

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6526839号
(P6526839)

(45) 発行日 令和1年6月5日(2019.6.5)

(24) 登録日 令和1年5月17日(2019.5.17)

(51) Int.Cl.		F I	
B 2 9 C	64/106	(2017.01)	B 2 9 C 64/106
B 2 9 C	64/386	(2017.01)	B 2 9 C 64/386
B 3 3 Y	80/00	(2015.01)	B 3 3 Y 80/00
B 3 3 Y	30/00	(2015.01)	B 3 3 Y 30/00
B 3 3 Y	50/02	(2015.01)	B 3 3 Y 50/02

請求項の数 18 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2017-563702 (P2017-563702)
 (86) (22) 出願日 平成28年11月7日(2016.11.7)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2016/082974
 (87) 国際公開番号 W02017/130515
 (87) 国際公開日 平成29年8月3日(2017.8.3)
 審査請求日 平成30年4月20日(2018.4.20)
 (31) 優先権主張番号 特願2016-11899 (P2016-11899)
 (32) 優先日 平成28年1月25日(2016.1.25)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 307015301
 武藤工業株式会社
 東京都世田谷区池尻三丁目1番3号
 (74) 代理人 110001612
 きさらぎ国際特許業務法人
 (72) 発明者 當間 隆司
 東京都世田谷区池尻三丁目1番3号 武藤
 工業株式会社内
 審査官 北澤 健一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 三次元造形装置、及びその制御方法、並びにその造形物

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の層および第2の層の繰り返し構造を有する造形物であって、
 前記第1の層は、全体として第1の方向に連続的に延びる樹脂材料を有し、
 前記第1の層の上部の前記第2の層は、全体として前記第1の方向とは交差する第2の方向に連続的に延びる樹脂材料を有し、
 前記第1の層の樹脂材料および前記第2の層の樹脂材料は、その交差部において、前記第1の方向および前記第2の方向の少なくとも一つと交差する第3の方向に延びると共に互いに接合されている

ことを特徴とする造形物。

【請求項2】

前記第1の方向と前記第2の方向は直交し、
 前記第1の層における前記樹脂材料は、所定の長さごとに前記第1の方向に対して第1の角度曲がるパターンと、前記第1の角度とは反対方向に第2の角度曲がるパターンとを交互に有し、前記第2の層における前記樹脂材料は、所定の長さごとに前記第1の方向に対して第3の角度曲がるパターンと、前記第3の角度とは反対方向に第4の角度曲がるパターンとを交互に有し、前記樹脂材料の前記パターン同士が上下方向で接合することにより、上方向から見た場合に、前記第1の層と前記第2の層の前記樹脂材料のなす図形が八角形および四角形を交互に形成している

ことを特徴とする請求項1記載の造形物。

【請求項 3】

複数種類の樹脂材料を含む第 1 の層および第 2 の層の繰り返し構造を有する造形物であって、

前記第 1 の層は、

全体として第 1 の方向に連続的に延び、且つ前記第 1 の方向と交差する第 2 の方向において隙間を空けて配列される第 1 の樹脂材料と、

全体として前記第 1 の方向に連続的に延び、且つ前記隙間に配列される部分を含む前記第 1 の樹脂材料以外の第 2 の樹脂材料とを有し、

前記第 1 の層の上部の前記第 2 の層は、

前記第 1 の方向とは交差する第 3 の方向に連続的に延び且つ前記第 3 の方向と交差する第 4 の方向において隙間を空けて配列される前記第 1 の樹脂材料と、

前記第 3 の方向に連続的に延び且つ前記隙間に配列される部分を含む前記第 2 の樹脂材料とを有し、

前記第 1 の層の前記第 1 の樹脂材料および前記第 2 の層の前記第 1 の樹脂材料は、その交差部において、前記第 1 の方向および前記第 3 の方向の少なくとも一つと交差する第 5 の方向に延びると共に互いに接合され、

前記第 1 の層の前記第 2 の樹脂材料および前記第 2 の層の前記第 2 の樹脂材料は、その交差部において、前記第 1 の方向および前記第 3 の方向の少なくとも一つと交差する第 6 の方向に延びると共に互いに接合されている

ことを特徴とする造形物。

【請求項 4】

前記第 1 の層、及び前記第 2 の層は、それぞれ複数のユニットに分割され、互いに隣接する前記複数のユニットでは、前記樹脂材料が連続的に延びる方向が互いに異なる

請求項 1 記載の造形物。

【請求項 5】

前記樹脂材料は結晶性樹脂である

請求項 1 記載の造形物。

【請求項 6】

前記樹脂材料は液晶ポリマーである

請求項 5 記載の造形物。

【請求項 7】

前記第 1 の層、及び前記第 2 の層は、それぞれ複数のユニットに分割され、互いに隣接する前記複数のユニットでは、前記樹脂材料が連続的に延びる方向が互いに異なる

請求項 3 記載の造形物。

【請求項 8】

前記樹脂材料は結晶性樹脂である

請求項 3 記載の造形物。

【請求項 9】

前記樹脂材料は液晶ポリマーである

請求項 8 記載の造形物。

【請求項 10】

造形ヘッドを備えた三次元造形装置の制御方法において、

第 1 の層において、樹脂材料が全体として第 1 の方向に連続的に延びるように前記造形ヘッドを制御するステップと、

前記第 1 の層の上部の第 2 の層において、前記樹脂材料が、全体として前記第 1 の方向とは交差する第 2 の方向に連続的に延びるように前記造形ヘッドを制御するステップとを備え、

前記第 1 の層の前記樹脂材料および前記第 2 の層の前記樹脂材料は、その交差部において、前記第 1 の方向および前記第 2 の方向の少なくとも一つと交差する第 3 の方向に延びると共に互いに接合されるように制御される

10

20

30

40

50

ことを特徴とする、三次元造形装置の制御方法。

【請求項 1 1】

造形ヘッドを備えた三次元造形装置の制御方法において、

第 1 の層において、第 1 の樹脂材料が第 1 の方向に連続的に延び、且つ前記第 1 の方向と交差する第 2 の方向において隙間を空けて配列されると共に、前記第 1 の樹脂材料以外の第 2 の樹脂材料が前記第 1 の方向に連続的に延び、且つ前記隙間に配列されるように前記造形ヘッドを制御するステップと、

前記第 1 の層の上部の第 2 の層において、前記第 1 の樹脂材料が、前記第 1 の方向とは交差する第 3 の方向に連続的に延び、且つ前記第 3 の方向と交差する第 4 の方向において隙間を空けて配列されるように前記造形ヘッドを制御するステップとを備え、

前記第 1 の層の前記第 1 の樹脂材料および前記第 2 の層の前記第 1 の樹脂材料が、その交差部において前記第 1 の方向および前記第 3 の方向の少なくとも一つと交差する第 5 の方向に延びると共に互いに接合されるように制御され、

前記第 1 の層の上部の第 2 の層において、前記第 2 の樹脂材料が、全体として前記第 3 の方向に連続的に延びるよう前記隙間に配列されるように前記造形ヘッドを制御するステップとを備え、

前記第 1 の層の前記第 2 の樹脂材料および前記第 2 の層の前記第 2 の樹脂材料が、その交差部において、前記第 1 の方向および前記第 3 の方向の少なくとも一つと交差する第 6 の方向に延びると共に互いに接合されるように制御される

ことを特徴とする、三次元造形装置の制御方法。

【請求項 1 2】

座標データ、及び前記座標データが示す位置における前記複数種類の樹脂材料の配合比率を表す配合比データを含む造形物データを受信し、この造形物データに従って、前記造形ヘッドが制御されるステップ

を更に備えることを特徴とする請求項 1 1 記載の制御方法。

【請求項 1 3】

前記造形物が形成される領域を複数の造形ユニットに分割するステップと、

前記複数の造形ユニットの各々に、対応する前記造形物データに対応するプロパティデータを付与するステップと、

前記プロパティデータに従って、前記造形ユニットの各々において前記複数種類の各々の密度変調及び造形方向を決定するステップと を更に備えることを特徴とする、請求項 1 2 記載の制御方法。

【請求項 1 4】

造形物が載置される造形ステージと、

前記造形ステージに対し少なくとも垂直方向に移動可能な昇降部と、

前記昇降部に搭載され樹脂材料の供給を受ける造形ヘッドと、

前記昇降部及び前記造形ヘッドを制御する制御部とを備え、

前記制御部は、第 1 の層において、前記樹脂材料が全体として第 1 の方向に連続的に延びるように前記造形ヘッドを制御し、

前記制御部は更に、前記第 1 の層の上部の第 2 の層において、前記樹脂材料が全体として前記第 1 の方向とは交差する第 2 の方向に連続的に延びると共に、前記第 1 の層の樹脂材料および前記第 2 の層の樹脂材料が、その交差部において、前記第 1 の方向および前記第 2 の方向の少なくとも一つと交差する第 3 の方向に延びると共に互いに接合されるよう、前記造形ヘッドを制御する

