】

<<モデル部に接触するサポート部の表面における他の箇所>>

モデル部に接触するサポート部の表面における他の箇所（以下では、単に「他の箇所」と称することがある）としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。

他の箇所は、例えば、モデル部における外縁近傍領域を除く領域と接することが好ましく、モデル部における外縁近傍領域の内側領域と接することがより好ましい。

ここで、外縁近傍領域の内側領域とは、例えば、モデル部で形成された立体造形物における端部に囲まれた領域を意味する。

【0082】

また、上述したように、サポート部形成手段は、モデル部の下側と接するように、サポート部を形成することが好ましい。つまり、一の箇所及び他の箇所は、モデル部の底面に接触するサポート部の表面に設けられることが好ましい。こうすることにより、立体造形物の反りをより効果的に抑制することができる。

【0083】

さらに、一の箇所は、他の箇所よりも強度が高いことが好ましい。すなわち、サポート部形成手段が、一の箇所が、他の箇所よりも強度が高くなるようにサポート部を形成することが好ましい。

ここで、サポート部における強度とは、サポート部の機械的強度を意味し、強度が高い部分は、変形や破壊に対する耐性が高くなる。

【0084】

以下では、一の箇所の強度が、他の箇所の強度よりも高い場合を例にして説明する。

【0085】

本発明においては、一の箇所が、モデル部における外縁近傍領域の少なくとも一部と接し、他の箇所が、モデル部における外縁近傍領域を除く領域と接することが好ましい。すなわち、サポート部形成手段が、モデル部に接触するサポート部の表面における、一の箇所が、モデル部における外縁近傍領域の少なくとも一部と接し、他の箇所が、モデル部における外縁近傍領域を除く領域と接するようにサポート部を形成することが好ましい。

こうすることにより、反りが発生しやすいモデル部の外縁近傍領域の少なくとも一部には、サポート部における強度の高い領域が位置することになるため、立体造形物の反りな

10

20

30

40

50

どの変形をより抑制することができる。さらに、サポート部を水などの液体に浸漬させて除去する際に、モデル部の外縁近傍領域に接するサポート部は、液体と接触する面積が大きくなりやすいため、強度が高くても除去性が損なわれない。

【0086】

さらに、本発明においては、一の箇所が、モデル部における外縁近傍領域と接し、他の箇所が、モデル部における外縁近傍領域の内側領域と接することが好ましい。すなわち、サポート部形成手段が、モデル部に接触するサポート部の表面における、一の箇所が、モデル部における外縁近傍領域と接し、他の箇所が、モデル部における外縁近傍領域の内側領域と接するようにサポート部を形成することがより好ましい。

こうすることにより、反りが発生しやすいモデル部の外縁近傍領域の略全体にサポート部における強度の高い領域が位置することになるため、立体造形物の反りなどの変形を特に抑制することができる。さらに、サポート部を水などの液体に浸漬させて除去する際に、モデル部の外縁近傍領域に接するサポート部は、液体と接触する面積が大きくなりやすいため、強度が高くても除去性が損なわれない。加えて、液体と接触する面積が小さくなりやすいモデル部における外縁近傍領域の内側領域と接するサポート部は、強度が抑えられているため、サポート部全体における除去性をより高くすることができる。

【0087】

また、上述したように、サポート部形成手段は、モデル部の下側と接するように、サポート部を形成することが好ましい。つまり、一の箇所及び他の箇所は、モデル部の底面に接触するサポート部の表面に設けられることが好ましい。こうすることにより、立体造形物の反りをより抑制することができる。

さらに、本発明においては、サポート部形成手段が、モデル部の底面に接触するサポート部の表面における、一の箇所が、モデル部における外縁近傍領域と接し、他の箇所が、モデル部における外縁近傍領域の内側領域に接するようにサポート部を形成することが特に好ましい。こうすることにより、上述したように、サポート部全体における除去性をより高くすることができるとともに、立体造形物の反りをより効果的に抑制することができる。

【0088】

ここで、一の箇所の強度と他の箇所の強度を異ならせる手法としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、付与するサポート材の量を異ならせる手法、付与するサポート材の組成を異ならせる手法などが挙げられる。

【0089】

一の箇所の強度を他の箇所の強度よりも高くする場合、サポート部形成手段が、一の箇所が他の箇所よりもサポート材を多く含むようにサポート部を形成することが好ましい。こうすることにより、装置の構成及び造形の工程を単純化することができる。

【0090】

付与するサポート材の量を異ならせる場合は、サポート材の吐出回数及び吐出量を制御することにより、サポート領域に含まれるサポート材の量を制御することが好ましい。こうすることにより、サポート材の吐出量を必要分に制御できるため、サポート材を節約することができる。

また、サポート領域において、サポート材の量を少なくしたい箇所に対しては、その箇所に吐出するサポート材の総量を他の場所よりも少なくするとともに、サポート材を複数回に分けてその箇所に吐出することが好ましい。つまり、一の箇所の強度を他の箇所の強度よりも高くする場合、サポート部形成手段が、他の箇所における同一の部分に、サポート材を複数回に分けて付与してサポート部を形成することが好ましい。

【0091】

ここで、サポート材の液滴を粒子層の同一箇所に複数回に分けて吐出することについて説明する。

図1は、第k層目にサポート材の液滴を吐出(塗布)した際のサポート材の浸透挙動の様子の一例を断面から模式的に示した図である。図1では、粒子層31にサポート材の液

10

20

30

40

50

滴 10 を滴下して、液滴 10 が浸透していく様子を示す。

【0092】

図 1 に示されるように、第 k 層目の粒子 20 に液滴 10 を所定の解像度で吐出する。すると、液滴 10 は粒子 20 を液架橋力により凝集させながら、XY 方向及び Z 方向に浸透する。

【0093】

続いて、図 2 で示すように、粒子層 31 の厚みを h とし、隣接する液滴 10 における粒子層 31 に着弾する中心間距離（隣接するドット間の距離）を L としたとき、 $h < L$ となるように吐出することが好ましい。

【0094】

吐出された液滴 10 が第 k 層目を XY 方向及び Z 方向に浸透していくが、 $h < L$ とすることにより、液滴 10 は積層方向である Z 方向に十分浸透する。

立体造形物の積層間強度を確保するためには、粉体層厚み h 間に液滴がしっかり浸透する必要がある。液滴を Z 方向に厚み h 分浸透させるためには、Z 方向に浸透するまでに隣接する液滴と結合しないようにすることが好ましく、 $h < L$ であることが好ましい。

【0095】

なお、 L の上限としては、粒子とサポート材の組み合わせなどによって異なるため、一概にはいえないが、例えば、 $8h$ 以下であることが好ましく、 $4h$ 以下であることがより好ましい。

【0096】

このように、同一箇所を複数回に分けてサポート材を吐出することにより、1 滴で同量の液滴を吐出の場合に比べて、サポート材が Z 方向により浸透しやすくなる。これは、XY 方向に隣接するサポート材と結合して XY 方向にサポート材が濡れ広がる前に、サポート材が Z 方向に浸透するためと考えられる。つまり、同一箇所を複数回に分けてサポート材を吐出することにより、XY 方向へのサポート材の濡れ広がりを抑制することができ、サポート部の強度の制御をより正確に行うことができる。

【0097】

ここで、本発明において、サポート部の強度は、2 段階で区別されるものに限られず、より多段階に区分されていてもよい。この場合、付与するサポート材の量を異ならせることにより、サポート部における強度を 2 段階以上の段階で非連続的に変化させることもできる。こうすることにより、サポート部におけるサポート材の分布をより精密に制御可能となり、サポート部の強度と除去性をより高めることができる。

【0098】

また、一の箇所の強度と他の箇所の強度を異ならせる際に、付与するサポート材の組成を異ならせる場合においては、固化後における粒子に対する接着力の異なるサポート材を用いることが好ましい。すなわち、サポート部形成手段が、一の箇所の形成と他の箇所の形成とを、固化後における粒子に対する接着力の異なるサポート材を付与して行うことが好ましい。こうすることにより、例えば、異なる吐出手段を用いて、異なるサポート材を打ち分けることにより、サポート部の強度を変えられるため、サポート部（領域）を形成する際の制御を簡易化できる。

固化後における粒子に対する接着力の異なるサポート材としては、接着力を生じさせる物質（接着成分）の種類を変えたもの、接着成分の濃度を変えたものなどが挙げられる。

【0099】

さらに、本発明においては、サポート部形成手段が、モデル部に接触しないサポート部の露出表面における第一の箇所と第二の箇所とにおける強度が異なるようにサポート部を形成することが好ましい。

