

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7537154号
(P7537154)

(45)発行日 令和6年8月21日(2024.8.21)

(24)登録日 令和6年8月13日(2024.8.13)

(51)国際特許分類

F I

B 2 9 C	64/223 (2017.01)	B 2 9 C	64/223
B 2 9 C	64/218 (2017.01)	B 2 9 C	64/218
B 2 9 C	64/214 (2017.01)	B 2 9 C	64/214
B 2 9 C	64/268 (2017.01)	B 2 9 C	64/268
B 2 9 C	64/314 (2017.01)	B 2 9 C	64/314

請求項の数 22 (全34頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2020-123985(P2020-123985)
 (22)出願日 令和2年7月20日(2020.7.20)
 (65)公開番号 特開2021-133676(P2021-133676
 A)
 (43)公開日 令和3年9月13日(2021.9.13)
 審査請求日 令和5年5月11日(2023.5.11)
 (31)優先権主張番号 特願2020-29505(P2020-29505)
 (32)優先日 令和2年2月25日(2020.2.25)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 日本国(JP)

(73)特許権者 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 100107766
 弁理士 伊東 忠重
 (74)代理人 100070150
 弁理士 伊東 忠彦
 (72)発明者 吉田 知史
 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株
 式会社リコー内
 (72)発明者 藤田 貴史
 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株
 式会社リコー内
 審査官 田村 佳孝

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 立体造形装置、及び立体造形方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

立体造形物を造形する立体造形装置であって、
 第1の担持体に造形材料を供給する供給手段と、
 前記第1の担持体に担持されている前記造形材料を飛翔させる手段と、を備え、
 前記供給手段は、
 造形材料収容部に収容された該造形材料を担持して搬送する第2の担持体と、
 前記第2の担持体に担持された前記造形材料の層厚を規制する規制部材と、
 を備え、

前記規制部材は、回転可能な規制回転部材であり、

前記供給手段は、

前記第2の担持体に前記造形材料を供給する供給部材と、

前記規制回転部材の表面を清掃する清掃部材と、を備える

立体造形装置。

【請求項2】

前記供給手段は、前記造形材料の種類に応じたバイアス電圧を、前記第2の担持体及び
 前記規制部材のそれぞれに印加する

請求項1に記載の立体造形装置。

【請求項3】

前記供給手段は、前記造形材料の種類に応じた回転数で、前記第2の担持体を回転させる

10

20

請求項 1、又は 2 に記載の立体造形装置。

【請求項 4】

前記造形材料の種類に応じて、前記第 2 の担持体の回転数と、前記第 2 の担持体及び前記規制部材のそれぞれに印加するバイアス電圧の少なくとも 1 つを記録する情報記録部をさらに備える

請求項 1 乃至 3 の何れか 1 項に記載の立体造形装置。

【請求項 5】

前記情報記録部は、前記供給手段に設けられている

請求項 4 に記載の立体造形装置。

【請求項 6】

前記立体造形装置は、前記造形材料の種類に基づき、前記情報記録部を参照して、前記回転数と、前記バイアス電圧の少なくとも 1 つを決定する

請求項 4、又は 5 に記載の立体造形装置。

【請求項 7】

前記第 1 の担持体の表面における前記造形材料の付着量を検知する付着量検知手段をさらに備える

請求項 1 乃至 3 の何れか 1 項に記載の立体造形装置。

【請求項 8】

前記供給手段は、前記付着量検知手段により検知された情報に基づいて決定されたバイアス電圧を、前記第 2 の担持体及び前記規制部材のそれぞれに印加する

請求項 7 に記載の立体造形装置。

【請求項 9】

前記供給手段は、前記付着量検知手段により検知された情報に基づき決定された回転数で、前記第 2 の担持体を回転させる

請求項 7、又は 8 に記載の立体造形装置。

【請求項 10】

前記第 1 の担持体は回転部材である

請求項 1 乃至 9 の何れか 1 項に記載の立体造形装置。

【請求項 11】

前記第 1 の担持体の搬送速度は、前記第 2 の担持体の周速度より小さい

請求項 9 に記載の立体造形装置。

【請求項 12】

前記飛翔させる手段は、パルスレーザを照射する手段、又は空気を吹き付ける手段の何れか一方である

請求項 1 乃至 11 の何れか 1 項に記載の立体造形装置。

【請求項 13】

前記飛翔させる手段は、前記第 1 の担持体と、前記第 1 の担持体に担持されている前記造形材料とを加熱する加熱手段を含む

請求項 1 乃至 12 の何れか 1 項に記載の立体造形装置。

【請求項 14】

前記第 1 の担持体に担持される前記造形材料に対して液体を付与する手段をさらに備える

請求項 1 乃至 13 の何れか 1 項に記載の立体造形装置。

【請求項 15】

前記液体が付与されていない前記第 1 の担持体から除去する手段をさらに備える

請求項 14 に記載の立体造形装置。

【請求項 16】

前記供給手段は、前記造形材料の種類に応じたバイアス電圧を、前記第 2 の担持体、前記規制回転部材、前記供給部材、及び前記清掃部材のそれぞれに印加する

請求項 1 乃至 15 の何れか 1 項に記載の立体造形装置。

【請求項 17】

10

20

30

40

50

前記供給手段は、前記造形材料の種類に応じた回転数で、前記第2の担持体、前記規制回転部材、及び前記供給部材のそれぞれを回転させる請求項1乃至16のいずれか1項に記載の立体造形装置。

【請求項18】

前記造形材料の種類に応じて、前記第2の担持体、前記供給部材、及び前記規制部材のそれぞれの回転数と、前記第2の担持体、前記規制回転部材、前記供給部材、及び前記清掃部材のそれぞれに印加するバイアス電圧の少なくとも1つを記録する情報記録部をさらに備える請求項1乃至17の何れか1項に記載の立体造形装置。

【請求項19】

前記第1の担持体の表面における前記造形材料の付着量を検知する付着量検知手段をさらに備え、

10

前記供給手段は、前記付着量検知手段により検知された情報に基づいて決定されたバイアス電圧を、前記第2の担持体、前記規制回転部材、前記供給部材、及び前記清掃部材のそれぞれに印加する

請求項1乃至18の何れか1項に記載の立体造形装置。

【請求項20】

前記供給手段は、前記付着量検知手段により検知された情報に基づき決定された回転数で、前記第2の担持体、前記規制回転部材、及び前記供給部材のそれぞれを回転させる請求項19に記載の立体造形装置。