ことを特徴とする三次元造形装置。

【請求項 1 5】

造形物が載置される造形ステージと、

前記造形ステージに対し少なくとも垂直方向に移動可能な昇降部と、

前記昇降部に搭載され材料が異なる複数種類の樹脂材料の供給を受ける造形ヘッドと、

前記昇降部及び前記造形ヘッドを制御する制御部とを備え、

10

20

30

40

50

前記制御部は、第1の層において、前記複数種類の樹脂材料のうちの第1の樹脂材料が全体として第1の方向に連続的に延び、且つ前記第1の方向と交差する第2の方向において隙間を空けて配列されると共に、前記複数種類の樹脂材料のうちの前記第1の樹脂材料以外の第2の樹脂材料が、全体として前記第1の方向に連続的に延び、且つ前記隙間に配列されるように前記造形ヘッドを制御し、且つ

前記第1の層の上部の第2の層において、前記第1の樹脂材料が、全体として前記第1の方向とは交差する第3の方向に連続的に延び、且つ前記第3の方向と交差する第4の方向において隙間を空けて配列されると共に、前記第2の樹脂材料が全体として前記第3の方向に連続的に延び、且つ前記隙間に配列されるよう制御すると共に、前記第1の層の前記第1の樹脂材料および前記第2の層の前記第1の樹脂材料が、その交差部において前記第1の方向および前記第3の方向の少なくとも一つと交差する第5の方向に延びると共に互いに接合され、前記第1の層の前記第2の樹脂材料および前記第2の層の前記第2の樹脂材料が、その交差部において前記第1の方向および前記第3の方向の少なくとも一つと交差する第6の方向に延びると共に互いに接合されるよう、前記造形ヘッドを制御する

ことを特徴とする三次元造形装置。

【請求項16】

前記制御部は、

座標データ、及び前記座標データが示す位置における前記複数種類の樹脂材料の配合比率を表す配合比データを含む造形物データを受信し、この造形物データに従って、前記造形ヘッドを制御する

ことを特徴とする請求項15記載の三次元造形装置。

【請求項17】

前記制御部は、前記造形物が形成される領域を複数の造形ユニットに分割し、

前記複数の造形ユニットの各々に、対応する前記造形物データに対応するプロパティデータを付与し、

前記プロパティデータに従って、前記造形ユニットの各々において前記複数種類の各々の密度変調及び造形方向を決定する

ことを特徴とする請求項15記載の三次元造形装置。

【請求項18】

前記制御部は、前記第1の層において、前記第1の樹脂材料を形成した後、前記第2の樹脂材料を形成し、前記第2の層において、前記第2の樹脂材料を形成した後、前記第1の樹脂材料を形成するよう前記造形ヘッドを制御する、請求項15記載の三次元造形装置

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、三次元造形装置、及びその制御方法、並びにその造形物に関する。

【背景技術】

【0002】

三次元設計データに基づいて造形物を製造する三次元造形装置が、例えば特許文献1により知られている。このような三次元造形装置の方式としては、光造形法、粉末焼結法、インクジェット法、熔融樹脂押し出し造形法など、様々な方式が提案され、製品化されている。

【0003】

一例として、熔融樹脂押し出し造形法を採用した三次元造形装置では、造形物の材料となる熔融樹脂を吐出するための造形ヘッドを三次元移動機構上に搭載し、造形ヘッドを三次元方向に移動させて熔融樹脂を吐出しつつ熔融樹脂を積層させて造形物を得る。その他、インクジェット法を採用した三次元造形装置も、加熱した熱可塑性材料を滴下するための造形ヘッドを三次元移動機構上に搭載した構造を有している。

【0004】

10

20

30

40

50

このような三次元造形装置において、上下層の接合部における樹脂の密着力を上げることが重要になる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2002-307562号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明は、樹脂材料同士の密着力を高めた三次元造形装置、その制御方法、及び造形物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】

【0007】

本発明に係る造形物は、第1の層および第2の層の繰り返し構造を有する造形物であって、第1の層は、全体として第1の方向に連続的に延びる樹脂材料を有し、第1の層の上部の第2の層は、全体として第1の方向とは交差する第2の方向に連続的に延びる樹脂材料を有し、第1の層の樹脂材料および第2の層の樹脂材料は、その交差部において、第1の方向および第2の方向の少なくとも一つと交差する第3の方向に延びると共に互いに接合されている。

【0008】

また、本発明に係る造形物は、複数種類の樹脂材料を含む第1の層および第2の層の繰り返し構造を有する造形物であって、第1の層は、全体として第1の方向に連続的に延び、且つ第1の方向と交差する第2の方向において隙間を空けて配列される第1の樹脂材料と、全体として第1の方向に連続的に延び、且つ隙間に配列される部分を含む第1の樹脂材料以外の第2の樹脂材料とを有し、第1の層の上部の第2の層は、第1の方向とは交差する第3の方向に連続的に延び且つ第3の方向と交差する第4の方向において隙間を空けて配列される第1の樹脂材料と、第3の方向に連続的に延び且つ隙間に配列される部分を含む第2の樹脂材料とを有し、第1の層の第1の樹脂材料および第2の層の第1の樹脂材料は、その交差部において、第1の方向および第3の方向の少なくとも一つと交差する第5の方向に延びると共に互いに接合され、第1の層の第2の樹脂材料および第2の層の第2の樹脂材料は、その交差部において、第1の方向および第3の方向の少なくとも一つと交差する第6の方向に延びると共に互いに接合されている。

【0009】

本発明に係る三次元造形装置の制御方法は、造形ヘッドを備えた三次元造形装置の制御方法である。この方法では、第1の層において、樹脂材料が全体として第1の方向に連続的に延びるように造形ヘッドを制御するステップと、第1の層の上部の第2の層において、樹脂材料が、全体として第1の方向とは交差する第2の方向に連続的に延びるように造形ヘッドを制御するステップとを備え、第1の層の樹脂材料および第2の層の樹脂材料は、その交差部において、第1の方向および第2の方向の少なくとも一つと交差する第3の方向に延びると共に互いに接合されるよう制御される。

【0010】

また、本発明に係る造形ヘッドを備えた三次元造形装置の制御方法は、第1の層において、第1の樹脂材料が第1の方向に連続的に延び、且つ第1の方向と交差する第2の方向において隙間を空けて配列されると共に、第1の樹脂材料以外の第2の樹脂材料が第1の方向に連続的に延び、且つ隙間に配列されるように造形ヘッドを制御するステップと、第1の層の上部の第2の層において、第1の樹脂材料が、第1の方向とは交差する第3の方向に連続的に延び、且つ第3の方向と交差する第4の方向において隙間を空けて配列されるように造形ヘッドを制御するステップとを備え、第1の層の第1の樹脂材料および第2の層の第1の樹脂材料が、その交差部において第1の方向および第3の方向の少なくとも

10

20

30

40

50

一つと交差する第5の方向に延びると共に互いに接合されるように制御され、第1の層の上部の第2の層において、第2の樹脂材料が、全体として第3の方向に連続的に延びるよう隙間に配列されるように造形ヘッドを制御するステップとを備え、第1の層の第2の樹脂材料および第2の層の第2の樹脂材料が、その交差部において、第1の方向および第3の方向の少なくとも一つと交差する第6の方向に延びると共に互いに接合されるように制御される。

【0011】

本発明に係る三次元造形装置は、造形物が載置される造形ステージと、前記造形ステージに対し少なくとも垂直方向に移動可能な昇降部と、前記昇降部に搭載され樹脂材料の供給を受ける造形ヘッドと、前記昇降部及び前記造形ヘッドを制御する制御部とを備える。前記制御部は、第1の層において、樹脂材料が全体として第1の方向に連続的に延びるよう造形ヘッドを制御し、制御部は更に、第1の層の上部の第2の層において、樹脂材料が全体として第1の方向とは交差する第2の方向に連続的に延びると共に、第1の層の樹脂材料および第2の層の樹脂材料が、その交差部において、第1の方向および第2の方向の少なくとも一つと交差する第3の方向に延びると共に互いに接合されるよう、造形ヘッドを制御するよう、造形ヘッドを制御する。

【0012】

また、本発明に係る三次元造形装置は、造形物が載置される造形ステージと、造形ステージに対し少なくとも垂直方向に移動可能な昇降部と、昇降部に搭載され材料が異なる複数種類の樹脂材料の供給を受ける造形ヘッドと、昇降部及び造形ヘッドを制御する制御部とを備える。制御部は、第1の層において、複数種類の樹脂材料のうちの第1の樹脂材料が全体として第1の方向に連続的に延び、且つ第1の方向と交差する第2の方向において隙間を空けて配列されると共に、複数種類の樹脂材料のうちの第1の樹脂材料以外の第2の樹脂材料が、全体として第1の方向に連続的に延び、且つ隙間に配列されるよう造形ヘッドを制御し、且つ第1の層の上部の第2の層において、第1の樹脂材料が、全体として第1の方向とは交差する第3の方向に連続的に延び、且つ第3の方向と交差する第4の方向において隙間を空けて配列されると共に、第2の樹脂材料が全体として第3の方向に連続的に延び、且つ隙間に配列されるよう造形ヘッドを制御すると共に、第1の層の第1の樹脂材料および第2の層の第1の樹脂材料が、その交差部において第1の方向および第3の方向の少なくとも一つと交差する第5の方向に延びると共に互いに接合され、第1の層の第2の樹脂材料および第2の層の第2の樹脂材料が、その交差部において第1の方向および第3の方向の少なくとも一つと交差する第6の方向に延びると共に互いに接合されるよう、造形ヘッドを制御する。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】第1の実施の形態に係る三次元造形装置の概略構成を示す斜視図である。