第一の箇所及び第二の箇所としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。

ここで、露出表面とは、モデル部と接触していなく、モデル部（立体造形物）及びサポート部を液体に浸漬した場合に、当該液体と接触する部分を意味する。

10

20

30

40

50

【0100】

露出表面における第一の箇所と第二の箇所とにおけるサポート部の強度が異なることにより、例えば、第一の箇所の強度が第二の箇所の強度より高いとすると、強度が抑えられた第二の箇所が露出表面に位置することになる。この場合、固化したサポート材を溶解可能な液体に浸漬させて立体造形物からサポート部を除去する際に、立体造形物（モデル部）及びサポート部を液体に浸漬させた直後から、強度が抑えられた第二の箇所が液体に接することになる。強度が抑えられた第二の箇所は除去性が高いため、液体に浸漬させることなどにより短時間で除去可能である。

また、第二の箇所が短時間で除去されると、第二の箇所を形成していた粒子がなくなった分だけサポート部の表面積が増えて、液体に対する接触面積も増えるため、サポート部全体の除去性も向上する。したがって、露出表面における第一の箇所と第二の箇所とにおけるサポート部の強度が異なることにより、サポート部の除去性を向上することができる。

10

【0101】

ここで、本発明においては、例えば、モデル部に接触するサポート部の表面における一の箇所と、モデル部に接触しないサポート部の露出表面における第一の箇所とが連続していてもよい。同様に、モデル部に接触するサポート部の表面における他の箇所と、モデル部に接触しないサポート部の露出表面における第二の箇所とが連続していてもよい。

【0102】

<その他の手段>

その他の手段としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、吐出手段における吐出不良の発生を抑制するメンテナンス手段、立体造形物の製造装置の制御を行う制御手段などが挙げられる。

20

【0103】

本発明の立体造形物の製造装置は、少なくとも、層形成手段、モデル部形成手段、及びサポート部形成手段を繰り返して動作させることにより、立体造形物を製造（造形）することができる。同様に、本発明の立体造形物の製造方法は、少なくとも、層形成工程、モデル部形成工程、及びサポート部形成工程を繰り返して行うことにより、立体造形物を製造（造形）することができる。

【0104】

ここで、図22を参照して、モデル領域（モデル部）とサポート領域（サポート部）との界面の状態について説明する。

図22は、モデル部とサポート部の界面の断面を撮影した写真である。本発明の立体造形物の造形装置を使用して作製したサンプルを、エポキシ樹脂で包埋処理後、ガラスナイフで断面出しを行い、撮影用サンプルを作製した。また、図23の電子顕微鏡写真の撮影には、デジタルマイクロスコブであるVHX-2000（株式会社キーエンス社製）を用いた。

30

【0105】

図22に示す電子顕微鏡写真において、符号301で示す領域は、モデル部における粒子であり、溶融して粒界がなくなり、融着していることがわかる。

40

符号302で示す領域は、断面観察のために包埋処理した際に、モデル部中の空隙に充填されたエポキシ樹脂である。

符号303で示す領域は、モデル部とサポート部の界面であり、モデル部及びサポート部の粒子が溶融して粒界がなくなり、融着していることがわかる。

符号304で示す領域は、サポート部における粒子であり、粒界が認められ、粒子同士が接着されていることがわかる。

符号305で示す領域は、サポート材が固化した領域である。

【0106】

このように、本発明の立体造形物の製造装置においては、モデル部とサポート部が融着されていることにより、サポート部の支持力によってモデル部の変形を抑制でき、立体造

50

形物の造形精度を向上できる。

【0107】

以下、本発明の実施形態を説明するが、本発明は、これらの実施形態に何ら限定されるものではない。

なお、下記構成部材の数、位置、形状等は本実施の形態に限定されず、本発明を実施する上で好ましい数、位置、形状等にすることができる。

【0108】

図10は、本発明の立体造形物の製造装置の一実施形態における概略平面図である。図11は、本発明の立体造形物の製造装置の一実施形態における概略側面図である。図12は、本発明の立体造形物の製造装置の一実施形態における造形部を示す概略側面図である。

10

【0109】

図1から3に示す、本発明の立体造形物の製造装置の一実施形態（以下では、単に「立体造形装置」と称することがある）は、粒子が融着して形成された層状造形物である造形層（モデル部）30が形成される造形部1と、造形部1の層状に敷き詰められた粒子層31に、モデル材及びサポート材を吐出する吐出手段としての吐出ユニット5と、粒子層31に光81を照射する加熱手段としての光照射ユニット80を備えている。つまり、本実施形態においては、モデル部形成手段及びサポート部形成手段は、吐出ユニット5及び光照射ユニット80により構成される。なお、モデル材及びサポート材をまとめて「造形液10」と称することがある。

20

【0110】

造形部1は、粒子槽11と、層形成手段の一例（平坦化部材、リコータ）である回転体としての平坦化ローラ12などを備えている。なお、平坦化部材は、回転体に代えて、例えば板状部材（ブレード）とすることもできる。

【0111】

粒子槽11は、粒子20を供給する供給槽21と、造形層30が積層されて立体造形物が造形される造形槽22とを有している。造形前に供給槽21に粒子20を供給する。供給槽21の底部は供給ステージ23として鉛直方向（高さ方向）に昇降自在となっている。同様に、造形槽22の底部は造形ステージ24として鉛直方向（高さ方向）に昇降自在となっている。造形ステージ24上に造形層30が積層された立体造形物が造形される。

30

【0112】

供給ステージ23と造形ステージ24は、モータによって矢印Z方向（高さ方向）に昇降される。

【0113】

平坦化ローラ12は、供給槽21の供給ステージ23上に供給された粒子20を造形槽22に供給し、平坦化部材である平坦化ローラ12によって均して平坦化して、粒子層31を形成する。

この平坦化ローラ12は、造形ステージ24のステージ面（粒子20が積載される面）に沿って矢印Y方向に、ステージ面に対して相対的に往復移動可能に配置され、往復移動機構によって移動される。また、平坦化ローラ12は、モータ26によって回転駆動される。

40

【0114】

吐出ユニット5は、造形ステージ24上の粒子層31に造形液10を吐出する液体吐出ユニット50を備えている。

液体吐出ユニット50は、キャリッジ51と、キャリッジ51に搭載された2つ（1又は3つ以上でもよい。）の液体吐出ヘッド（以下、単に「ヘッド」という。）52a、52bを備えている。

【0115】

キャリッジ51は、ガイド部材54及び55に移動可能に保持されている。ガイド部材54及び55は、両側の側板70、70に昇降可能に保持されている。

50

このキャリッジ 5 1 は、後述する X 方向走査モータ 5 5 0 によってプーリ及びベルトから構成される主走査移動機構を介して主走査方向である矢印 X 方向（以下、単に「X 方向」という。他の Y、Z についても同様とする。）に往復移動される。

【0116】

2つのヘッド 5 2 a、5 2 b（以下、区別しないときは「ヘッド 5 2」を称する。）は、液体を吐出する複数のノズルを配列したノズル列が、それぞれ複数列配置されている。ヘッド 5 2 ノズル列は、造形液 1 0 を吐出する。例えば、ヘッド 5 2 a がモデル材を、ヘッド 5 2 b がサポート材を吐出するようにしてもよい。また、ヘッド 5 2 は、シアン、マゼンタ、イエロー、ブラックなど色がついた造形液をそれぞれ吐出することもできる。なお、ヘッド 5 2 としては、これに限るものではない。

10

【0117】

これらの造形液の各々を収容した複数のタンク 6 0 が、タンク装着部 5 6 に装着され、供給チューブなどを介して造形液 1 0 がヘッド 5 2 a、5 2 b に供給される。

また、X 方向の一方側には、液体吐出ユニット 5 0 のヘッド 5 2 の維持回復を行うメンテナンス機構 6 1 が配置されている。

【0118】

メンテナンス機構 6 1 は、キャップ 6 2 とワイパ 6 3 を有する。メンテナンス機構 6 1 は、キャップ 6 2 をヘッド 5 2 のノズル面（ノズルが形成された面）に密着させ、ノズルから造形液 1 0 を吸引することにより、ノズルに詰まった粒子の排出や高粘度化した造形液を排出させる。また、ノズルのメニスカス形成（ノズル内は負圧状態である）のため、ノズル面をワイパ 6 3 でワイピング（払拭）する。メンテナンス機構 6 1 は、造形液 1 0 の吐出が行われない場合に、ヘッドのノズル面をキャップ 6 2 で覆い、粒子 2 0 がノズルに混入することや造形液 1 0 が乾燥することを防止する。

20

【0119】

吐出ユニット 5 は、ベース部材 7 上に配置されたガイド部材 7 1 に移動可能に保持されたスライダ部 7 2 を有し、吐出ユニット 5 全体が X 方向と直交する Y 方向（副走査方向）に往復移動可能である。この吐出ユニット 5 は、後述するモータ 5 5 2 を含む走査機構によって全体が Y 方向に往復移動される。