【請求項21】

20

前記第2の担持体、前記規制回転部材、及び前記供給部材は、それぞれ独立に駆動可能に構成されている

請求項1乃至20の何れか1項に記載の立体造形装置。

【請求項22】

立体造形物を造形する立体造形装置による立体造形方法であって、供給手段により、第1の担持体に造形材料を供給する供給工程と、

前記第1の担持体に担持されている前記造形材料を飛翔させる工程と、を行い、

前記供給工程は、

造形材料収容部に收容された該造形材料を第2の担持体により担持して搬送すると、規制部材により、前記第2の担持体に担持された前記造形材料の層厚を規制する工程と、

30

を行い、

前記規制部材は、回転可能な規制回転部材であり、

前記供給手段は、

供給部材により、前記第2の担持体に前記造形材料を供給し、

清掃部材により、前記規制回転部材の表面を清掃する

立体造形方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、立体造形装置、及び立体造形方法に関する。

40

【背景技術】

【0002】

立体造形物（三次元造形物）を造形する装置としては、一般的に、熔融堆積（MEX；Materials Extrusion）、光造形（VPP；Vat Photo Polymerization）、粉体焼結（PBF；Powder Bed Fusion）、材料噴射（MJT；Material Jetting）、結合剤噴射（BJT；Binder Jetting）、シート積層（SHL；Sheet Lamination）、指向性エネルギー堆積（DED；Directed Energy Deposition）等の技術を利用した積層造形法が知られている。

【0003】

また、光を吸収する立体造形剤に対して光渦レーザービームを照射して、立体造形剤を

50

飛翔させて被付着物に立体的に付着させるものも知られている（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】

【0004】

しかしながら、特許文献 1 の構成では、飛翔させた立体造形剤が付着した後に紫外線等で硬化させるため、立体造形剤が造形物に衝突したとき、衝突した立体造形剤が飛散し、造形品質が得られにくい場合がある。

【0005】

本発明は、造形品質の向上を図ることを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0006】

上述した課題を解決するために、立体造形物を造形する立体造形装置であって、第 1 の担持体に造形材料を供給する供給手段と、前記第 1 の担持体に担持されている前記造形材料を飛翔させる手段と、を備え、前記供給手段は、造形材料収容部に収容された該造形材料を担持して搬送する第 2 の担持体と、前記第 2 の担持体に担持された前記造形材料の層厚を規制する規制部材と、を備え、前記規制部材は、回転可能な規制回転部材であり、前記供給手段は、前記第 2 の担持体に前記造形材料を供給する供給部材と、前記規制回転部材の表面を清掃する清掃部材と、を備える。

【発明の効果】

20

【0007】

本発明によれば、造形品質の向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図 1】第 1 実施形態に係る立体造形装置の構成例を示す図である。

【図 2】供給手段によるバイアス及び回転数の切り替え例を示す図である。

【図 3】造形材料担持搬送体上での造形材料の様子の一例の写真である。

【図 4】造形材料担持搬送体上での造形材料の様子その他の例の写真である。

【図 5】造形材料の飛翔状態例を示す図である。

【図 6】造形材料の落下軌跡例を示す図である。

30

【図 7】造形材料の着弾ばらつき例を示す図である。

【図 8】第 1 実施形態に係る立体造形装置の動作例のフローチャートである。

【図 9】第 2 実施形態に係る立体造形装置の構成例を示す図である。

【図 10】第 3 実施形態に係る立体造形装置の構成例を示す図である。

【図 11】第 4 実施形態に係る立体造形装置の構成例を示す図である。

【図 12】第 5 実施形態に係る立体造形装置の構成例を示す図である。

【図 13】マルチエアノズルの構成例を示す図である。

【図 14】第 6 実施形態に係る立体造形装置の構成例を示す図である。

【図 15】複雑形状を造形する場合のサポート方法を示す図である。

【図 16】第 7 実施形態に係る立体造形装置の造形物表面温度を示す図である。

40

【図 17】造形材料と溶融用レーザーの照射領域との関係例を示す図である。

【図 18】第 8 実施形態に係る立体造形装置造形物表面温度を示す図である。

【図 19】第 9 実施形態に係る粒子を飛翔させる装置の作用例を示す図である。

【図 20】第 10 実施形態に係る立体造形装置の構成例を示す図である。

【図 21】ドクターローラ及びスクレーパへのバイアス電圧印加例、並びにドクターローラの回転例を示す図であり、(a) は第 1 の種類の造形材料の場合の図、(b) は第 2 の種類の造形材料の場合の図である。

【図 22】ドクターローラの担持ローラへの当接例の図であり、(a) は第 1 の種類の造形材料の場合の図、(b) は第 2 の種類の造形材料の場合の図である。

【図 23】ドクターローラの担持ローラへの当接の他の例の図であり、(a) は第 1 の種

50

類の造形材料の場合の図、(b)は第2の種類の場合の図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、図面を参照して発明を実施するための形態について説明する。

【0010】

[第1実施形態]

まず、第1実施形態に係る立体造形物を造形する装置(以下、立体造形装置という)について図1を参照して説明する。図1は、第1実施形態に係る立体造形装置100の構成の一例を説明する図である。

【0011】

図1に示すように、立体造形装置100は、ステージ101と、ステージ加熱ヒータ102と、断熱板103と、造形物加熱ヒータ104と、造形材料担持搬送体111と、供給手段300と、造形材料付着量検知手段170とを備えている。また飛翔用レーザ115と、エネルギーを付与する手段として溶融用レーザ116と、クリーニングブレード117と、回収ケース118とを備えている。

【0012】

これらのうち、ステージ101は、造形する造形物(造形過程にある造形物)200を支持する支持部材として機能する。ステージ101は、矢印Y方向に往復移動可能であり、矢印Z方向に例えば造形厚み0.05mmピッチで上下動可能である。

【0013】

ステージ101の下側にはステージ加熱ヒータ102が配置され、ステージ101は造形材料201に合わせた温度に制御される。また、ステージ101の上側には、断熱板103が配置され、その下面に造形物加熱ヒータ104が配置されている。造形物200は造形材料201に合わせた温度に制御される。さらに温度制御を均一に保つために、ステージ101と断熱板103の間を囲う壁面が配置され、その内側にヒータが配置されることもある。

【0014】

ステージ101の上方には、粒子状の造形材料201を担持しつつ造形位置まで搬送する造形材料担持搬送体111が配置されている。造形材料担持搬送体111は、ガイドローラ150, 151, 152及び造形ガイド155に掛け回されている。