【図2】第1の実施の形態に係る三次元造形装置の概略構成を示す正面図である。

【図3】XYステージ12の構成を示す斜視図である。

【図4】昇降テーブル14の構成を示す平面図である。

【図5】コンピュータ200（制御装置）の構成を示す機能ブロック図である。

【図6】本実施の形態により形成される造形物Sの構造の一例を示す平面図である。

【図7】本実施の形態により形成される造形物Sの構造の他の例を示す平面図である。

【図8A】本実施の形態により形成される造形物Sの構造の他の例を示す平面図である。

【図8B】本実施の形態により形成される造形物Sの構造の他の例を示す平面図である。

【図8C】本実施の形態により形成される造形物Sの構造の他の例を示す平面図である。

【図9】第2の実施の形態により形成される造形物Sの構造の一例を示す平面図である。

【図10A】第2の実施の形態に係る図8に示す造形物Sの製造工程を示す工程図である。

【図10B】第2の実施の形態に係る図8に示す造形物Sの製造工程を示す工程図である。

10

20

30

40

50

【図10C】第2の実施の形態に係る図8に示す造形物Sの製造工程を示す工程図である。

【図10D】第2の実施の形態に係る図8に示す造形物Sの製造工程を示す工程図である。

【図11】本実施の形態により形成される造形物Sの構造の別の例を示す斜視図である。

【図12】本実施の形態により形成される造形物Sの構造の別の例を示す平面図である。

【図13】本実施の形態の三次元造形装置による造形の手順を示すフローチャートである。

【図14】本実施の形態の三次元造形装置による造形の手順を示す概念図である。

【発明を実施するための形態】

10

【0014】

次に、本発明の実施の形態を、図面を参照して詳細に説明する。

【0015】

[第1の実施の形態]

(全体構成)

図1は、第1の実施の形態で用いる3Dプリンタ100の概略構成を示す斜視図である。3Dプリンタ100は、フレーム11と、XYステージ12と、造形ステージ13と、昇降テーブル14と、ガイドシャフト15とを備えている。

【0016】

この3Dプリンタ100を制御する制御装置としてコンピュータ200が、この3Dプリンタ100に接続されている。また、3Dプリンタ100中の各種機構を駆動するためのドライバ300も、この3Dプリンタ100に接続されている。

20

【0017】

(フレーム11)

フレーム11は、図1に示すように、例えば直方体の外形を有し、アルミニウム等の金属材料の枠組を備えている。このフレーム11の4つの角部に、例えば4本のガイドシャフト15が、図1のZ方向(上下方向)、すなわち造形ステージ13の平面に対し垂直な方向に延びるように形成されている。ガイドシャフト15は、後述するように昇降テーブル14を上下方向に移動させる方向を規定する直線状の部材である。ガイドシャフト15の本数は4本には限られず、昇降テーブル14を安定的に維持・移動させることができる本数に設定される。

30

【0018】

(造形ステージ13)

造形ステージ13は、造形物Sが載置される台であり、後述する造形ヘッドから吐出される樹脂が堆積される台である。

【0019】

(昇降テーブル14)

昇降テーブル14(昇降部)は、図1及び図2に示すように、その4つの角部においてガイドシャフト15を貫通させており、ガイドシャフト15の長手方向(Z方向)に沿って移動可能に構成されている。昇降テーブル14は、ガイドシャフト15と接触するローラ34, 35を備えている。ローラ34, 35は昇降テーブル14の2つの角部に形成されたアーム部33において回動可能に設置されている。このローラ34, 35がガイドシャフト15上と接触しつつ回動することで、昇降テーブル14はZ方向にスムーズに移動することが可能とされている。また、昇降テーブル14は、図2に示すように、モータMzの駆動力をタイミングベルト、ワイヤ、プーリ等からなる動力伝達機構により伝達することにより、上下方向に所定間隔(例えば0.1mmピッチ)で移動する。モータMzは、例えば、サーボモータ、ステッピングモータなどが好適である。なお、実際の昇降テーブル14の高さ方向の位置を連続的又は間欠的にリアルタイムで、図示しない位置センサを用いて測定し、適宜補正をかけることによって、昇降テーブル14の位置精度を高めるようにしてもよい。後述する造形ヘッド25A、25Bについても同様である。

40

50

【 0 0 2 0 】

(X Y ステージ 1 2)

X Y ステージ 1 2 は、この昇降テーブル 1 4 の上面に載置されている。図 3 は、この X Y ステージ 1 2 の概略構成を示す斜視図である。X Y ステージ 1 2 は、枠体 2 1 と、X ガイドレール 2 2 と、Y ガイドレール 2 3 と、リール 2 4 A、2 4 B と、造形ヘッド 2 5 A、2 5 B と、造形ヘッドホルダ H を備えている。X ガイドレール 2 2 は、その両端が Y ガイドレール 2 3 に嵌め込まれ、Y 方向に摺動自在に保持されている。リール 2 4 A、2 4 B は、造形ヘッドホルダ H に固定されており、造形ヘッドホルダ H によって保持された造形ヘッド 2 5 A、2 5 B の動きに追従して X Y 方向を移動する。造形物 S の材料となる熱可塑性樹脂は、径が 3 ~ 1 . 7 5 m m 程度の紐状の樹脂 (フィラメント 3 8 A、3 8 B) であり、通常リール 2 4 A、2 4 B に捲かれた状態で保持されているが、造形時には後述する造形ヘッド 2 5 A、2 5 B に設けられたモータ (エクストルーダ) によって造形ヘッド 2 5 A、2 5 B 内に送り込まれる。

10

【 0 0 2 1 】

なお、リール 2 4 A、2 4 B を造形ヘッドホルダ H に固定せずに枠体 2 1 等に固定し、造形ヘッド 2 5 の動きに追従させない構成とすることもできる。また、フィラメント 3 8 A、3 8 B を露出した状態で造形ヘッド 2 5 内に送り込まれる構成としたが、ガイド (例えば、チューブ、リングガイド等) を介在させて造形ヘッド 2 5 A、2 5 B 内に送り込むようにしても良い。なお、後述するように、フィラメント 3 8 A、3 8 B は同一の樹脂材料としてもよいし、それぞれ異なる樹脂材料としてもよい。一例として、一方が A B S 樹脂、ポリプロピレン樹脂、ナイロン樹脂、ポリカーボネイト樹脂のうちのいずれかである場合、他方は、その一方の樹脂以外の樹脂とすることができる。あるいは、同じ樹脂材料であっても、その内部に含まれるフィラーの材料の種類や割合が異なるようにすることもできる。すなわち、フィラメント 3 8 A、3 8 B は、それぞれ異なる性状を有し、その組み合わせにより造形物の特性 (強度など) を向上させることができる。

20

なお、図 1 ~ 図 3 では、造形ヘッド 2 5 A は、フィラメント 3 8 A を溶融・吐出するよう構成され、造形ヘッド 2 5 B は、フィラメント 3 8 B を溶融し吐出するよう構成され、異なるフィラメントのためにそれぞれ独立の造形ヘッドが用意されている。しかし、本発明はこれに限定されるものではなく、単一の造形ヘッドのみを用意し、単一の造形ヘッドにより複数種類のフィラメント (樹脂材料) を選択的に溶融・吐出させるような構成も採用することができる。また、単一の造形ヘッドのみを使用し、単一のフィラメントを溶融・吐出させて造形物 S を得るような構成も可能である。さらに、図 1 ~ 図 3 には造形ヘッドが 2 つ設けられている場合を図示しているが、3 つ以上の造形ヘッドとすることも可能である。すなわち、造形ヘッドの数やフィラメントの樹脂の種類数は任意に変更可能である。

30

【 0 0 2 2 】

樹脂材料として、熱可塑性樹脂が好適に使用される。熱可塑性樹脂として、例えば A B S 樹脂、ポリプロピレン樹脂、ナイロン樹脂、ポリカーボネイト樹脂、ポリアセタール樹脂、ポリフェニレンサルファイド樹脂等が挙げられる。そのうち分子構造として結晶構造を多く含む結晶性樹脂 (結晶性プラスチック) はさらに好適であり、特にエステル結合によって芳香環を直鎖で連結した直鎖芳香族ポリエステル樹脂は最も好適である。その一例としてパラヒドロキシ安息香酸とピフェニルやエチレンテレフタレートなどの他の成分をエステル結合した直鎖芳香族ポリエステル樹脂、すなわち液晶ポリマー (L C P) を例示することができる。