【0120】

液体吐出ユニット 5 0 は、ガイド部材 5 4、5 5 とともに矢印 Z 方向に昇降可能に配置され、後述するモータ 5 5 1 を含む昇降機構によって Z 方向に昇降される。

30

【0121】

光照射ユニット 8 0 は、ヘッド 5 2 から造形液 1 0 が吐出された領域上に、光 8 1 を照射しながら走査する。光照射ユニット 8 0 をキャリッジ 5 1 内に備えることで、ヘッド 5 2 と駆動を共有することも可能だが、個別に駆動源を用意することで、光照射ユニット単体での X 方向間の駆動を行うことも可能である。

また、光照射ユニット 8 0 は、ヘッド 5 2 の左右にそれぞれ配置してもよいし、どちらか片方に配置してもよい。

【0122】

ここで、造形部 1 の詳細について説明する。

40

粒子槽 1 1 は、箱型形状であり、上面が開放された槽である、供給槽 2 1、造形槽 2 2、及び余剰粒子受け槽 2 5 を備えている。供給槽 2 1 内部には供給ステージ 2 3 が、造形槽 2 2 内部には造形ステージ 2 4 がそれぞれ昇降可能に配置される。

【0123】

供給ステージ 2 3 の側面は、供給槽 2 1 の内側面に接するように配置されている。造形ステージ 2 4 の側面は造形槽 2 2 の内側面に接するように配置されている。これらの供給ステージ 2 3 及び造形ステージ 2 4 の上面は水平に保たれている。

【0124】

平坦化ローラ 1 2 は、供給槽 2 1 から粒子 2 0 を造形槽 2 2 へと移送供給して、表面を均すことで平坦化して所定の厚みの層状の粒子である粒子層 3 1 を形成する。

50

この平坦化ローラ 12 は、造形槽 22 及び供給槽 21 の内寸（即ち、粒子 20 が供される部分又は仕込まれている部分の幅）よりも長い棒状部材であり、往復移動機構によってステージ面に沿って Y 方向（副走査方向）に往復移動される。

この平坦化ローラ 12 は、モータ 26 によって回転されながら、供給槽 21 の外側から供給槽 21 及び造形槽 22 の上方を通過するようにして水平移動する。これにより、粒子 20 が造形槽 22 上へと移送供給され、平坦化ローラ 12 が造形槽 22 上を通過しながら粒子 20 を平坦化することで粒子層 31 が形成される。

【0125】

また、図 12 にも示すように、平坦化ローラ 12 の周面に接触して、平坦化ローラ 12 に付着した粒子 20 を除去するための粒子除去部材である粒子除去板 13 が配置されている。

10

粒子除去板 13 は、平坦化ローラ 12 の周面に接触した状態で、平坦化ローラ 12 とともに移動する。また、粒子除去板 13 は、平坦化ローラ 12 が平坦化を行うときの回転方向に回転するときにカウンタ方向でも、順方向での配置可能である。

【0126】

本実施形態では、造形部 1 の粒子槽 11 が、供給槽 21 と、造形槽 22 と、余剰粉体受け槽 25 の 3 つの槽を有しているが、供給層 21 を設けずに、造形槽 22 に粒子供給装置から粒子を供給して、平坦化手段で平坦化する形態であってもよい。

【0127】

次に、立体造形物の製造装置 601 の制御部の概要について、図 13 を参照して説明する。

20

制御手段としての制御部 500 は、この立体造形装置全体の制御を司る CPU 501 と、CPU 501 に本発明に係わる制御を含む立体造形動作の制御を実行させるためのプログラムを含むプログラム、その他の固定データを格納する ROM 502 と、造形データ等を一時格納する RAM 503 とを含む主制御部 500A を備えている。

【0128】

制御部 500 は、装置の電源が遮断されている間もデータを保持するための不揮発性メモリ（NVRAM）504 を備えている。また、制御部 500 は、画像データに対する各種信号処理等を行う画像処理やその他装置全体を制御するための入出力信号を処理する ASIC 505 を備えている。

30

【0129】

制御部 500 は、外部の造形データ作成装置 600 から造形データを受信するときに使用するデータ及び信号の送受を行うための I/F 506 を備えている。なお、造形データ作成装置 600 は、最終形態の造形物を各造形層にスライスした造形データを作成する装置であり、パーソナルコンピュータ等の情報処理装置により実現可能である。

【0130】

制御部 500 は、各種センサの検知信号を取り込むための I/O 507 を備えている。

制御部 500 は、液体吐出ユニット 50 の各ヘッド 52 を駆動制御するヘッド駆動制御部 508 を備えている。

制御部 500 は、液体吐出ユニット 50 のキャリッジ 51 を X 方向（主走査方向）に移動させる X 方向走査機構 550 を構成するモータを駆動するモータ駆動部 510 と、吐出ユニット 5 を Y 方向（副走査方向）に移動させる Y 方向走査機構 552 を構成するモータを駆動するモータ駆動部 512 を備えている。

40

制御部 500 は、液体吐出ユニット 50 のキャリッジ 51 を Z 方向に移動（昇降）させる Z 方向昇降機構 551 を構成するモータを駆動するモータ駆動部 511 を備えている。なお、矢印 Z 方向への昇降は吐出ユニット 5 全体を昇降させる構成とすることもできる。

制御部 500 は、供給ステージ 23 を昇降させるモータ 27 を駆動するモータ駆動部 513 と、造形ステージ 24 を昇降させるモータ 28 を駆動するモータ駆動部 514 を備えている。

制御部 500 は、平坦化ローラ 12 を移動させる往復移動機構 25 のモータ 553 を駆

50

動するモータ駆動部 5 1 5 と、平坦化ローラ 1 2 を回転駆動するモータ 2 6 を駆動する 5 1 6 を備えている。

制御部 5 0 0 は、供給槽 2 1 に粒子 2 0 を供給する粒子供給装置 1 0 1 を駆動する供給系駆動部 5 1 7 と、液体吐出ユニット 5 0 のメンテナンス機構 6 1 を駆動するメンテナンス駆動部 5 1 8 を備えている。

制御部 5 0 0 の I / O 5 0 7 には、装置の環境条件としての温度及び湿度を検出する温湿度センサ 5 6 0 などの検知信号やその他のセンサ類の検知信号が入力される。

制御部 5 0 0 には、この装置に必要な情報の入力及び表示を行うための操作パネル 5 2 2 が接続されている。

【 0 1 3 1 】

次に、立体造形物の製造（造形）の流れについて、図 1 4 A から 1 4 F を参照して説明する。図 1 4 A から 1 4 F は、立体造形物の造形の流れの一例を示す模式図である。

造形槽 2 2 の造形ステージ 2 4 上に、1 層目の造形層 3 0 が形成されている状態から説明する。

造形層 3 0 上に次の造形層 3 0 を形成するときには、図 1 4 A に示すように、供給槽 2 1 の供給ステージ 2 3 を Z 1 方向に上昇させ、造形槽 2 2 の造形ステージ 2 4 を Z 2 方向に下降させる。

【 0 1 3 2 】

このとき、造形槽 2 2 の上面（粒子層表面）と平坦化ローラ 1 2 の下部（下方接線部）との間隔が t となるように造形ステージ 2 4 の下降距離を設定する。この間隔 t が次に形成する粒子層 3 1 の厚さに相当する。間隔 t は、数十～100 μm 程度であることが好ましい。

【 0 1 3 3 】

次いで、図 1 4 B に示すように、供給槽 2 1 の上面レベルよりも上方に位置する粒子 2 0 を、平坦化ローラ 1 2 を順方向（矢印方向）に回転しながら Y 2 方向（造形槽 2 2 側）に移動することで、粒子 2 0 を造形槽 2 2 へと移送供給する（粒子供給）。

【 0 1 3 4 】

さらに、図 1 4 C に示すように、平坦化ローラ 1 2 を造形槽 2 2 の造形ステージ 2 4 のステージ面と平行に移動させ、図 1 4 D に示すように、造形ステージ 2 4 の造形層 3 0 上で所定の厚さ t になる粒子層 3 1 を形成する（平坦化）。粒子層 3 1 を形成後、平坦化ローラ 1 2 は、図 1 4 D に示すように、Y 1 方向に移動されて初期位置に戻される。

【 0 1 3 5 】

ここで、平坦化ローラ 1 2 は、造形槽 2 2 及び供給槽 2 1 の上面レベルとの距離を一定に保って移動できるようになっている。一定に保って移動できることで、平坦化ローラ 1 2 で粒子 2 0 を造形槽 2 2 の上へと搬送させつつ、造形槽 2 2 上又は既に形成された造形層 3 0 の上に均一厚さ t の粒子層 3 1 を形成できる。