【0015】

造形材料担持搬送体111は、造形材料201を担持して矢印111'方向(搬送方向)に走行し、ステージ101上の造形物200の上方まで造形材料201を搬送する第1の担持体の一例である。造形材料担持搬送体111は、透明な部材であり、無端ベルト状で構成しているが、これに限るものではない。

【0016】

造形材料201は、目的とする造形物200に応じて適宜選択されるべきものであるが、樹脂の場合、例えば、PA12(ポリアミド12)、PBT(ポリブチレンテレフタレート)、PSU(ポリスルホン)、PA66(ポリアミド66)、PET(ポリエチレンテレフタレート)、LCP(液晶ポリマー)、PEEK(ポリエーテルエーテルケトン)、POM(ポリアセタール)、PSF(ポリサルホン)、PA6(ポリアミド6)、PPS(ポリフェニレンサルファイド)等である。

【0017】

また、造形材料201は、結晶性樹脂のみに限らず、非晶性樹脂であるPC(ポリカーボネート)やABS(アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン)、PEI(ポリエーテルイミド)、あるいは結晶性と非晶性の混合樹脂であってもよい。

【0018】

また、造形材料201は、樹脂の他、金属や、セラミック、液体等の種々の材料を用いることができる。また、造形材料201は、1pa・s以上の粘度を有する材料であってもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 9 】

造形材料担持搬送体 1 1 1 による造形材料 2 0 1 の担持は、本実施形態では、ファンデルワールス力によって行っている。また、造形材料 2 0 1 の抵抗値が高い場合、静電的な付着力だけでも担持できる。

【 0 0 2 0 】

造形材料担持搬送体 1 1 1 の周囲には、造形材料担持搬送体 1 1 1 の表面に造形材料 2 0 1 を供給する供給手段 3 0 0 が配置されている。

【 0 0 2 1 】

供給手段 3 0 0 は、内部に造形材料 2 0 1 を収容保持する造形材料収容部の一例であり、担持ローラ 3 0 1 と、規制部材 3 0 2 と、供給ローラ 3 0 3 と、情報記録部 3 0 4 とを備えている。

10

【 0 0 2 2 】

担持ローラ 3 0 1 は、供給手段 3 0 0 に収容された造形材料 2 0 1 を担持して搬送する第 2 の担持体の一例である。担持ローラ 3 0 1 は、矢印 3 0 1' 方向に回転し、その表面に造形材料 2 0 1 を担持する部材である。

【 0 0 2 3 】

規制部材 3 0 2 は、担持ローラ 3 0 1 の表面に当接して造形材料 2 0 1 の層厚を規制する規制ブレード、又は規制ローラ等の部材である。

【 0 0 2 4 】

供給ローラ 3 0 3 は、規制部材 3 0 2 で規制された層厚の造形材料を、担持ローラ 3 0 1 から造形材料担持搬送体 1 1 1 に供給する供給部材である。供給ローラ 3 0 3 は、担持ローラ 3 0 1 に当接して矢印 3 0 3' 方向に回転し、造形材料 2 0 1 を担持ローラ 3 0 1 に供給する。

20

【 0 0 2 5 】

情報記録部 3 0 4 は、造形材料 2 0 1 の種類を示す情報や使用開始年月日情報等を記録する ID チップである。また情報記録部 3 0 4 は、造形材料 2 0 1 の種類に対応付けて、担持ローラ 3 0 1 及び供給ローラ 3 0 3 の回転数と、担持ローラ 3 0 1、規制部材 3 0 2 及び供給ローラ 3 0 3 のそれぞれに印加するバイアス電圧の少なくとも 1 つを記録している。さらに情報記録部 3 0 4 は、バイアス電圧を印加する場合における電位差（オフセット）や、交流のバイアス電圧を印加する場合における周波数、振幅、オフセットバイアス電圧値等を記録することもできる。

30

【 0 0 2 6 】

供給手段 3 0 0 は、立体造形装置 1 0 0 に対して着脱可能に設けられ、使用する造形材料 2 0 1 の種類に応じて交換することができ、造形材料を変更して造形を行う場合に好適に構成されている。

【 0 0 2 7 】

担持ローラ 3 0 1、規制部材 3 0 2 及び供給ローラ 3 0 3 は、立体造形装置 1 0 0 に対して電氣的に接続されている。これにより、規制部材 3 0 2 及び供給ローラ 3 0 3 にプラス直流バイアス電圧、マイナス直流バイアス電圧、交流バイアス電圧等を印加でき、またこれらを接地できるようになっている。

40

【 0 0 2 8 】

担持ローラ 3 0 1、規制部材 3 0 2、供給ローラ 3 0 3 のそれぞれのバイアス正負、接地、AC / DC 切替えを自在に可変できることで、規制部材 3 0 2 による規制の際に摩擦により発生する造形材料 2 0 1 の帯電列での帯電や、造形材料担持搬送体 1 1 1 に当接する際に発生する静電気等の影響を抑制できる。

【 0 0 2 9 】

供給手段 3 0 0 は、造形材料 2 0 1 の種類に基づき、情報記録部 3 0 4 を参照して決定されたプラス直流バイアス電圧、マイナス直流バイアス電圧、又は交流バイアス電圧等を規制部材 3 0 2 及び供給ローラ 3 0 3 のそれぞれに印加できる。

【 0 0 3 0 】

50

供給手段300によるプラス直流バイアス電圧、マイナス直流バイアス電圧、交流バイアス電圧等の印加については、別途図2によっても説明する。

【0031】

また供給手段300は、造形材料201の種類に基づき、情報記録部304を参照して決定された回転数で、担持ローラ301及び供給ローラ303のそれぞれを回転させることができる。

【0032】

供給手段300は、担持ローラ301の回転方向（矢印301'方向）における上流側で、担持ローラ301に対して造形材料201を供給及び規制し、担持ローラ301の表面に連続的に安定した造形材料201の薄層を形成する。そして担持ローラ301が造形材料担持搬送体111に当接することで、造形材料担持搬送体111の表面に造形材料201の薄層を形成することができる。

10

【0033】

ここで、造形材料担持搬送体111の搬送速度 V_{111} と担持ローラ301の周速度 V_{301} を $V_{111} < V_{301}$ の関係にすると、造形材料201による薄層を造形材料担持搬送体111に対してより密な状態で形成できるため、好適である。

【0034】

供給手段300は、収容保持する造形材料201の種類に応じて、構成や配置を変更できる。例えば、担持ローラ301及び供給ローラ303の材料又は外径、規制部材302の形状、担持ローラ301への当接圧 P_{302} や当接位置等の変更が可能である。