40

【 0 0 2 3 】

フィラメント 3 8 A、3 8 B は、リール 2 4 A、2 4 B からチューブ T b を介して造形ヘッド 2 5 A、2 5 B 内に送り込まれる。造形ヘッド 2 5 A、2 5 B は、造形ヘッドホルダ H により保持され、リール 2 4 A、2 4 B と共に X、Y 方向のガイドレール 2 2、2 3 に沿って移動可能に構成されている。また、図 2 及び図 3 では図示を省略するが、造形ヘッド 2 5 A、2 5 B 内には、フィラメント 3 8 A、3 8 B を Z 方向下方へ送り込むための

50

エクストルーダモータが配列される。造形ヘッド25A, 25Bは、XY平面内においては互いに一定の位置関係を保って造形ヘッドホルダHと共に移動可能とされていれればよいが、XY平面においても、互いの位置関係が変更可能なように構成されていてもよい。

【0024】

なお、図2及び図3では図示を省略するが、造形ヘッド25A、25BをXYステージ12に対し移動させるためのモータMx、Myも、このXYステージ12上に設けられている。モータMx、Myは、例えば、サーボモータ、ステッピングモータなどが好適である。

【0025】

(ドライバ300)

次に、図4のブロック図を参照してドライバ300の構造の詳細について説明する。ドライバ300は、CPU301、フィラメント送り装置302、ヘッド制御装置303、電流スイッチ304、及びモータドライバ306を含んでいる。

【0026】

CPU301は、コンピュータ200から入出力インタフェース307を介して各種信号を受信して、ドライバ300の全体の制御を行う。フィラメント送り装置302は、CPU301からの制御信号に従い、造形ヘッド25A, 25B内のエクストルーダモータに対して、フィラメント38A、38Bの造形ヘッド25A、25Bに対する送り量(押し込み量又は退避量)を指令し制御する。

【0027】

電流スイッチ304は、ヒータ26に流れる電流量を切り換えるためのスイッチ回路である。電流スイッチ304のスイッチング状態が切り換わることにより、ヒータ26に流れる電流が増加又は減少し、これにより造形ヘッド25A, 25Bの温度が制御される。また、モータドライバ306は、CPU301からの制御信号に従い、モータMx、My、Mzを制御するための駆動信号を発生させる。

【0028】

図5は、コンピュータ200(制御装置)の構成を示す機能ブロック図である。コンピュータ200は、空間フィルタ処理部201、スライサ202、造形スケジューラ203、造形指示部204及び造形ベクトル生成部205を備えている。これらの構成は、コンピュータ200の内部において、コンピュータプログラムにより実現することができる。

【0029】

空間フィルタ処理部201は、造形しようとする造形物の三次元形状を示すマスタ3Dデータを外部から受領し、このマスタ3Dデータに基づいて造形物が形成される造形空間に対し各種データ処理を施す。具体的に空間フィルタ処理部201は、後述するように、造形空間を必要に応じて複数の造形ユニットUp(x, y, z)に分割すると共に、マスタ3Dデータに基づいて前記複数の造形ユニットUpの各々に、各造形ユニットに与えるべき特性を示すプロパティデータを付与する機能を有する。造形ユニットへの分割の要否、及び個々の造形ユニットのサイズは、形成される造形物Sのサイズ、形状によって決定される。例えば、単なる板材を形成するような場合には、造形ユニットへの分割は不要である。

【0030】

造形指示部204は、造形の内容に関する指示データを、空間フィルタ処理部201及びスライサ202に提供する。指示データには、一例として以下のものが含まれる。これらは単なる例示であり、これらの指示のうち全てが入力されてもよいし、一部のみが入力されてもよい。また、下記に列記する事項とは異なる指示が入力されてもよいことはいうまでもない。

(i) 1つの造形ユニットUpのサイズ

(ii) 複数の造形ユニットUpの造形順序

(iii) 造形ユニットUp内で使用される複数種類の樹脂材料の種類

(iv) 造形ユニットUp内での異なる種類の樹脂材料の配合比率(配合比)

10

20

30

40

50

(v) 造形ユニットUp内での同種の樹脂材料を連続的に形成する方向(以下、「造形方向」という)

なお、造形指示部204は、キーボードやマウス等の入力デバイスから指示データの入力を受けるものであってもよいし、造形内容を記憶した記憶装置から指示データを提供されるものであってもよい。

【0031】

また、スライサ202は、造形ユニットUpの各々を、複数のスライスデータに変換する機能を有する。スライスデータは、後段の造形スケジューラ203に送られる。造形スケジューラ203は、前述したプロパティデータに従って、スライスデータにおける造形手順や造形方向などを決定する役割を有する。また、造形ベクトル生成部205は、造形スケジューラ203において決定された造形手順及び造形方向に応じて造形ベクトルを生成する。この造形ベクトルのデータはドライバ300に送信される。ドライバ300は、受信された造形ベクトルのデータに応じて3Dプリンタ100を制御する。

10

【0032】

本実施の形態の三次元造形装置は、延引する方向(造形方向)が層ごとに異なるよう直鎖構造の樹脂材料を配列し、且つ、上下の層の樹脂材料が交差する交差部において、樹脂材料同士が平行に重なって接合するように制御装置200(制御部)が動作する。すなわち、樹脂材料の交差部における分子鎖の方向が揃うように制御装置200が動作する。ここで、交差部とは、上下の層の樹脂材料が交差する「点」を意味するのではなく、上下の層の樹脂材料が接着することができる程度の長さを持つ部分同士が重なる領域のことを意味する。図6及び図7に、本実施の形態により形成される造形物Sの構造の一例を示す。

20

【0033】

図6は、第1の実施の形態により形成される造形物Sの構造の一例を示す平面図である。従来の三次元造形装置により製造される造形物Sは、図6の左側に示すように、樹脂材料R1が一つの層(第1の層)においてX方向(第1の方向)を造形方向として直線状に延びる一方で、それよりも1つ上の層(第2の層)においてはX方向(第1の方向)と交差するY方向(第2の方向)を造形方向として直線状に延びる。これにより、造形物Sは、第1の層および第2の層の樹脂材料R1の交差部CRにおいて、樹脂材料R1同士が直交して上下方向で接合する構造(いわゆる井桁構造)を有している。

30

【0034】

樹脂材料として結晶性プラスチックを用いて造形を行う場合、図6の左側に示すように結晶方向が上下の層で異なっていると、分子鎖同士が交差するため結晶部分は接合しにくくなる。この現象は結晶性プラスチックを用いる場合に顕著であり、さらにはその一例である液晶ポリマー(LCP)を用いる場合に特に顕著になる。すなわち上下方向において分子鎖の方向が異なると結合できない現象が発生し、造形はできても内部の結合力が弱く、実用的な保持が困難になることが問題となっている。

【0035】

また、従来は溶融樹脂の温度をより高くし、分子の活性度を上げることで交差部の溶着強度を上げていたが、これを行うと結晶部分よりも非晶質部分が増えてしまい、結晶性プラスチックの基本特性を劣化させていた。さらに、造形温度が高温になるため、吐出後の温度低下時の収縮で造形物が撓んでしまうという現象も確認されていた。

40

【0036】

本実施の形態における造形物Sは、全体として井桁構造を有している点で図6の左側と同様であるが、図6の右側に示すように、樹脂材料R1が直線状には形成されておらず、一部が折れ曲がるように形成されている。より具体的には、第1の層における樹脂材料R1は、全体としてX方向(第1の方向)に延びているが、所定の長さごとにY方向に角度(第1の角度)折れ曲がるパターンWDと、角度(第2の角度)で折れ曲がるパターンWDとが交互に形成されている。角度は任意に変更可能であり、図6の右側に示す例では、は45度である。第2の層における樹脂材料R1も同様に、全体としてY方向(第2の方向)に延びているが、所定の長さごとにX方向に角度90(第3の角度)

50

で折れ曲がるパターンWDと、角度 - (90 -) (第4の角度) で折れ曲がるパターンWDとが交互に形成されている。

【 0037 】

ここで、「全体としてX方向に延びる」、「全体としてY方向に延びる」とは、樹脂材料R1が連続的に形成される方向(造形方向)がX方向、またはY方向であることを示している。換言すれば、「全体としてX方向に延びる」、「全体としてY方向に延びる」とは、複数の交差部CRを含む樹脂材料R1の長手方向がX方向、またはY方向と一致することを示している。また、樹脂材料R1の折れ曲がる角度は全てが精密に でなくともよく、平均して であれば、ばらつきがあってもよい。すなわち、第1の層と第2の層の樹脂材料R1は同様のパターンを有し、且つ造形方向が直交するように形成されており、交差部CRにおいて、第3の方向に延びる折れ曲がるパターンWD同士が重なるように形成されている。従って、第1の層と第2の層とにおける樹脂材料R1の交差部CRにおいて、図6の左側に示す場合は樹脂材料R1同士が直交しているのに対して、図6の右側では、樹脂材料R1同士が平行に接合した状態となる。この結果、平行接合した部分では分子鎖同士も平行となり、その結果上下に密着する。これにより、図6の左側においては、上から見た場合に第1の層と第2の層との樹脂材料R1のなす図形がすべて四角形であるのに対して、図6の右側の場合は、八角形と四角形が交互に並んだような形状となっている。このように、樹脂材料R1が上下方向において平行に接合されていると、交差部CRにおける分子鎖の配向を揃えることができ、樹脂材料R1が直交する場合と比較して、溶着強度を上げることができる。