【 0 1 3 6 】

その後、図 1 4 E に示すように、液体吐出ユニット 5 0 のヘッド 5 2 から造形液 1 0 の液滴を、造形槽 2 2 の所望の位置に吐出して、モデル領域及びサポート領域の少なくともいずれかを形成する。そして、図 1 4 F に示すように、光照射ユニット 8 0 が、光 8 1 を照射しながら造形槽 2 2 上を走査することにより、粒子層 3 1 を加熱し粒子同士を融着させ、モデル部（造形層 3 0）及びサポート部の少なくともいずれかを形成する。

【 0 1 3 7 】

次いで、上述した粒子の供給・平坦化による粒子層 3 1 を形成する工程、ヘッド 5 2 による造形液吐出工程、光照射ユニット 8 0 による加熱工程を繰り返して新たな造形層 3 0 を形成する。このとき、新たな造形層 3 0 とその下層の造形層 3 0 とは一体化して三次元形状造形物の一部となる。

以後、粒子の供給・平坦化による粒子層 3 1 を形成する工程、ヘッド 5 2 による造形液吐出工程、光照射ユニット 8 0 による加熱を必要な回数繰り返すことによって、三次元形状造形物（立体造形物）を製造する。

10

20

30

40

50

【0138】

図15は、サポート領域を形成する際の流れの一例を示す説明図である。

まず、図15の左部に示すように、平坦化ローラ12を回転させながら矢印Y2の向きに移動させることで粒子20を含む粒子層31を形成する。次に、図15の中央部に示すように、ヘッド52により、サポート材(サポートインク)10sを粒子層31に吐出して、サポート領域201を形成する。そして、図15の右部に示すように、形成されたサポート領域におけるサポート材10sは、予熱された粒子20からの熱などにより固化し、固化したサポート材202となる。固化したサポート材202により、粒子20同士が接着されサポート領域200となる。

【0139】

図16は、モデル領域及びモデル部を形成する際の流れの一例を示す説明図である。

まず、図16の左部に示すように、図15に示す動作により形成したサポート部200が存在する粒子層31の上に、平坦化ローラ12を回転させながら矢印Y2の向きに移動させることで、新たな粒子層31を形成する。次に、図16の中央部に示すように、ヘッド52により、モデル材(モデルインク)10mを粒子層31に吐出して、モデル領域101を形成する。

そして、図16の右部に示すように、形成されたモデル領域101における粒子20は、光照射ユニット80が照射する光81により加熱され、モデル材10mが光81を吸収して発熱することなどにより、粒子20同士が融着してモデル部(造形層)30となる。このとき、モデル領域101の一部における粒子20と、サポート領域201(サポート部200)の一部における粒子20も、光照射ユニット80が照射する光81により加熱されて融着する。

図16に示した工程を、所定の回数繰り返すことにより、モデル部30を積層して立体造形物を製造する。

【0140】

図17は、立体造形物からサポート部を除去する際の流れの一例を示す説明図である。

まず、図17の左部に示すように、エアブロー等で生じさせた風90を吹き付けることで、モデル部30が積層された立体造形物の周辺に付着している粒子20を除去する。次に、図17の右部に示すように、立体造形物とサポート部200を、固化したサポート材202を溶解可能な液体91に浸漬させ、サポート部200を立体造形物から除去して、最終的な所望の形状を有する立体造形物を作製する。

【0141】

図18は、溶媒揮散方式を用いて形成したサポート部の一例を示す図である。

図18に示すように、溶媒揮散方式においては、サポート材10sの溶媒を揮発させることでサポート部200を形成するため、吐出したサポート材10sの体積よりも固化したサポート材202の体積の方が小さくなる。このため、溶媒揮散方式においては、図18に示すように、固化したサポート材202が、粒子20の周りをコーティングしたような状態になると考えられる。

なお、上述したように、溶媒揮散方式においては、例えば、粒子20の予熱や光照射ユニット80が付与する光81などにより、吐出されたサポート材10sが加熱されて溶媒が揮発することにより固化し、サポート部200が形成される。

【0142】

図19は、加熱硬化方式を用いて形成したサポート部の一例を示す図である。

図19に示すように、加熱硬化方式においては、サポート材10sの反応性化合物に重合反応を生じさせることでサポート部200を形成するため、溶媒揮散方式を用いる場合よりも、固化したサポート材202の体積の減少量が小さくなる。このため、加熱硬化方式においては、図18に示すように、固化したサポート材202が、粒子20の間を満たすような状態になると考えられる。

なお、上述したように、加熱硬化方式においては、例えば、粒子20の予熱や光照射ユニット80が付与する光81などにより、吐出されたサポート材10sが加熱されること

10

20

30

40

50

で、硬化剤を活性化させ、反応性化合物に重合反応を生じさせることにより、サポート部 200 が形成される。

【0143】

図20は、複数の光照射手段を用いて粒子を融着させる場合の流れの一例を示す説明図である。

まず、図20の左から1つ目の部分に示すように、図16の左部と同様に、サポート部 200 が存在する粒子層 31 の上に、平坦化ローラ 12 を回転させながら矢印 Y2 の向きに移動させることで、新たな粒子層 31 を形成する。次に、図20の左から2つ目の部分に示すように、図16の中央部と同様に、ヘッド 52 により、モデル材（モデルインク） 10m を粒子層 31 に吐出して、モデル領域 101 を形成する。

10

そして、図20の左から3つ目の部分に示すように、形成されたモデル領域 101 における粒子 20 は、第1の光照射ユニット 80a が照射する光 81a により加熱され、モデル材 10m が光 81 を吸収して発熱することなどにより、粒子 20 同士が融着してモデル部（造形層） 30 となる。続いて、図20の左から4つ目の部分に示すように、モデル領域 101 の一部における粒子 20 と、サポート領域 201（サポート部 200）の一部における粒子 20 を、第2の光照射ユニット 80b が照射する光 81b により加熱して融着する。

【0144】

このとき、第1の光照射ユニット 80a が照射する光 81a と第2の光照射ユニット 80b が照射する光 81b とにおいては、図21に示すように、第2の光照射ユニット 80b が照射する光 81b の方が短波長側にピークを有する。こうすることにより、図20に示すように、モデル領域 101 の下側にサポート領域 201 を形成する場合であっても、透過性の高い短波長の光によって、モデル領域 101 とサポート領域 201（又はサポート部 200）の境界に位置する粒子を、より確実に加熱して融着することができる。

20

【0145】

ここからは、本実施形態におけるサポート部の除去性について、詳細に説明する。まず、本実施形態の効果を明確に説明するため、従来技術の問題点について説明する。

図23Aから図23Hは、従来技術において、立体造形物からサポート部を液体に浸漬させて除去する際の様子の一例を示す説明図である。

【0146】

図23Aから23Hにおいて、サポート部 200 を形成する粒子 20s に付された数字は、当該粒子 20s における周囲の粒子との接着力の強さを図示したものである。また、図23Aから23Hにおいて、破線Wは、サポート部を溶解可能な液体との接触面を図示したものである。

30

図23Aから図23Hに示す例においては、破線Wと一面で接している粒子 20s が、10分ごとに一段階の割合で接着力が下がる場合を示し、接着力が「0」になった粒子 20s は、サポート部 200 から離脱し、除去されるものとする。また、例えば、図23Aの左下の隅に位置する粒子 20 は、破線Wと二面で接しているため、10分で二段階、接着力が下がるものとする。図23Aから23Hに示す例においては、サポート部 200 を形成する粒子 20s の接着力は、全て「4」であるとする。

40

【0147】

まず、図23Aは、従来技術において、モデル部 30 及びモデル部 30 を支持するサポート部 200 を、サポート部 200 を溶解可能な液体に浸漬させた直後の様子の一例を示している。

次に、図23Bは、従来技術において、モデル部 30 及びモデル部 30 を支持するサポート部 200 を、サポート部 200 を溶解可能な液体に浸漬してから10分後の様子の一例を示している。図23Bに示すように、破線Wと一面で接している粒子 20s は、接着力が「1」低下して「3」となっており、破線Wと二面で接している粒子 20s は、接着力が「2」低下して「2」となっている。

【0148】

50

続いて、図23Cは、従来技術において、モデル部30及びモデル部30を支持するサポート部200を、サポート部200を溶解可能な液体に浸漬させてから20分後の様子の一例を示している。図23Cに示すように、サポート部200の端部（左右の端）に位置していた粒子20sは、接着力が「0」となり、サポート部200から離脱して除去される。このとき、サポート部200の形状が変化し、破線Wと二面で接している粒子20sが4つとなる。

図23Dは、従来技術において、モデル部30及びモデル部30を支持するサポート部200を、サポート部200を溶解可能な液体に浸漬させてから30分後の様子の一例を示している。さらに4つの粒子20sの接着力が「0」となり、サポート部200から離脱して除去される。