20

【0035】

立体造形装置100と供給手段300との間のインターフェースを共通化しておくことで、造形材料201の種類に応じて、立体造形装置100と供給手段300の設定を適正化できる。このインターフェースの項目には、造形材料担持搬送体111に対する供給手段300の当接条件や、立体造形装置100と供給手段300との電気接続条件、情報記録部304による記録情報の読み取り条件等が挙げられる。

【0036】

造形材料付着量検知手段170は、造形材料担持搬送体111の搬送方向における供給手段300の下流側に設けられている。造形材料付着量検知手段170は、造形材料担持搬送体111表面に形成された薄層における造形材料201の付着量を検知する。造形材料付着量検知手段170として、照射した光の造形材料による反射光の光強度に基づき造形材料の付着量を検出する反射型光学センサ等を用いることができる。この造形材料付着量検知手段170は、「付着量検知手段」の一例である。

30

【0037】

検知された造形材料201の付着量が所定範囲を超える場合には、立体造形装置100は、電気的接続条件や担持ローラ301及び供給ローラ303に印加するバイアス電圧や回転数等を変更する。所定範囲を超えた場合に、変更するバイアス電圧や回転数等は予め実験やシミュレーションに基づき定められている。

【0038】

換言すると、供給手段300は、造形材料付着量検知手段170により検知された情報に基づいて、立体造形装置100により決定されたバイアス電圧を、担持ローラ301、規制部材302及び供給ローラ303のそれぞれに印加できる。また供給手段300は、造形材料付着量検知手段170により検知された情報に基づいて、立体造形装置100により決定された回転数で、担持ローラ301及び供給ローラ303のそれぞれを回転させることができる。

40

【0039】

このようにすることで、同一の造形材料201でも規制により材料が劣化（割れ、変形等）したり、造形材料201の収容保持量又は使用環境が変動したりした場合にも、担持ローラ301による造形材料201の供給を安定して行うことができる。

【0040】

50

飛翔用レーザー115は、造形材料担持搬送体111の搬送軌道内側に配置され、造形材料担持搬送体111に担持されている造形材料にエネルギーを付与するエネルギー付与手段である。

【0041】

ここで、「飛翔」とは、造形材料201が非接触で造形材料担持搬送体111からステージ101側に移動することを意味し、転写と異なり、非接触で移動できるので、造形材料201のロスを少なくしたり、造形精度を向上したりすることができる。

【0042】

飛翔用レーザー115はエネルギーが付与されればよく特に手段は限定されないが、例えば造形材料担持搬送体111の表面の造形材料201を飛翔させるためのパルスレーザーである。

10

【0043】

飛翔用レーザー115は、造形材料担持搬送体111に担持された造形材料201に対してパルスレーザー光115aを照射する。パルスレーザー光115aは、造形ガイド155の一部を空隙とした造形ガイドスリット部155aから造形材料担持搬送体111に照射される。

【0044】

造形材料201は、パルスレーザー光115aを受けることで、輻射圧と呼ばれる力により粉の付着力が開放され、重力により下向きに落下する。換言すると、パルスレーザー光115aが照射された造形材料201は、造形物200の表面に向けて飛翔する。

20

【0045】

なお、図1などでは、造形材料201が、ステージ101に対して重力方向に飛翔する例で示しているが、必ずしもステージ101に対して垂直(90°)を維持する必要はなく、必要に応じてステージ101に対して所要の角度で傾斜させてもよい。

【0046】

US006025110A等に記載されているレーザー転写LIFT(Laser Induced Forward Transfer)は、担持体に密着した箔状、液状の材料をレーザー照射により非接触転写するものであり、局部的に加熱されて材料が気化することにより、造形材料担持搬送体111の表面からパルスレーザー光115aの方向に飛翔する。

【0047】

本実施形態では、後者のメカニズムの寄与を皆無とまで言うことはできないが、前者が中心と考える理由に以下のものがある。

30

【0048】

1. レーザ光の吸収率が高い黒色粉と透明粉で飛翔開始エネルギーが同等である。
2. 担持体が透明樹脂フィルムであっても透明粉は飛翔する。
3. 担持体の透明樹脂フィルムは1000回までの多数回パルスレーザー照射でも劣化しない。

【0049】

造形材料担持搬送体111と造形物200との空隙距離は、造形材料201の平均粒径の3~10倍を目安に維持することが好ましい。これにより、飛翔前後の上下の造形材料同士の接触を避け、飛翔による散逸を避けることができる。

40

【0050】

熔融用レーザー116は、造形材料担持搬送体111の外側に配置され、エネルギーを付与する手段として造形物200の表面を加熱することで、ステージ101上で造形される造形物200の表面を加熱して熔融状態にする。熔融用レーザー116は、ステージ101上で造形される造形物200の表面を加熱して熔融状態にする。1つまたは複数のエネルギーを付与する手段のエネルギーによって熔融状態になればよく、レーザーによる加熱以外にも対流、ランプ、誘導加熱、誘電加熱など適用可能である。このときの「表面」とは、造形1回の1層でも良いし、2、3層などの複数層にわたっても良い。また、各層の一部でも良いし、全体でもよい。つまり、最表層の一部が含まれていることが重要である。

50

溶融用レーザー 1 1 6 には、エネルギーが付与されればよく特に手段は限定されないが、連続波 (Continuous Wave) のレーザーが好適である。

【 0 0 5 1 】

溶融用レーザー 1 1 6 の溶融用レーザー光 1 1 6 a は、パルスレーザー光 1 1 5 a の照射により飛翔した造形材料 2 0 1 の着弾位置を狙って照射される。溶融用レーザー 1 1 6 の溶融用レーザー光 1 1 6 a で溶融状態になった造形物 2 0 0 の表面に、パルスレーザー光 1 1 5 a の照射で飛翔した造形材料 2 0 1 が着弾することで、造形材料 2 0 1 を造形物 2 0 0 の表面に付着させることができる。

【 0 0 5 2 】

なお、飛翔用レーザー 1 1 5 及び溶融用レーザー 1 1 6 による照射位置は、造形材料 2 0 1 の種類や造形速度等に応じて調整可能である。また、着弾位置のばらつきや過不足は積層間で調整できる。造形物 2 0 0 の形状を決定するのは主に溶融用レーザー 1 1 6 である。