10

20

【 0038 】

図7は、第1の実施の形態により形成される造形物Sの構造の他の例を示す平面図である。図7の左側は、三次元造形装置により製造される従来の造形物Sにおいて、樹脂材料R1を隙間なく直線状に配列し、第1の層および第2の層の樹脂材料R1の交差部CRにおいて、樹脂材料R1同士が直交して上下方向で接合する井桁構造を形成した場合を示している。図7の右側は、本実施の形態における造形物Sの他の例を示しており、樹脂材料R1は第1の層、第2の層においてそれぞれ全体としてX方向、Y方向を造形方向として連続的に延びるように形成されている。ただし、樹脂材料R1は第1の層においては、所定の長さごとに角度、角度 - で交互に折れ曲がるジグザグ状になっており、第2の層においては、所定の長さごとに角度180 - 、角度 - (180 -) で交互に折れ曲がるジグザグ状になっている。 は任意に変更可能であり、図7の右側に示す例では、 は90度である。さらに、第1の層、第2の層の樹脂材料R1のジグザグ状の辺となる部分が平行に重なるように配列されている。すなわち、図7の左側の例においては、交差部CRにおいて樹脂材料R1同士が直交して重なっていたが、図7の右側のように樹脂材料R1が直角に折れ曲がるようにすることで、上下の層の樹脂材料R1同士が平行に重なるようにしている。これにより、交差部CRにおける分子鎖の配向を揃えることができ、図7の左側の場合と比較して、樹脂材料R1の溶着強度を上げることができる。また、図6の右側の場合と比較して、樹脂材料R1を隙間なく配列することで樹脂材料R1が平行に接合する交差部CRの数が単位面積中で増加しており、樹脂材料R1の溶着強度をさらに上げることができる。

30

40

【 0039 】

このように、本実施の形態によると、上下方向の樹脂材料の交差部CRにおいて平行に接合する箇所ができるように吐出パターンを設定することで、当該交差部CRにおいて樹脂材料の分子鎖の配向が揃うため密着力が上がり、より溶着強度の高い造形物Sを得ることができる。また、造形温度を高くしなくても樹脂材料の密着力が上がるようになるため、より低温での造形が可能となる。造形温度が抑えられることで、吐出後の温度降下時の収縮による造形物内の歪応力も小さくすることができ、造形物の撓みを抑えることも可能となる。

【 0040 】

図6および図7において、説明の簡略化のため第1の層と第2の層がそれぞれ1層ずつ

50

重ねられている場合を図示しているが、これに限られず、第1の層と第2の層とを交互に、任意の数だけ重ねることによって所望の造形物Sを得ることができる。

【0041】

図8Aは、図6の右側に示した例の変形例である。上述のように、 θ は任意に変更が可能であり、図8Aは、 θ が60度である場合を図示している。この場合においても、上下方向の樹脂材料R1の交差部CRにおいて、折れ曲がるパターンWD同士が平行に接合する構造となるため、樹脂材料R1同士の溶着強度を上げることができる。

【0042】

また、図6、図7および図8Aの例では、第1の層と第2の層両方において、樹脂材料R1が直線状でない場合を示したが、どちらか一方の層においては樹脂材料が直線状に形成され、他方の層においては非直線状に形成し、交差部CRで平行に重なるようにすることも可能である。例えば、図8Bに示すように、第1の層における樹脂材料R1は、X方向に伸びる直線状に形成されている。一方、第2の層における樹脂材料R1は、全体としてY方向に伸びるように形成され、且つコの字状および逆コの字状を交互に形成するようなパターンWDを有する。さらに、コの字状の一部のX方向を向くパターンWDが、第1の層の樹脂材料R1と平行に重ねられている。図8Bの例では、コの字状の凸部が向かい合う場合を示しているが、全て同じ方向を向くようにしてもよい。また、図8Cに示すように、第1の層における樹脂材料R1をX方向に伸びる直線状に形成する一方で、第2の層における樹脂材料R1をY方向に伸びる鋸歯状に形成して、鋸歯状の一部のX方向を向く箇所を、第1の層の樹脂材料R1と平行に重ねることもできる。図8B、8Cの例においても、交差部CRにおいて樹脂材料R1同士が平行に重なっている。

【0043】

さらに、上述のように、第1の層と第2の層の樹脂材料R1の交差部CRすべてにおいて樹脂材料R1同士が平行に接合されている場合を説明したが、これに限定されず、一部の交差部CRでは樹脂材料R1が交差し、一部の交差部CRでは樹脂材料R1が平行に接合するという構造としても、樹脂材料R1の交差部CRがすべて直交する場合と比較して、樹脂材料R1の密着力を向上させることが可能である。

【0044】

[第2の実施の形態]

次に、図9および図10A~10Dを参照して、第2の実施の形態に係る造形物Sおよびその造形手順を説明する。第2の実施の形態に係る三次元造形装置は、第1の実施の形態と同様であるため重複する説明を省略する。第2の実施の形態においては、第1の実施の形態と異なり、造形物Sが複数種類の樹脂材料を用いて造形される。図9および図10A~10Dの例においては、説明の簡単化のため、2種類の樹脂材料R1、R2（第1の樹脂材料、第2の樹脂材料）を使用して造形物Sを造形する場合を説明するが、3種類以上の樹脂材料を用いてもよいことは言うまでもない。

【0045】

図9は、第2の実施の形態に係る造形物Sの平面図である。本実施の形態に係る造形物Sは、図7の右側と同様に、全体として樹脂材料R1および樹脂材料R2が井桁構造を形成しているが、樹脂材料R1、R2は直線状に形成されていない。樹脂材料R1は、一つの層（第1の層）において全体としてX方向（第1の方向）に伸び、且つ所定の長さごとに角度 θ 、 $-\theta$ で交互に折れ曲がるジグザグ状に形成されている。それよりも1つ上の層（第2の層）においては、樹脂材料R1は、全体としてX方向と交差するY方向（第2の方向）に伸び、所定の長さごとに角度 $180-\theta$ 、 $180+\theta$ で交互に折れ曲がるジグザグ状になっている。 θ は任意に変更可能であり、図9に示す例では、 θ は90度である。樹脂材料R2も同様に、樹脂材料R1に挟まれた位置において、一つの層（第1の層）において全体としてX方向（第1の方向）に伸び、且つ所定の長さごとに角度 θ 、 $-\theta$ で交互に折れ曲がるジグザグ状に形成されている。それよりも1つ上の層（第2の層）においては、全体としてX方向と交差するY方向（第2の方向）に伸び、所定の長さごとに角度 $180-\theta$ 、 $180+\theta$ で交互に折れ曲がるジグザグ状になっ

ている。樹脂材料 R 2 においても、 は 90 度である。さらに、第 1 の層、第 2 の層における樹脂材料 R 1、R 2 のジグザグ状の辺となる部分がそれぞれ平行に重なるような位置に配列されている。このような構造により、たとえ異種の樹脂材料 R 1 と R 2 の間の（横方向の）接合力が弱くても、上述のような井桁構造における同一樹脂材料間の上下方向の接合力が強ければ、造形物 S の強度を十分に高いものとすることができる。

【 0 0 4 6 】

図 9 の例では、樹脂材料 R 1、R 2 の配合比を 1 : 1 とし、一つの層において樹脂材料 R 1、R 2 が交互に配列されている。後述の説明からも明らかな通り、樹脂材料の数、樹脂材料の配合比、層数等はいくまでも一例であり、要求される造形物の仕様等によって様々に変更可能である。なお、図 9 では、一つの層において樹脂材料 R 1、R 2 が隙間なく接触する構造を図示しているが、造形物 S の構造はこれに限定されるものではない。一つの層において横方向に隣接する樹脂材料間には、隙間が生じていても良い。また、図示は省略するが、樹脂材料 R 1、R 2 をそれぞれ図 6 の右側に示す構造と同様の構造に形成することも可能である。この場合においても、樹脂材料 R 1 および R 2 の配合比は任意に変更可能であるが、井桁構造の交差部 C R において上下方向の樹脂材料 R 1 同士、樹脂材料 R 2 同士が平行に接合することが可能なように配列する。

10

【 0 0 4 7 】

また、このように異種の樹脂材料を一つの造形物 S の中で組み合わせて使用することにより、異種の樹脂材料の特性を併せ持った造形物を提供することができる。例えば、第 1 の樹脂材料の長所を有すると共に、第 1 の樹脂材料の短所を第 2 の樹脂材料の長所により補うことも可能になる。

20

【 0 0 4 8 】

図 9 に示す造形物 S の造形手順を、図 10 A ~ 10 D を参照して説明する。まず、第 1 の層においては、図 10 A に示すように、樹脂材料 R 1 を 1 : 1 の配列ピッチで、所定の長さごとに角度、角度 - で交互に折れ曲がるジグザグ状に、X 方向（第 1 の方向）を造形方向として形成する。このとき、 は 90 度である。