10

【0149】

図23Eは、従来技術において、モデル部30及びモデル部30を支持するサポート部200を、サポート部200を溶解可能な液体に浸漬させてから40分後の様子の一例を示している。さらに4つの粒子20sの接着力が「0」となり、サポート部200から離脱して除去され、サポート部200の下側の一層分の除去が完了する。

図23Fは、従来技術において、モデル部30及びモデル部30を支持するサポート部200を、サポート部200を溶解可能な液体に浸漬させてから50分後の様子の一例を示している。さらに2つの粒子20sの接着力が「0」となり、サポート部200から離脱して除去される。

20

【0150】

図23Gは、従来技術において、モデル部30及びモデル部30を支持するサポート部200を、サポート部200を溶解可能な液体に浸漬させてから65分後の様子の一例を示している。さらに2つの粒子20sの接着力が「0」となり、サポート部200から離脱して除去される。ここで、サポート部200を形成している粒子20sの接着力は、ともに「1.5」となる。

【0151】

図23Hは、従来技術において、モデル部30及びモデル部30を支持するサポート部200を、サポート部200を溶解可能な液体に浸漬させてから72.5分後の様子の一例を示している。さらに2つの粒子20sの接着力が「0」となり、サポート部200の除去が完了する。

30

このように、従来技術におけるサポート部は、一様の強度を有するため、サポート部を溶解可能な液体に浸漬させて除去する場合には、サポート部の端部から徐々に除去されてくため、除去性が悪い（除去に時間がかかる）場合があった。

【0152】

また、図24は、従来技術における、モデル部及びサポート部の冷却時の様子の一例を示す図である。図25は、従来技術における、モデル部及びサポート部の冷却時の様子の一例を示す図である。

図24に示すように、モデル部（造形層）30の積層が完了した後に、モデル部30を冷却する際には、図24中の色付き矢印で示す方向に、モデル部30内の温度ムラなどに起因して残留応力が生じる。この場合、サポート部200が接着力の高い粒子20saで形成されているときは、サポート部200の強度が高いため、残留応力によるモデル部30の変形（例えば、反り）を抑制することができる。

40

一方、図25に示すように、サポート部200が接着力の低い粒子20sbで形成されているときは、サポート部200の強度が低いため、サポート部200が形状を保つことができず、残留応力によるモデル部30の変形が生じてしまうという問題がある。この問題は、造形時などに造形面最上部が冷めやすく、モデル部に温度ムラが生じやすいHSS方式の立体造形物の製造装置などにおいて特に顕著となる。

【0153】

ここで、図26Aから26Eは、本発明の一実施形態において、立体造形物からサポート部を液体に浸漬させて除去する際の様子の一例を示す説明図である。

50

図26Aは、本実施形態において、モデル部30及びモデル部30を支持するサポート部200を、サポート部200を溶解可能な液体に浸漬させた直後の様子の一例を示している。図26Aに示すように、本実施形態においては、サポート部200がモデル部30の底面に接触するように設けられている。さらに、モデル部30における外縁近傍領域と接するように接着力が高い（接着力「4」）粒子20saが位置し、当該外縁近傍領域の内側領域と接するように接着力が弱い（接着力「3」）粒子20sbが位置する。本実施形態においては、例えば、粒子20saで形成される箇所が「一の箇所」に該当し、粒子20sbで形成される箇所が「他の箇所」に該当すると扱ってもよい。

【0154】

次に、図26Bは、本実施形態において、モデル部30及びモデル部30を支持するサポート部200を、サポート部200を溶解可能な液体に浸漬させてから20分後の様子の一例を示している。図26Bに示すように、サポート部200の端部（左右の端）に位置していた粒子20saは、接着力が「0」となり、サポート部200から離脱して除去される。

図26Cは、本実施形態において、モデル部30及びモデル部30を支持するサポート部200を、サポート部200を溶解可能な液体に浸漬させてから30分後の様子の一例を示している。図26Cに示すように、ここで4つの粒子20sa及び4つの粒子20sb、即ち、合計8つもの粒子20の接着力が「0」となり、サポート部200から離脱して、サポート部200の下側の一層分の除去が完了する。

【0155】

図26Dは、本実施形態において、モデル部30及びモデル部30を支持するサポート部200を、サポート部200を溶解可能な液体に浸漬させてから50分後の様子の一例を示している。図26Dに示すように、さらに2つの粒子20saの接着力が「0」となり、サポート部200から離脱して除去させる。

図26Eは、本実施形態において、モデル部30及びモデル部30を支持するサポート部200を、サポート部200を溶解可能な液体に浸漬させてから60分後の様子の一例を示している。図26Eに示すように、ここで2つの粒子20sa及び2つの粒子20sb、即ち、合計4つの粒子20の接着力が「0」となり、サポート部200から離脱して、サポート部200の除去が完了する。

【0156】

図23Aから23Hに示した従来技術においては、サポート部が除去されるまでに、72.5分かかる計算となるのに対し、図26Aから26Eに示した本実施形態においては、60分でサポート部が除去できる計算であり、サポート部の除去に必要とされる時間を12.5分（17%）短縮することができる。このように、本実施形態においては、サポート部の除去性を向上させることができる。

また、接着力が弱い粒子20sbで形成される箇所を、サポート材の吐出量を減らすことにより形成する場合は、サポート材の使用量を抑制することができる。

【0157】

加えて、図26Aから26Eに示した本実施形態では、サポート部200においては、モデル部30における外縁近傍領域と接するように接着力が高い（接着力「4」）粒子20saが位置し、当該外縁近傍領域の内側領域と接するように接着力が弱い（接着力「3」）粒子20sbが位置する。

こうすることにより、反りが発生しやすいモデル部30の外縁近傍領域の略全体にサポート部200における強度の高い領域が位置することになるため、立体造形物の反りなどの変形を特に抑制することができる。さらに、モデル部30の外縁近傍領域に接するサポート部200を形成する粒子20saは、液体と接触する面積が大きく、強度が高くても除去性が損なわれない。また、液体と接触する面積が小さくなりやすい、モデル部30における外縁近傍領域の内側領域と接するサポート部200を形成する粒子20sbは、強度が抑えられているため除去性が高くなっており、サポート部全体における除去性をより高くすることができる。

10

20

30

40

50

【0158】

図27は、本実施形態における、モデル部及びサポート部の冷却時の様子の一例を示す図である。図24の場合と同様に、モデル部30を冷却する際に、図27中の左部における色付き矢印で示す方向に、残留応力が生じる。このとき、図27に示すように、サポート部200に対しては、図27の右部の色付き矢印で示す方向に力がかかるが、接着力が弱い粒子20sbで形成される部分には、モデル部からの圧縮応力（積層方向下向きの力）が加わることになる。そのため、サポート部200における接着力が弱い粒子20sbで形成される部分の支持力は、接着力が強い粒子20saよりも低くても問題なく、残留応力によるモデル部30の変形（例えば、反り）を抑制することができる。

【0159】

また、サポート部200の強度の分布としては、例えば、モデル部30及びモデル部30を支持するサポート部200を、サポート部200を溶解可能な液体に浸漬させた直後において、液体との接触面積が小さい部分に、接着力が弱い粒子20sbが位置するようにすることも好ましい。こうすることにより、サポート部の除去性をより向上させることができる。

さらに、サポート部200の強度の分布を、例えば、モデル部30及びモデル部30を支持するサポート部200を、サポート部200を溶解可能な液体に浸漬させて、所定時間が経過した後における液体との接触面積を考慮して制御することも好ましい。こうすることにより、サポート部の除去性を特に向上させることができる。

【0160】

図28は、他の実施形態における、モデル部及びサポート部の強度の分布の一例を示す説明図である。図28に示すように、本発明においては、サポート部200を、強度の異なる部分である、粒子20sa、粒子20sb、粒子20sc、粒子20sdで形成するなどして、サポート部における強度を2段階以上の段階で非連続的に変化させることもできる。こうすることにより、サポート部におけるサポート材の分布をより精密に制御可能となり、サポート部の強度と除去性をより高めることができる。

【0161】

以上、説明したように、本発明の立体造形物の製造装置は、粒子を含む粒子層を形成する層形成手段と、粒子層にモデル材を付与して形成したモデル領域を固化させてモデル部を形成するモデル部形成手段と、粒子層にサポート材を付与して形成したサポート領域を固化させてサポート部を形成するサポート部形成手段とを有する。さらに、本発明の立体造形物の製造装置においては、サポート部形成手段が、モデル部に接触するサポート部の表面における一の箇所と他の箇所とにおける強度が異なるようにサポート部を形成する。