【 0 0 5 3 】

また、造形材料 2 0 1 の飛翔と造形物 2 0 0 の溶融の開始タイミングの前後関係は特に限定されるものではない。つまり、造形材料 2 0 1 が飛翔する前に、造形物 2 0 0 の表面を溶融させても良い。または、造形材料 2 0 1 が飛翔した後、造形物 2 0 0 の表面を溶融させ、この溶融させた表面に飛翔した造形材料 2 0 1 が着弾しても良い。

【 0 0 5 4 】

クリーニングブレード 1 1 7 は、造形材料担持搬送体 1 1 1 の搬送方向における造形物 2 0 0 の下流側に設けられ、造形材料担持搬送体 1 1 1 の表面に残存する造形材料 2 0 1 を除去する清掃部材である。クリーニングブレード 1 1 7 で掻き落とされた造形材料 2 0 1 は回収ケース 1 1 8 に回収される。但し、清掃部材は、クリーニングブレード 1 1 7 に限定されるものではなく、フィルムクリーナ等であってもよい。

【 0 0 5 5 】

次に図 2 は、供給手段 3 0 0 のバイアス電圧及び回転数の切り替えの一例を説明する図である。図 2 (a) , (b) は、供給手段 3 0 0 における担持ローラ 3 0 1、規制部材 3 0 2 及び供給ローラ 3 0 3 の電氣的接続の切り替えを示している。図 2 (c) , (d) は供給手段 3 0 0 における担持ローラ 3 0 1 及び供給ローラ 3 0 3 の回転数の切り替えを示している。また図 2 (e) , (f) は、供給手段 3 0 0 における担持ローラ 3 0 1 及び規制部材 3 0 2 の電氣的接続の極性(バイアス電圧のプラスマイナス)の切り替えを示している。

【 0 0 5 6 】

図 2 (a) では、担持ローラ 3 0 1 には直流マイナスバイアス電圧が印加され、規制部材 3 0 2 には直流プラスバイアス電圧が印加され、供給ローラ 3 0 3 は接地している。図 2 (b) では、担持ローラ 3 0 1 には交流バイアス電圧が印加され、規制部材 3 0 2 は接地し、供給ローラ 3 0 3 には直流マイナスバイアス電圧が印加されるように切り替わっている。図 2 (a) と図 2 (b) の状態の切り替えは自在に行うことができる。

【 0 0 5 7 】

図 2 (c) では、担持ローラ 3 0 1 及び供給ローラ 3 0 3 は共に遅い回転数であり、図 2 (d) では、担持ローラ 3 0 1 及び供給ローラ 3 0 3 は共に速い回転数に切り替わっている。図 2 (c) と図 2 (d) の状態の切り替えも自在に行うことができる。例えば、収容保持している造形材料 2 0 1 が少ない場合には、担持ローラ 3 0 1 及び供給ローラ 3 0 3 の回転数を速くすることができる。

【 0 0 5 8 】

図 2 (e) では、担持ローラ 3 0 1 及び規制部材 3 0 2 は共にプラスバイアス電圧が印加され、図 2 (f) では担持ローラ 3 0 1 及び規制部材 3 0 2 は共にマイナスバイアス電圧が印加されるように切り替わっている。図 2 (e) と図 2 (f) の状態の切り替えは自在に行うことができる。

【 0 0 5 9 】

なお、図 2 に示したものは一例であり、切り替えを組み合わせることもできる。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 0 】

図 2 (a) ~ (f) は、図 1 におけるガイドローラ 1 5 1 や情報記録部 3 0 4、担持ローラ 3 0 1、規制部材 3 0 2、供給ローラ 3 0 3 の電氣的接続のインターフェースは共通であるが、3 0 0 内部の形状などは造形材料 2 0 1 の種類に応じて自在に変更することができる。例えば、図 2 (a) (b) と図 2 (c) (d) の供給ローラ 3 0 3 はその外径が異なるがインターフェースが共通なのでユニットとしては互換性がある。

【 0 0 6 1 】

ここで、造形材料担持搬送体 1 1 1 上での造形材料 2 0 1 の様子について図 3 及び図 4 を参照して説明する。図 3 は、造形材料担持搬送体上での造形材料の様子の一例を示す光学顕微鏡写真であり、図 4 は、造形材料担持搬送体上での造形材料の様子他の例を示す光学顕微鏡写真である。

10

【 0 0 6 2 】

図 3 は、造形材料 2 0 1 として体積平均粒径は $48 \mu\text{m}$ の柱状の造形材料 2 0 1 を使用し、開目 $70 \mu\text{m}$ 、線径 $50 \mu\text{m}$ のステンレス製メッシュを用いて、造形材料 2 0 1 を造形材料担持搬送体 1 1 1 の表面に供給したときの光学顕微鏡写真である。この例では、造形材料 2 0 1 は重なりがほぼなく全体として均一に配置されていることが確認された。

【 0 0 6 3 】

図 4 (a) は、造形材料 2 0 1 として S i t e r i t 社製 P A 1 2 s m o o t h (体積平均粒径は $38 \mu\text{m}$) を使用し、供給手段 3 0 0 を用いた立体造形装置 1 0 0 実験機を用いて、造形材料 2 0 1 を造形材料担持搬送体 1 1 1 の表面に供給したときの光学顕微鏡写真である。

20

【 0 0 6 4 】

なお、図 4 (b) は図 4 (a) の拡大写真である。この例でも、造形材料 2 0 1 の重なりがほぼなく、全体として均一に配置されている。なお、この造形材料 2 0 1 は、3 ないし 4 つの球形粒子が合体したような特異な形状をしているが、凝集したり、重なったりしているわけではない。

【 0 0 6 5 】

また、供給手段 3 0 0 による供給は、図 1 に示した構成に限定されるものではない。例えば、電鑄等より製作可能なメッシュローラからの接触供給、非接触供給、非接触のメッシュ上からの散布、粉体気流攪拌による流動浸漬なども可能である。

30

【 0 0 6 6 】

次に、造形材料 2 0 1 の飛翔状態について図 5 を参照して説明する。図 5 は造形材料 2 0 1 の飛翔状態の一例を説明する図である。図 5 (b)、(c) は高速カメラによる断面観察の状態を示している。

【 0 0 6 7 】

図 5 (a 1) に示すように、造形材料担持搬送体 1 1 1 の表面に造形材料 2 0 1 が多層に重なっているときには、パルスレーザー光 1 1 5 a を照射することによって、図 5 (b) に示すように、造形材料 2 0 1 が飛翔によって散逸する。