【 0 0 4 9 】

続いて、図 10 B に示すように、樹脂材料 R 1 の間隔を埋めるように、樹脂材料 R 2 を、同様に 1 : 1 の配列ピッチで形成する。このとき、樹脂材料 R 2 は、樹脂材料 R 1 の外周形状に沿って、2 つの樹脂材料 R 1 の間隔を埋めるように形成することができる。このようにすることで、樹脂材料 R 1 と R 2 の間の接合を強固にすることができる。

30

【 0 0 5 0 】

次に、図 10 C に示すように、第 2 の層において、樹脂材料 R 2 を 1 : 1 の配列ピッチで、所定の長さごとに角度、角度 - で交互に折れ曲がるジグザグ状に、Y 方向（第 2 の方向）を造形方向として形成する。このとき、第 1 の層および第 2 の層における樹脂材料 R 2 のジグザグ状の辺部分が平行に重なるようにする。

【 0 0 5 1 】

続いて、図 10 D に示すように、第 2 の層における樹脂材料 R 2 の間隔を埋めるように、樹脂材料 R 1 を、同様に 1 : 1 の配列ピッチで形成する。このとき、樹脂材料 R 1 は、樹脂材料 R 2 の外周形状に沿って、2 つの樹脂材料 R 2 の間隔を埋めるように形成することができる。さらに、第 1 の層および第 2 の層の樹脂材料 R 1 のジグザグ状の辺部分が平行に重なるようにする。このようにすることで樹脂材料 R 1 同士、樹脂材料 R 2 同士それぞれの密着力が増加し、また、樹脂材料 R 1 と R 2 の間の接合を強固にすることができる。

40

。上述の図 10 A ~ 10 D に示した手順により、図 9 に示す造形物 S が出来上がる。

【 0 0 5 2 】

なお、図 10 C、10 D では、第 2 の層において、樹脂材料 R 2 を先に所定の配列ピッチで形成し、その後樹脂材料 R 1 を樹脂材料 R 2 の隙間に埋め込むようにし、第 1 の層と第 2 の層とで樹脂材料 R 1、R 2 の形成順序を異ならせていた。これに変えて、いずれの層においても、特定の樹脂材料（例えば樹脂材料 R 1）を先に形成し、その後別の樹脂材

50

料（例えば樹脂材料 R 2）をその隙間に埋め込むようにしてもよい。

【 0 0 5 3 】

図 9 及び図 1 0 A ~ 1 0 D では、樹脂材料 R 1 及び R 2 の配合比が 1 : 1 である造形物 S を例示したが、本実施の形態で製造される造形物 S がこれに限定されるものではないことは言うまでもない。例えば、配合比は 1 : 1 には限られず、その他の所望の比率を設定することが可能である。例えば、図 1 1 は、樹脂材料 R 1 と R 2 の配合比が 2 : 1 である場合を示している。更に配合比は Z 方向、及び / 又は水平方向（同一層内）において段階的又は連続的に変化させることも可能である。

【 0 0 5 4 】

樹脂材料 R 1、R 2 の配合比が 2 : 1 である造形物 S は、図 1 1 のように、2 本の樹脂材料 R 1 と 1 本の樹脂材料 R 2 を繰り返し形成することにより形成することができる。ただし、これには限られず、例えば 4 本の樹脂材料 R 1 と 2 本の樹脂材料 R 2 を繰り返し形成することにより、配合比 2 : 1 を得ることもできる。図 1 1 のような樹脂材料 R 1、R 2 の繰り返しのパターンを「2 : 1 の繰り返しパターン」と表現する。また、図示は省略するが、樹脂材料 R 1 と R 2 を、それぞれ m 本、n 本ずつ繰り返し形成する場合を、m : n の繰り返しパターンと表現する。この繰り返しパターンは、後述する繰り返しパターンデータ P R により表現される。

【 0 0 5 5 】

第 2 の実施の形態に係る造形物 S においても、複数種類の樹脂材料をそれぞれ図 6 の構造のように形成することが可能である。また、図 8 B、8 C で説明した場合と同様に、第 1 の層と第 2 の層いずれかにおいて樹脂材料が直線状に形成され、もう一方の層において非直線状に形成することで交差部 C R の樹脂材料が平行に接合するようにすることも可能である。また、本実施の形態においても、すべての交差部 C R で樹脂材料同士が平行に接合していなくともよく、一部の交差部 C R では交差あるいは直交し、一部の交差部 C R では平行に接合するようにしてもよい。

【 0 0 5 6 】

また、上述した例では、1 つの造形ユニット U p における構造（又は、造形ユニットへの分割が行われない場合の造形物 S の構造）を説明した。造形物 S が複数の造形ユニット U p に分割される場合、1 つの層における造形物 S は、例えば図 1 2 のように構成される（図 1 2 は、配合比が 1 : 1 の場合であるが、これはあくまで一例であり、図示以外の配合比にすることも可能であることは言うまでもない）。

【 0 0 5 7 】

図 1 2 に示すように、造形空間は必要に応じて複数の造形ユニット U p に分割され得る。1 つの造形ユニット U p は、更に複数のスライスデータに分割され、スライスデータに対応する 1 つの層ごとに造形が行われる。例えば、1 つの造形ユニット U p の第 1 の層の造形が終了すると、次は、この造形ユニット U p に隣接する造形ユニット（例えば図 1 2 の造形ユニット U p '）の第 1 の層の造形が開始される。

このとき、1 つの造形ユニット U p においては、一方向（例えば X 方向）を造形方向として樹脂材料 R 1、R 2 が所定の配列ピッチで互いに隣り合うように形成されるが、隣接する造形ユニット U p ' では、同じ層においては異なる方向（例えば Y 方向）を造形方向として樹脂材料 R 1、R 2 が連続的に形成される。これが各層において繰り返されることにより、例えば図 9 に示すような構造が多数形成される。

【 0 0 5 8 】

次に、図 1 3 のフローチャート、及び図 1 4 の概略図を参照して、本実施形態の三次元造形装置を用いた造形物 S の具体的な造形手順を説明する。

【 0 0 5 9 】

まず、コンピュータ 2 0 0 は、外部より造形物 S の形態に関するマスタ 3 D データを受信する（S 1 1）。ここでは、図 1 4 の左側に示すような造形物 S を想定する。この図 1 4 に図示した造形物 S は、3 重構造の球形の造形物であり、主に樹脂材料 R 1 からなる外

10

20

30

40

50

周部 R s 1、樹脂材料 R 1 と樹脂材料 R 2 が混合されている内周部 R s 2、及び主に樹脂材料 R 2 からなる中心部 R s 3 からなる。

マスタ 3 D データには、造形物 S の各構成点における座標 (X , Y , Z) と、その構成点における樹脂材料 R 1、R 2 の配合比を示すデータ (D a、D b) が含まれる。以下では、各構成点のデータを D s (X、Y、Z、D a、D b) のように標記する。なお、使用する樹脂材料が 3 種類以上である場合、データ D a、D b に加えて、当該樹脂材料の配合比を示すデータ D c、D d・・・が構成点データ D s に追加される。

【 0 0 6 0 】

また、造形ユニット U s のサイズ S u、複数の造形ユニット U s を 1 つの層において造形する手順を示す造形順序データ S Q、使用する複数種類の樹脂材料を特定する樹脂データ R U、及び複数種類の樹脂材料をどのようにして繰り返し形成するかを示す繰り返しパターンデータ P R (複数種類の樹脂材料をどのようなパターンで形成するかを示すデータ) 等を、造形指示部 2 0 4 より出力又は指示する (S 1 2)。この時、必要なデータの一部またはすべてはキーボードやマウス等の入力デバイスを用いて外部から造形指示部 2 0 4 へ入力されるか、外部の記憶装置から造形指示部 2 0 4 へ入力される。

【 0 0 6 1 】

次に、空間フィルタ処理部 2 0 1 では、マスタ 3 D データが示す造形空間を、指示された造形ユニットサイズ S u に基づいて複数の造形ユニット U p に分割する (S 1 3)。造形ユニット U p は、図 1 4 の中央部に示すように、X Y Z 方向において造形物 S の造形空間を分割した矩形形状の空間である。

【 0 0 6 2 】

分割された各造形ユニット U p には、対応する構成点データ D s (X、Y、Z、D a、D b) を反映させたプロパティデータが付与される (S 1 4)。マスタ 3 D データが造形物 S の形状を示す連続値の 3 D データであるのに対し、造形ユニット U p 毎のデータは、造形ユニット U p 毎の形状を示す離散値の 3 D データである。

【 0 0 6 3 】

次に、このようなプロパティデータが付与された造形ユニット U p のデータが、スライサ 2 0 2 に送信される。スライサ 2 0 2 は、この造形ユニット U p のデータを更に X Y 平面に沿って分割し、複数組のスライスデータを生成する (S 1 5)。スライスデータには、前述のプロパティデータが付与される。

【 0 0 6 4 】

続いて、造形スケジューラ 2 0 3 は、各スライスデータに含まれるプロパティデータに従い、各スライスデータに対し密度変調を実行する (S 1 6)。密度変調とは、前述の配合比 (D a、D b) に従って、当該スライスデータにおける樹脂材料 R 1 と R 2 の形成比率を決定する演算動作である。図 1 4 に示す例において、図 1 4 右側は外周部 R s 1 および内周部 R s 2 の境界部分を拡大したものであり、樹脂材料 R 1、R 2 の配合比を異ならせて形成されている。