これにより、本発明の立体造形物の製造装置は、立体造形物の一部であるモデル部を支持するサポート部の除去性を向上できる。

【0162】

本発明の態様としては、例えば、以下のとおりである。

<1> 粒子を含む粒子層を形成する層形成手段と、

前記粒子層にモデル材を付与して形成したモデル領域を固化させてモデル部を形成するモデル部形成手段と、

前記粒子層にサポート材を付与して形成したサポート領域を固化させてサポート部を形成するサポート部形成手段と、

を有し、

前記サポート部形成手段が、前記モデル部に接触する前記サポート部の表面における一の箇所と他の箇所とにおける強度が異なるように前記サポート部を形成する、

ことを特徴とする立体造形物の製造装置である。

<2> 前記サポート部における固化した前記サポート材が、前記モデル部を溶解しない液体に可溶である、前記<1>に記載の立体造形物の製造装置である。

<3> 前記サポート部形成手段が、

前記モデル部に接触する前記サポート部の表面における、

10

20

30

40

50

前記一の箇所が、前記モデル部における外縁近傍領域の少なくとも一部と接し、
前記他の箇所が、前記モデル部における前記外縁近傍領域を除く領域と接するように前記サポート部を形成する、前記< 1 >から< 2 >に記載の立体造形物の製造装置である。

< 4 > 前記サポート部形成手段が、
前記モデル部に接触する前記サポート部の表面における、
前記一の箇所が、前記モデル部における外縁近傍領域と接し、
前記他の箇所が、前記モデル部における前記外縁近傍領域の内側領域と接するように前記サポート部を形成する、前記< 1 >から< 3 >のいずれかに記載の立体造形物の製造装置である。

< 5 > 前記サポート部形成手段が、
前記モデル部の底面に接触する前記サポート部の表面における、
前記一の箇所が、前記モデル部における外縁近傍領域と接し、
前記他の箇所が、前記モデル部における前記外縁近傍領域の内側領域に接するように前記サポート部を形成する、前記< 1 >から< 4 >のいずれかに記載の立体造形物の製造装置である。

< 6 > 前記サポート部形成手段が、
前記一の箇所が、前記他の箇所よりも前記強度が高くなるように前記サポート部を形成する、前記< 1 >から< 5 >のいずれかに記載の立体造形物の製造装置である。

< 7 > 前記サポート部形成手段が、
前記一の箇所が、前記他の箇所よりも前記サポート材を多く含むように前記サポート部を形成する、前記< 1 >から< 6 >のいずれかに記載の立体造形物の製造装置である。

< 8 > 前記サポート部形成手段が、
前記他の箇所における同一の部分に、前記サポート材を複数回に分けて付与して前記サポート部を形成する、前記< 7 >に記載の立体造形物の製造装置である。

< 9 > 前記サポート部形成手段が、
前記一の箇所の形成と前記他の箇所の形成とを、固化後における前記粒子に対する接着力の異なる前記サポート材を付与して行う、前記< 1 >から< 8 >のいずれかに記載の立体造形物の製造装置である。

< 10 > 前記サポート部形成手段が、
前記モデル部に接触しない前記サポート部の露出表面における第一の箇所と第二の箇所とにおける強度が異なるように前記サポート部を形成する、前記< 1 >から< 9 >のいずれかに記載の立体造形物の製造装置である。

< 11 > 前記モデル部形成手段及び前記サポート部形成手段が、
前記モデル材及び前記サポート材を吐出する吐出手段と、
前記モデル領域が形成された前記粒子層を、エネルギーを付与して加熱することにより、前記モデル領域における前記粒子どうしを融着させる加熱手段と、
を有する前記< 1 >から< 10 >のいずれかに記載の立体造形物の製造装置である。

< 12 > 前記加熱手段が、
前記モデル領域における前記粒子と前記サポート領域における前記粒子とを融着させる、前記< 11 >に記載の立体造形物の製造装置である。

< 13 > 粒子を含む粒子層を形成する層形成工程と、
前記粒子層にモデル材を付与して形成したモデル領域を固化させてモデル部を形成するモデル部形成工程と、

前記粒子層にサポート材を付与して形成したサポート領域を固化させてサポート部を形成するサポート部形成工程と、

を含み、
前記サポート部形成工程において、前記モデル部に接触する前記サポート部の表面における一の箇所と他の箇所とにおける強度が異なるように前記サポート部を形成する、
ことを特徴とする立体造形物の製造方法である。

【 0 1 6 3 】

10

20

30

40

50

前記< 1 > から< 1 2 > のいずれかに記載の立体造形物の製造装置及び前記< 1 3 > に記載の立体造形物の製造方法によれば、従来における諸問題を解決し、本発明の目的を達成することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0164】

【特許文献1】特開2015-136915号公報

【符号の説明】

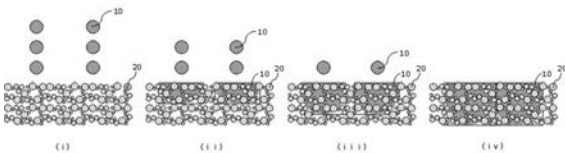
【0165】

- 10 m モデル材
- 10 s サポート材
- 12 平坦化ローラ（層形成手段の一部）
- 20 粒子
- 30 モデル部（造形層）
- 31 粒子層
- 52 ヘッド（モデル部形成手段及びサポート部形成手段の一例としての吐出手段の具体例）
- 80 光照射ユニット（モデル部形成手段及びサポート部形成手段の一例としての加熱手段の具体例）
- 101 モデル領域
- 200 サポート部
- 201 サポート領域（非モデル領域）
- 601 立体造形物の製造装置