【 0 0 6 8 】

これに対し、図 5 (a 2) に示すように、造形材料担持搬送体 1 1 1 の表面に造形材料 2 0 1 が重ならないで担持されているときには、パルスレーザー光 1 1 5 a を照射することによって、図 5 (c) に示すように、造形材料 2 0 1 が鉛直方向に飛翔する。

40

【 0 0 6 9 】

次に、造形材料の落下軌跡及び着弾ばらつきについて図 6 及び図 7 を参照して説明する。ここで図 6 は、造形材料の落下軌跡の一例を示す図であり、図 7 は造形材料の着弾ばらつきの一例を示す図である。

【 0 0 7 0 】

図 6 では、以下の条件で複数の粉末 (造形材料) の落下軌跡をインターバル連続撮影でとらえた結果を示している。

【 0 0 7 1 】

50

P A 1 2 粉体：平均粒径 3 8 μ m
 レーザ波長：5 3 2 n m
 パルス幅：1 5 p s
 ピークパワー：0 . 7 4 M W
 ビーム重ね回数：1 . 3
 ビーム径：4 0 μ m
 周波数：6 . 6 k H z
 走査速度：2 0 0 m m / s
 撮影：2 0 k f p s

粉体は透明 P C、黒色 P C、P E、P B T で、レーザー波長：1 0 6 4 n m、パルス幅：2 n s、2 0 n s などの組み合わせで同様な飛翔を確認した。特に、透明 P C は 5 3 2 n m でも 1 0 6 4 n m でも透過率が高く、熱として吸収されることが少ないため、従来の L I F T とは異なる機構であることが推察される。

10

【 0 0 7 2 】

その際の造形予定位置の 0 . 5 m m ギャップ位置の着弾ばらつきを図 7 にヒストグラムで示している。

【 0 0 7 3 】

この結果から分かるように、7 6 % の粒子が \pm 5 0 μ m の範囲に着弾しており、 \pm 1 0 0 μ m などの精度の造形を行うには十分である。最終形状は、熔融用レーザーの位置精度で決まるため、熔融部から外れた僅かな粉は造形後に除去される。

20

【 0 0 7 4 】

飛翔用レーザー 1 1 5 のレーザー光源としては、特に制限はなく、ピコ秒からナノ秒などのパルス発振可能なものが好ましい。固体レーザーとしては、Y A G レーザ、チタンサファイアレーザーなどがある。気体レーザーとしては、アルゴンレーザー、ヘリウムネオンレーザー、炭酸ガスレーザーなどがある。半導体レーザーも小型で好ましい。ファイバーレーザーはそのピークエネルギーの高さと小型化可能な面で本発明を製品化するに当たり最も適した光源である。

【 0 0 7 5 】

レーザの波長としては、適宜選択することができるが、3 0 0 n m 以上 1 1 μ m 以下が好ましい。特に、造形材料 2 0 1 が樹脂であるとき、2 4 6 0 n m 付近は C H と C C 結合の複合吸収帯で、カーボン入りのものも含む多様な樹脂で吸収率が 8 0 % 以上であった。また、波長が 2 3 0 0 n m ~ 2 5 0 0 n m は吸収率が 6 5 % 以上であり、この範囲でも安定的な飛翔及び熔融のエネルギーを付与できる。

30

【 0 0 7 6 】

この波長域は通常のガラスの透過率も高いため、基材との組み合わせも容易である。

【 0 0 7 7 】

レーザのパルス周波数としては、レーザーの走査速度との組み合わせで適宜選択することができる。両者の組み合わせで決まるビーム径の重なりが多いと飛翔後の粉体（造形材料）にもレーザーが当たり、粉が散逸しやすい。ビーム径の重なりが 2 回以上となるとその傾向が顕著であり、1 . 2 ~ 1 . 7 回は粉の散逸が小さい。

40

【 0 0 7 8 】

次に、この立体造形装置 1 0 0 の動作の一例について図 8 のフローチャートを参照して説明する。

【 0 0 7 9 】

造形動作を開始すると、まずステップ S 0 において、立体造形装置 1 0 0 は、情報記録部 3 0 4 に記録された情報を読み取り（参照し）、造形材料 2 0 1 に対応付けられた適正な電氣的接続および担持ローラ 3 0 1 供給ローラ 3 0 3 の回転数を決定する。

【 0 0 8 0 】

続いて、ステップ S 1 において、供給手段 3 0 0 は、担持ローラ 3 0 1 及び供給ローラ 3 0 3 を回転駆動させながら、内部に収容保持された造形材料 2 0 1 を担持ローラ 3 0 1

50

に担持させ、担持ローラ 301 上の造形材料 201 の厚みを規制部材 302 で規制して、担持ローラ 301 上に造形材料 201 の薄層を形成する。

【0081】

続いて、ステップ S2 において、供給手段 300 は、造形材料 201 を造形材料担持搬送体 111 の表面に造形材料 201 同士が重ならない状態で配置する。

【0082】

続いて、ステップ S3 において、造形材料付着量検知手段 170 は、適正な造形材料の薄層状態であるかを確認する。

【0083】

続いて、ステップ S4 において、供給手段 300 は、造形が完了するまで、造形材料担持搬送体 111 に対して造形材料 201 の安定した供給を継続する。

10

【0084】

このようにして、供給手段 300 によって造形材料担持搬送体 111 の表面に造形材料 201 が供給され、造形物 200 を支持するステージ 101 の上方に配置された造形材料担持搬送体 111 の表面に造形材料 201 が担持される。

【0085】

そして、造形材料担持搬送体 111 を搬送駆動する機構によってステージ 101 の上方に搬送され、ステージ 101 の上方に造形材料 201 の天井が形成される。

【0086】

一方、ステップ S5 において、造形開始タイミングになると、ステップ S6 において、溶融用レーザー 116 は溶融用レーザー光 116a を照射して、造形物 200 の表面のうち造形材料 201 を付着する部分を加熱して溶融させる。但し、造形開始直後の第一層目だけはステージ加熱ヒータ 102 の温度により造形材料 201 が融着する。

20

【0087】

続いて、ステップ S7 において、飛翔用レーザー 115 は造形データに応じて所要の造形材料 201 にパルスレーザー光 115a を照射して、造形材料担持搬送体 111 に担持されている造形材料 201 を造形物 200 の溶融の部分に向けて飛翔させる。

【0088】

造形材料担持搬送体 111 から飛翔する造形材料 201 は溶融状態にある造形物 200 の表面に着弾して造形物 200 と一体になり、造形物 200 が少なくとも 1 造形材料分成長する。