【 0 0 6 5 】

また、造形スケジューラ 2 0 3 は、前述の密度変調の演算結果、及び造形指示部 2 0 4 から受信した造形順序データ S Q 及び繰り返しパターンデータ P R に基づいて、樹脂材料 R 1 及び R 2 の繰り返しパターン、及び造形方向を決定する (S 1 7)。1 つの層のスライスデータにおける造形方向は、上述の井桁構造を得るため、その 1 つ下の層におけるスライスデータと交差する方向に設定される。図示は省略しているが、図 1 4 右側に示す造形方向と、1 つ下の層の樹脂材料 R 1、R 2 の造形方向は直交するようになっている。さらに、上下の層で樹脂材料同士が平行に重なる部分を有するように、樹脂材料 R 1、R 2 がジグザグ状に延びるパターンで形成されている。

【 0 0 6 6 】

続いて、造形ベクトル生成部 2 0 5 は、造形スケジューラ 2 0 3 において決定された造形方向データに従い、造形ベクトルを生成する (S 1 8)。この造形ベクトルが、ドライバ 3 0 0 を介して 3 D プリンタ 1 0 0 に出力され、マスタ 3 D データに従った造形動作が

10

20

30

40

50

実行される（S19）。また、造形指示部204で指示された造形順序データSQに従い、複数の造形ユニットUpが形成され、最終的に造形空間全体において造形物Sが形成される。

【0067】

[効果]

以上説明したように、本実施の形態の三次元造形装置によれば、第1の層においては、複数種類の樹脂材料が第1の方向に沿って形成され、且つ第1の方向と交差する第2の方向において複数種類の樹脂材料が並ぶように造形ヘッド25A、25Bが制御される。そして、第1の層の上部の第2の層においては、複数種類の樹脂材料が、第1の方向と交差する第3の方向に沿って形成され、且つ第3の方向と交差する第4の方向において複数種類の樹脂材料が並び、さらにそれぞれの樹脂材料が上下の層で平行に重なる部分を有するように造形ヘッド25A、25Bが制御される。これにより、造形物の中において、複数種類の樹脂材料がいわゆる井桁構造に組み込まれ、複数材料を複合的に用いた造形物を生成する場合においても、高さ方向に同一の樹脂材料が平行に重なることで分子鎖の配向が揃う点が存在するので、同一樹脂材料間の接合を強固にし、異なる複数の樹脂材料の間の接合も総合的に強固にすることができる。さらに、樹脂材料の分子鎖の配向を揃えることで、より低温での造形でも樹脂材料同士の密着力を上げることができるようになる。造形温度を抑えることで、造形物内の歪応力も小さくすることができ、撓みを防止することも可能になった。

また、複数種類の樹脂材料を1つの造形物において使用することにより、複数種類の樹脂材料の長所を併せ持った造形物を提供することが可能になる。例えば、材料は一般的に強度と柔軟性は相反する特性を持ち、両者を兼ね備えた材料の開発、生産は工業的に極めて難しいとされる。しかしながら本発明の造形装置によれば、例えば強度の高い樹脂材料R1と、柔軟性の高い樹脂材料R2を用いて井桁構造を構成することにより、強度が高く、且つ柔軟性の高い樹脂材料を実現することができる。

また樹脂材料R1と樹脂材料R2の構成比を可変させることにより、強度と柔軟性を自在に可変することもできる。

【0068】

以上、本発明のいくつかの実施の形態を説明したが、これらの実施の形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施の形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施の形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

【0069】

例えば、上記の実施の形態では、3Dプリンタ100の移動機構は、造形ステージ13に対し垂直に延びるガイドシャフト15、ガイドシャフト15に沿って移動する昇降テーブル14、及びXYステージ12を備えているが、本発明の3Dプリンタ100の移動機構は、これに限定されるものではない。例えば造形ヘッド25A、25Bを搭載するXYステージ12を固定とし、造形ステージ13を昇降可能とする移動機構としてもよい。また、上記の実施の形態では、3Dプリンタ100と、コンピュータ200、及びドライバ300はそれぞれ独立している構成を示していた。しかし、コンピュータ200、及びドライバ300は、3Dプリンタ100に内蔵させることも可能である。

【符号の説明】

【0070】

100・・・3Dプリンタ、 200・・・コンピュータ、 300・・・ドライバ、
11・・・フレーム、 12・・・XYステージ、 13・・・造形ステージ、 14・・・昇降テーブル、
15・・・ガイドシャフト、 21・・・枠体、 22・・・Xガイドレール、
23・・・Yガイドレール、 24A、24B・・・フィラメントホルダ、
25A、25B・・・造形ヘッド、 31・・・枠体、 34、35・・・ローラ、

10

20

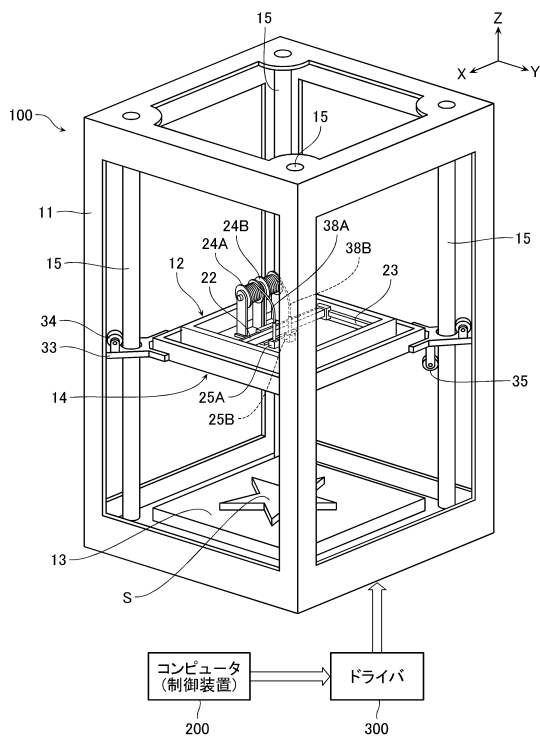
30

40

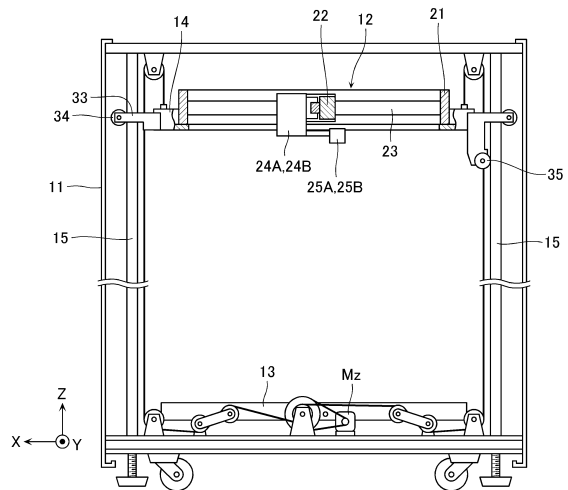
50

38A、38B・・・フィラメント、 201・・・空間フィルタ処理部、 202・・・スライサ、 203・・・造形スケジューラ、 204・・・造形指示部、 205・・・造形ベクトル生成部、 WD・・・パターン、 CR・・・交差部。