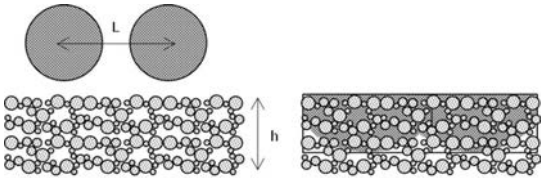
10

20

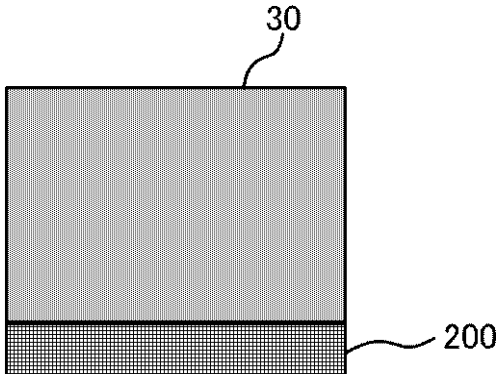
【図1】



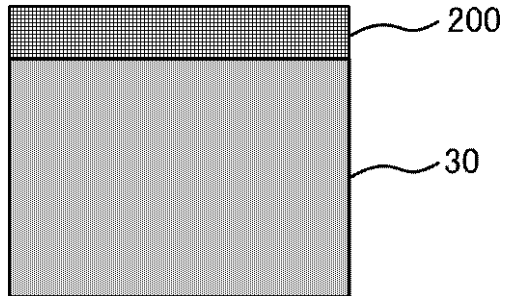
【図2】



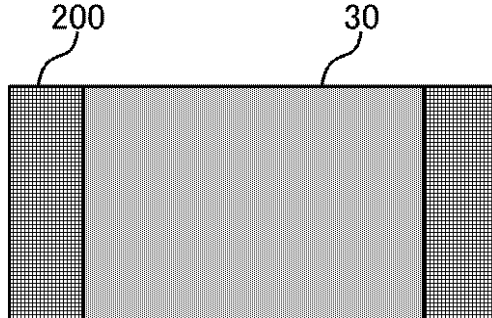
【図3】



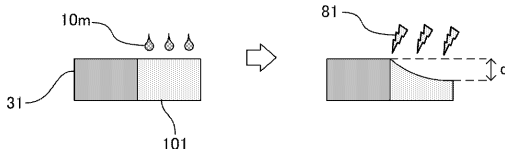
【図4】



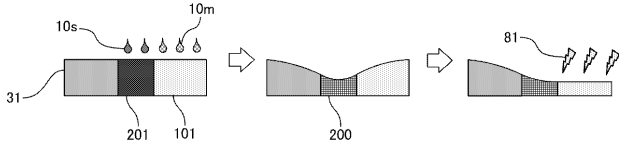
【図5】



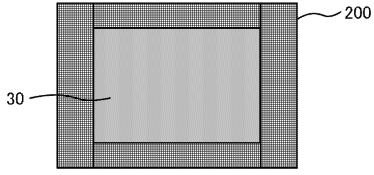
【図6】



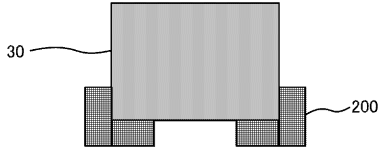
【図7】



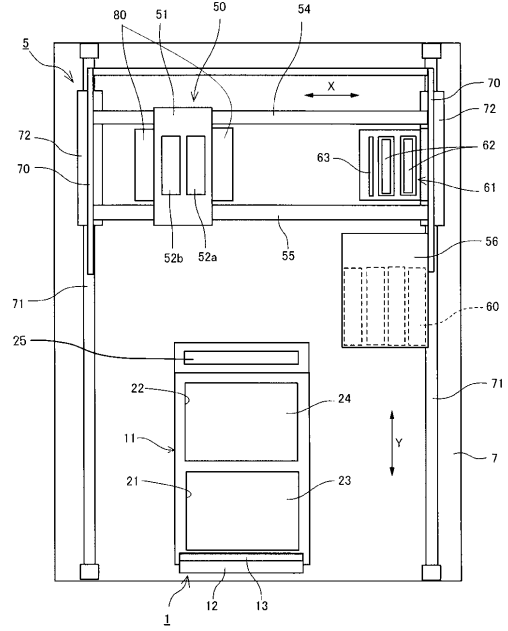
【図8】



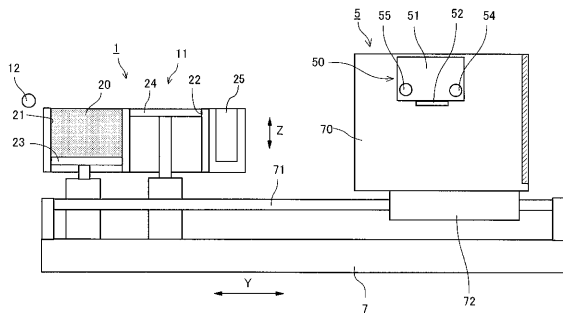
【図9】



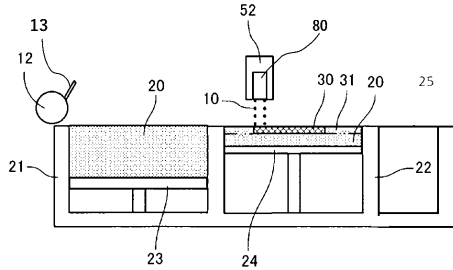
【図10】



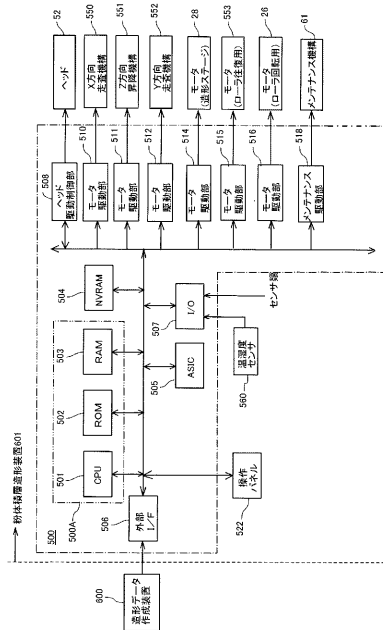
【図11】



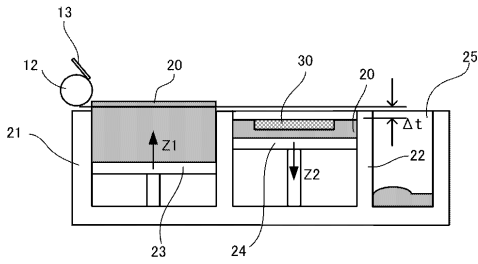
【図12】



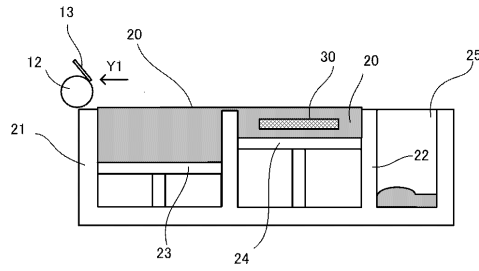
【図13】



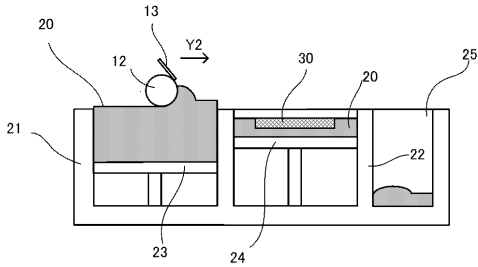
【図14A】



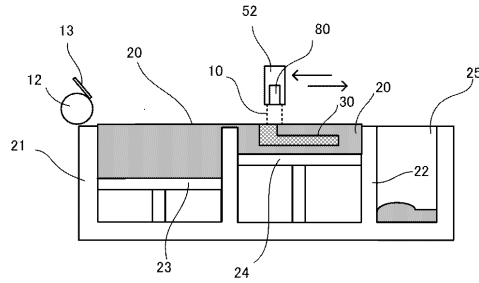
【図14D】



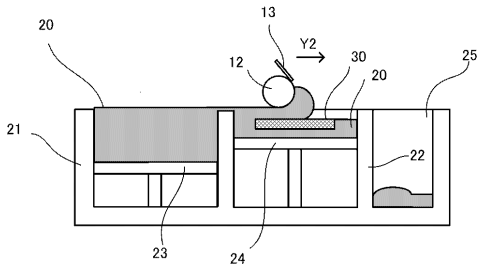
【図14B】



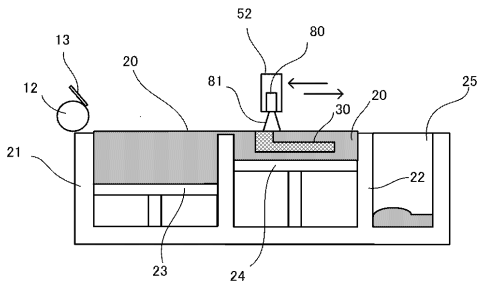
【図14E】



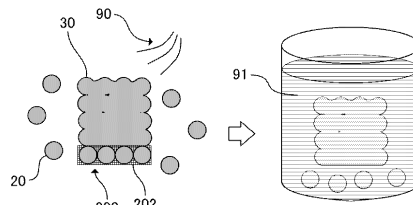
【図14C】



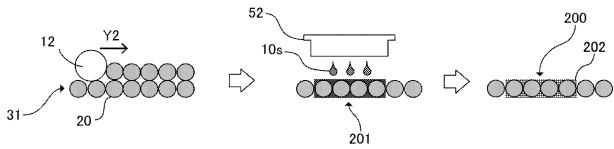
【図14F】



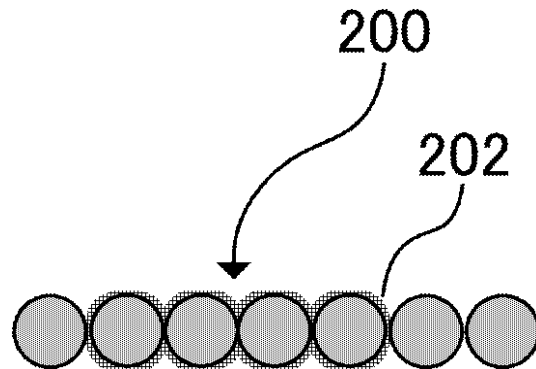
【図17】



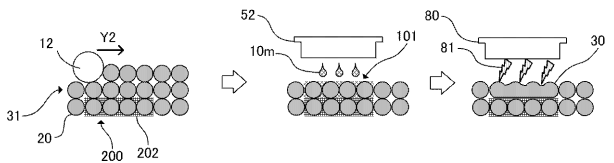
【図15】