30

【0089】

続いて、ステップ S8 において、供給手段 300 と造形材料担持搬送体 111 の連続供給と搬送によって造形材料 201 を順次ステージ 101 上に移送しながら、溶融用レーザー 116 による造形物 200 の表面に溶融化、飛翔用レーザー 115 による造形材料 201 の飛翔、着弾を、造形が完了するまで繰り返す。

【0090】

これによって、造形物 200 を所要の形状まで成長させて立体造形物を造形することができる。

【0091】

< 立体造形装置 100 の作用効果 >

以上説明したように、本実施形態では、造形材料 201 を表面に担持する担持ローラ 301 と、担持ローラ 301 に造形材料 201 を供給する供給ローラ 303 と、担持ローラ 301 の表面における造形材料 201 の層厚を規制する規制部材 302 とを備える供給手段 300 を用いて、造形材料担持搬送体 111 に造形材料 201 を供給する。供給手段 300 により造形材料 201 の薄層を形成してから造形材料担持搬送体 111 に供給することで、造形材料 201 を造形材料担持搬送体 111 の表面に造形材料 201 同士が重ならない状態で配置することができる。これにより造形材料 201 を安定した状態で供給することができる。その結果、造形品質の向上を図ることができる。

40

【0092】

50

また本実施形態では、供給手段300は、立体造形装置100本体から着脱可能に設けられ、供給手段300を交換することで、造形に用いる造形材料201を簡単に変更することができる。

【0093】

また本実施形態では、造形材料201の種類に応じて予め定められた、担持ローラ301及び供給ローラ303の回転数と、担持ローラ301、規制部材302及び供給ローラ303のそれぞれに印加するバイアス電圧の少なくとも1つを記録する情報記録部304をさらに備える。造形材料201の種類に基づき情報記録部304に記録された情報を参照することで、造形材料201の種類に応じた適正な担持ローラ301及び供給ローラ303の回転数や、バイアス電圧等の条件を取得できる。そして、取得された条件を用いて造形を行うことで、造形材料201をより安定した状態で供給できる。その結果、造形品質の向上を図ることができる。

10

【0094】

また情報記録部304を供給手段300に設けることで、造形材料201を変更するために供給手段300を交換した場合に、供給手段300に設けられた情報記録部304を参照することで、供給手段300が収容する造形材料201の種類に応じた造形条件の情報を簡単に取得可能になる。

【0095】

また本実施形態では、造形材料担持搬送体111の表面における造形材料201の付着量を検知する造形材料付着量検知手段170をさらに備える。そして、供給手段300は、検知された情報に基づき決定されたバイアス電圧を、担持ローラ301、規制部材302及び供給ローラ303のそれぞれに印加し、また検知された情報に基づき決定された回転数で、造形材料担持体及び供給部材のそれぞれを回転させる。

20

【0096】

例えば、検知された造形材料201の付着量が所定範囲を超える場合には、立体造形装置100は、電気的接続条件や担持ローラ301及び供給ローラ303に印加するバイアス電圧や回転数等を変更する。そして変更後のバイアス電圧を、担持ローラ301、規制部材302及び供給ローラ303のそれぞれに印加し、変更後の回転数で、造形材料担持体及び供給部材のそれぞれを回転させる。

【0097】

このようにすることで、造形材料201をより安定した状態で供給できる。

30

【0098】

また本実施形態では、飛翔された造形材料201は溶融にある造形物200の表面に着弾し付着し、衝突によって拡散しないので、造形物200のエッジ等でも高い精度を得ることができ、造形品質が向上する。

【0099】

また粉体としては、結晶性樹脂のみならず、結晶性及び非結晶性樹脂の混合樹脂なども使用することができ、材料の多様性を確保でき、また連続造形によって造形速度の高速化を図れる。

【0100】

更に、粉体焼結法では、立体造形物の周囲をその造形物の形状大きさにかかわらず、また立体造形装置の造形容積分の材料をそのレーザによる溶融有無にかかわらず埋め尽くす必要がある。これに対し、本実施形態では造形物の溶融分と、一部造形物の形状を補うサポート材兼務分しか使用しないため、廃棄材料を大幅に減少することができる。

40

【0101】

また、飛翔用レーザ115によって飛翔されずに残留する造形材料201はクリーニングブレード117で回収ケース118に回収されるため、回収ケース118に堆積した造形材料201をリユースすることも可能であり、さらに廃棄材料を減少できる。

【0102】

また、本実施形態及び粉体焼結法でも、立体造形後に造形物を取り出すまでに、造形物

50

および周辺の余材（廃棄物）の温度が十分に冷めてからでないと造形物の材料収縮や反り変形などで精度が落ちる場合がある。

【 0 1 0 3 】

粉体焼結法では、造形容積分を造形材料で埋め尽くしているため熱容量が大きくなってしまい、造形物を含めた冷却時間に長時間を要する。これに対し、本実施形態では、造形物の周囲にサポート材兼務分程度しかないと冷却時間を短くすることができ、造形時の時間と冷却時間を加算したトータル時間で粉体焼結法より圧倒的短時間で造形物を形成することができる。

【 0 1 0 4 】

[第 2 実施形態]

次に、第 2 実施形態に係る立体造形装置 1 0 0 a について図 9 を参照して説明する。図 9 は立体造形装置 1 0 0 a の構成の一例を説明する図である。図 9 において、図 1 と同一の符号を付している手段については、図 1 と同一のため説明を適宜省略する。

【 0 1 0 5 】

図 9 に示すように、立体造形装置 1 0 0 a は、造形材料担持搬送体 1 1 1 a を備えている。この造形材料担持搬送体 1 1 1 a は、飛翔用レーザ 1 1 5 の波長及び溶融用レーザ 1 1 6 の波長の両方に対して透過性を有する円筒形のガラス部材で構成され、矢印 1 1 1' の方向に沿って回転する回転ドラムである。但し、回転ドラムであれば、円筒形のガラス部材に限定されるものではない。

【 0 1 0 6 】

造形材料担持搬送体 1 1 1 a の周囲には、造形材料担持搬送体 1 1 1 a の表面に造形材料 2 0 1 を供給する供給手段 3 0 0 a が配置されている。

【 0 1 0 7 】

この供給手段 3 0 0 a は、内部に造形材料 2 0 1 が供給されて矢印 3 0 0' の方向に沿って回転するメッシュローラ 1 2 1 と、メッシュローラ 1 2 1 内で造形材料 2 0 1 を摺って擦るブレード 1 2 2 とを備えている。供給手段 3 0 0 a は、ブレード 1 2 2 で造形材料 2 0 1 を摺って擦りながら凝集を解くことで、メッシュローラ 1 2 1 を通過させ、造形材料担持搬送体 1 1 1 a の表面に造形材料 2 0 1 の薄層を形成する。