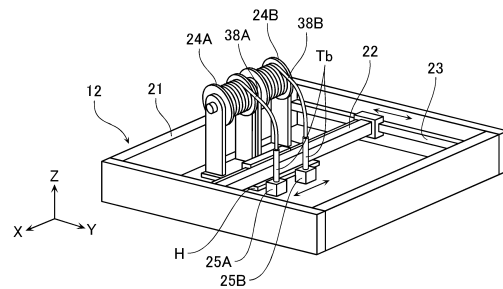
【図1】



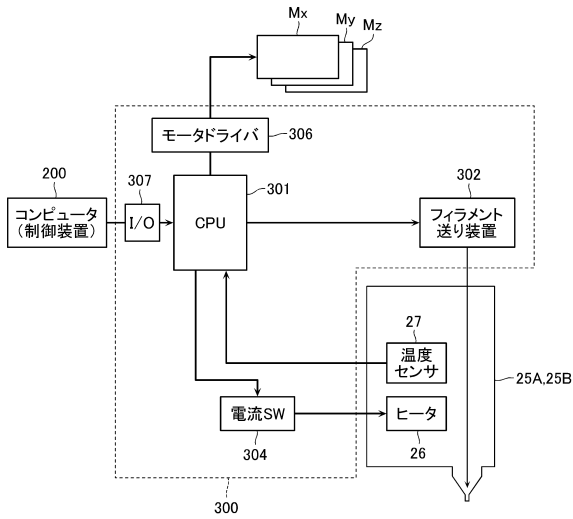
【図2】



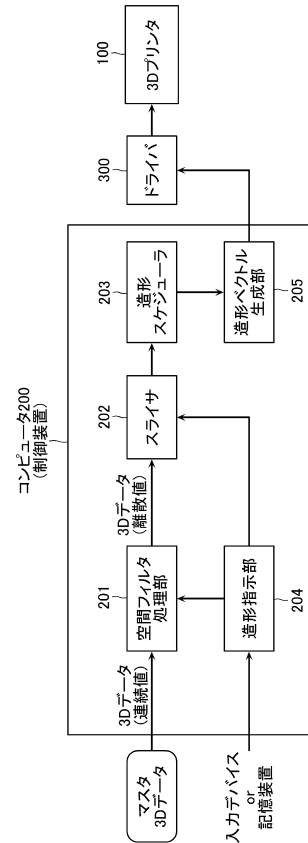
【図3】



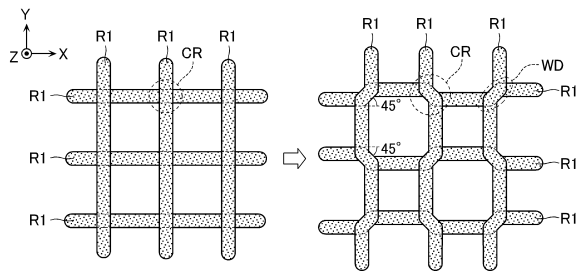
【図4】



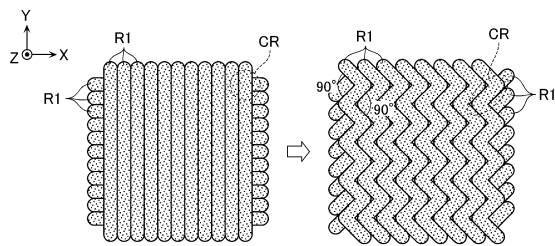
【図5】



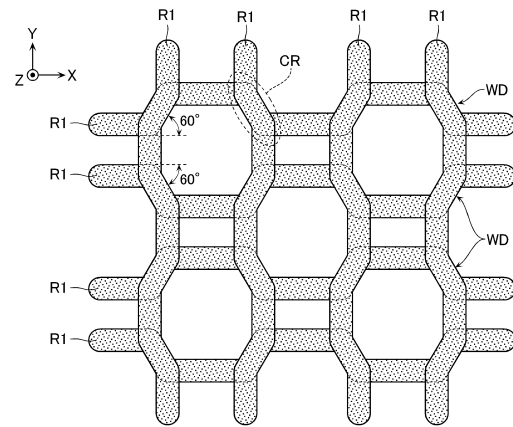
【図6】



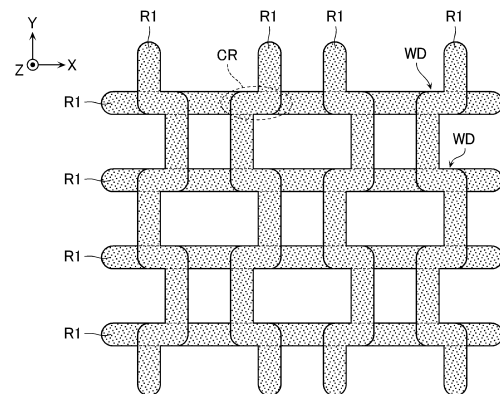
【図7】




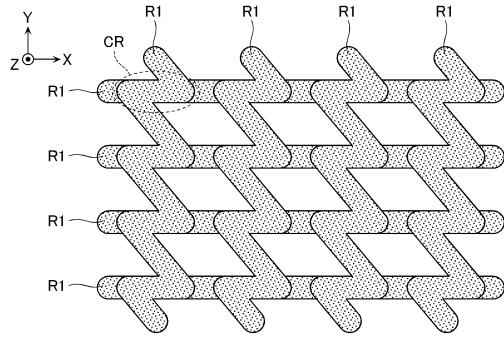
【図8A】




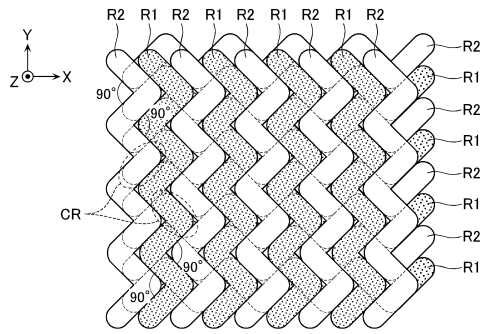
【図8B】




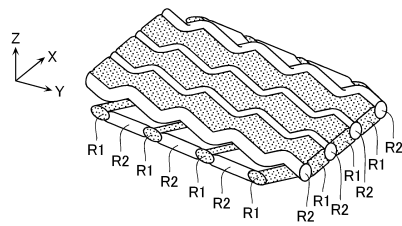
【 8 C】




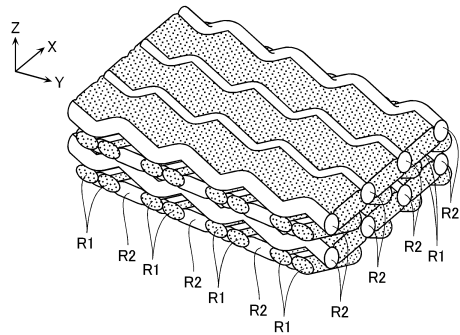
【 9】




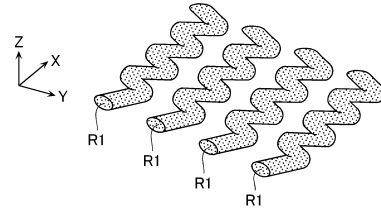
【 10 D】




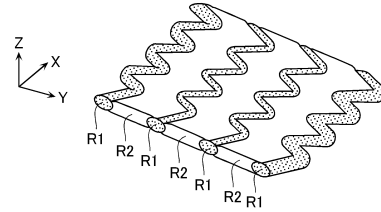
【 11】




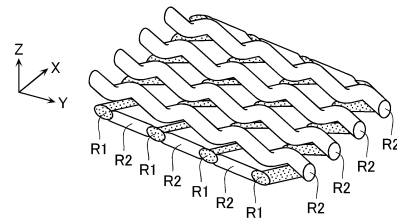
【 10 A】




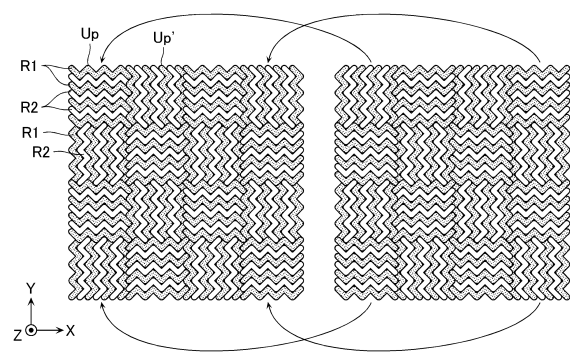
【 10 B】



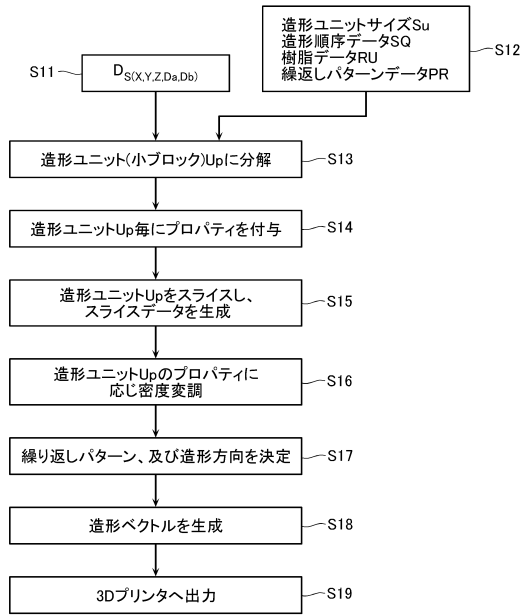
【 10 C】



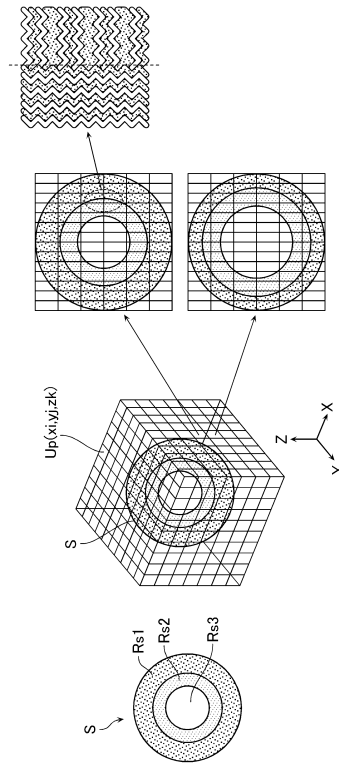
【 12】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2004-284346(JP,A)
国際公開第2005/037529(WO,A1)
米国特許出願公開第2008/0241392(US,A1)
特開2011-085708(JP,A)
国際公開第2016/113955(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B29C 64/00 - 64/40
B29C 41/00 - 41/36
B29C 41/46 - 41/52
B29C 70/00 - 70/88
B01D 39/00 - 41/04