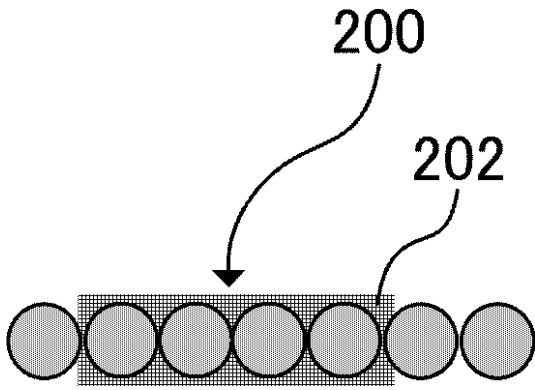
【図18】



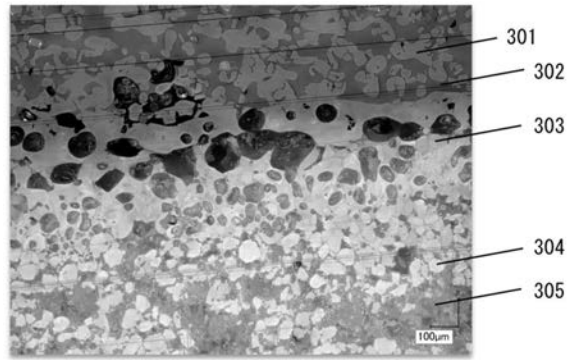
【図16】



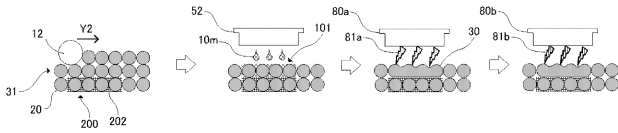
【図19】



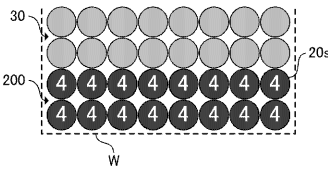
【図22】



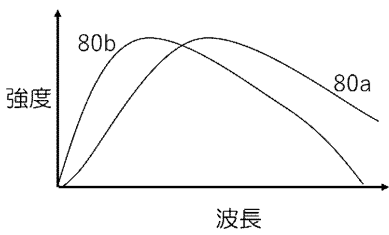
【図20】



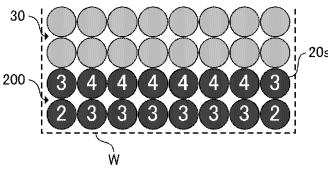
【図23A】



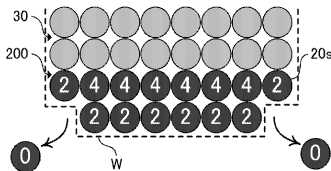
【図21】



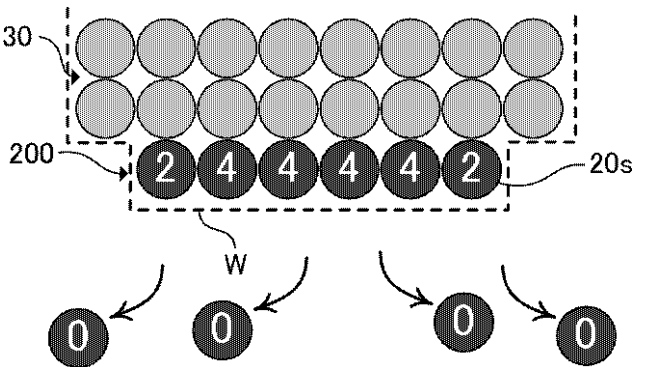
【図23B】



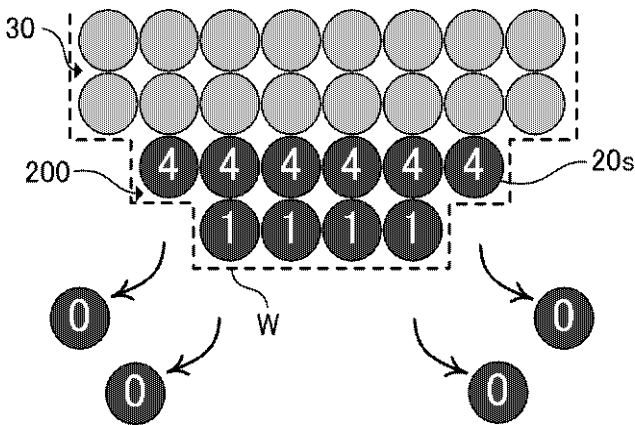
【図23C】



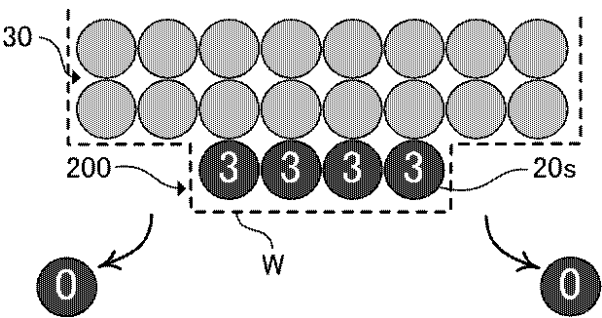
【図23E】

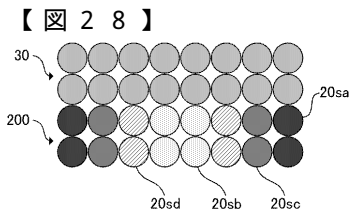
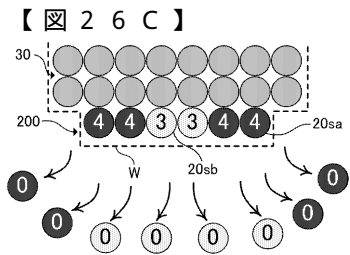
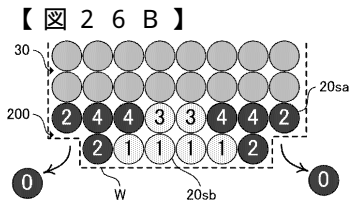
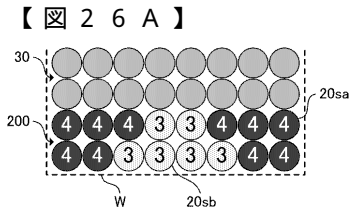
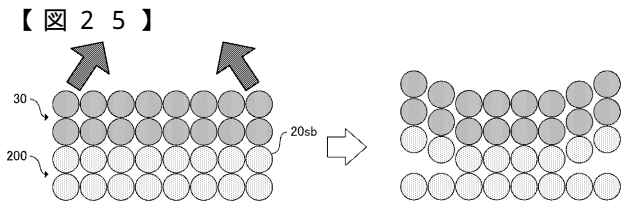
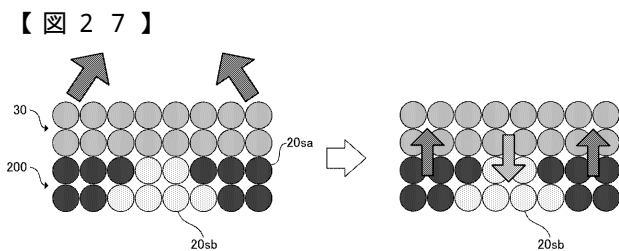
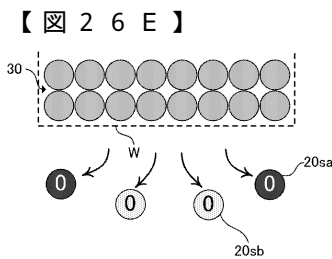
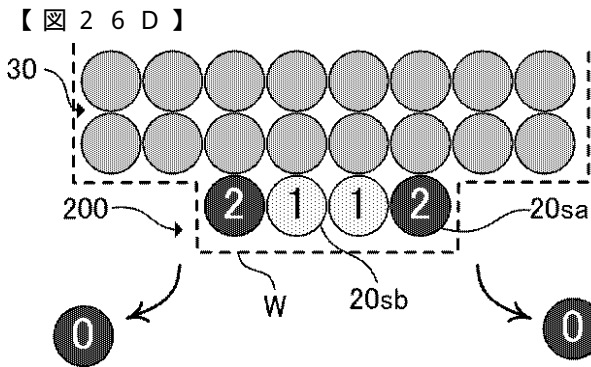
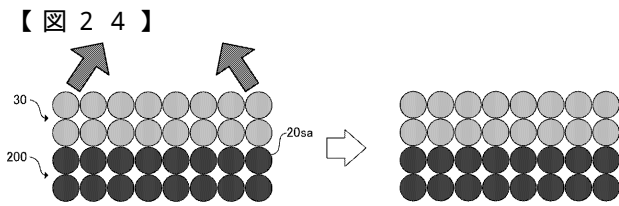
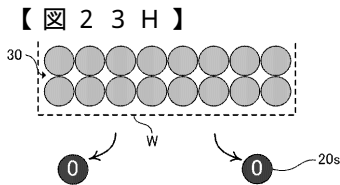
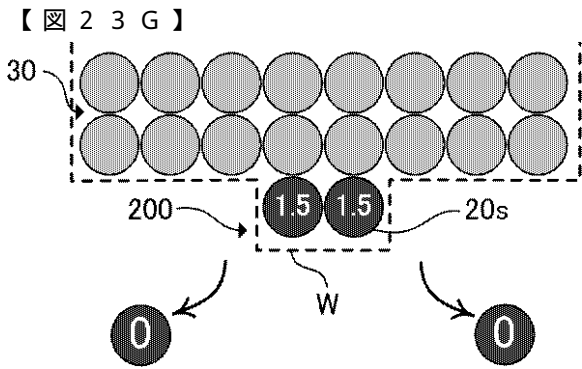


【図23D】



【図23F】





フロントページの続き

(51) Int.Cl.

B 2 9 C 64/291 (2017.01)
B 2 2 F 3/105 (2006.01)
B 2 2 F 3/16 (2006.01)

F I

B 2 9 C 64/291
B 2 2 F 3/105
B 2 2 F 3/16

テーマコード(参考)