【 0 1 0 8 】

メッシュローラ 1 2 1 のメッシュの開目は造形材料 2 0 1 の平均粒径より 2 0 ~ 3 0 % 大きいものが好ましい。金属線を編んだものを使用できるが、電鍍などで作製されるフラットなメッシュがより好ましい。また、ブレード 1 2 2 の当接方法は、図 9 に示すようにトレーリングでも良いし、カウンタ等であってもよく、適宜選択できる。

【 0 1 0 9 】

メッシュの開目には、造形材料 2 0 1 が詰まることがあるが、開目より細かい繊維からなるブラシをメッシュローラ外周から接触させることで、詰まりを解消できる。

【 0 1 1 0 】

この供給手段 3 0 0 a を、第 1 実施形態で説明した供給手段 3 0 0 に置き換えることもできる。なお、以下の実施形態で供給手段 3 0 0 a を示す場合も、供給手段 3 0 0 に置き換え可能である点は同様である。

【 0 1 1 1 】

[第 3 実施形態]

次に、第 3 実施形態に係る立体造形装置 1 0 0 b について図 1 0 を参照して説明する。図 1 0 は、立体造形装置 1 0 0 b の構成の一例を説明する図である。図 1 0 において、図 1 と同一の符号を付している手段については、図 1 と同一のため説明を適宜省略する。

【 0 1 1 2 】

図 1 0 に示すように、立体造形装置 1 0 0 b は、ヘッド 1 3 1 と、吸引手段 1 3 2 と、タンク 1 3 3 とを備えている。

【 0 1 1 3 】

ヘッド 1 3 1 は、造形材料担持搬送体 1 1 1 a の周囲に沿った供給手段 3 0 0 a と造形

10

20

30

40

50

材料 2 0 1 を飛翔させる位置（造形位置）との間に配置され、造形材料 2 0 1 に液体 1 3 0 を吐出して付与する。

【 0 1 1 4 】

吸引手段 1 3 2 は、矢印 1 1 1' で示す造形材料担持搬送体 1 1 1 a の回転方向（粉体移送方向）におけるヘッド 1 3 1 の下流側に配置され、液体 1 3 0 が付与されていない造形材料 2 0 1 を吸引回収する。

【 0 1 1 5 】

また、タンク 1 3 3 は、吸引手段 1 3 2 で回収した造形材料 2 0 1 を貯留する。

【 0 1 1 6 】

ヘッド 1 3 1 によって造形材料 2 0 1 に液体 1 3 0 を付与することで、造形材料 2 0 1 同士の間、及び造形材料担持搬送体 1 1 1 a と造形材料 2 0 1 との間のそれぞれに液架橋力が生じる。これにより、より安定して造形材料 2 0 1 を造形材料担持搬送体 1 1 1 a の表面に担持して造形位置まで移送できる。また液体が付与されていない造形材料 2 0 1 を造形材料担持搬送体 1 1 1 から吸引して除去することで、次に造形材料担持搬送体 1 1 1 に造形材料 2 0 1 を供給する際に、より安定して供給を行える。また除去した造形材料 2 0 1 を再利用すれば、造形材料 2 0 1 の有効活用を図れる。

【 0 1 1 7 】

ここで、ヘッド 1 3 1 は「液体を付与する手段」の一例であり、吸引手段 1 3 2 は「造形材料担持搬送体から除去する手段」の一例である。

【 0 1 1 8 】

また、ヘッド 1 3 1 を造形データに応じて駆動して、液体 1 3 0 を付与する領域を選択することで、造形材料担持搬送体 1 1 1 a 上で造形データに応じた造形材料 2 0 1 の画像を形成できる。さらに、ヘッド 1 3 1 から吐出する液体に色材や添加剤を加えることで、色を加えたり、機能を付与したりすることもできる。また、ヘッド 1 3 1 として多色ヘッドを使用することで所要の色を着色することもできる。

【 0 1 1 9 】

なお、造形材料 2 0 1 による作像を行わず、全体に液架橋力を付与するのであれば、超音波加湿器のミストを吹き付けることなどでも、より安定的に造形位置までの移送を行うことができる。

【 0 1 2 0 】

また、ファンデルワールス力や粉の抵抗値が高い場合静電的な付着力だけでも飛翔部まで搬送することが可能である。

【 0 1 2 1 】

吸引手段 1 3 2 は、造形材料担持搬送体 1 1 1 a の表面に液架橋力で担持されていない造形材料 2 0 1 を吸引除去する。吸引手段 1 3 2 は、減圧吸引の他、高導電性の粉体以外では静電的な吸引も可能であり、これらを併用することもできる。吸引された造形材料 2 0 1 は、液体等も付着していないので、供給手段 3 0 0 a 内に再供給することもできる。

【 0 1 2 2 】

ここで、液体 1 3 0 について説明する。液体 1 3 0 としては水を用いる。粘度調整のために、グリセリンやポリエチレングリコールなどの微量の増粘剤などを含んでもよい。

【 0 1 2 3 】

但し、造形材料 2 0 1 を構成する樹脂によっては、微量の水分をも加水分解などから避ける必要があり、その場合は、難燃性と材料への影響のないことを考慮した液体、例えばフッ化水素系の溶剤を選ぶと好適である。

【 0 1 2 4 】

例えば、スリーエム社製：商品名フロリナート（登録商標）、ソルベイ社製：商品名ガルデン（登録商標）等が沸点に応じて選択できる。フッ化水素系の溶剤がレーザ加熱などで分解する場合には、排気経路にフッ酸を吸収する炭酸カルシウムなどの吸収剤を配置しておけばよい。

【 0 1 2 5 】

10

20

30

40

50

[第 4 実施形態]

次に、第 4 実施形態に係る立体造形装置 1 0 0 c について、図 1 1 を参照して説明する。図 1 1 は、立体造形装置 1 0 0 c の構成の一例を説明する図である。図 1 1 において、図 1 と同一の符号を付している手段については、図 1 と同一のため説明を適宜省略する。

【 0 1 2 6 】

立体造形装置 1 0 0 c は、造形材料担持搬送体 1 1 1 c と、ガイドローラ 1 5 1 c , 1 5 2 c と、加熱手段である加熱ローラ 1 5 3 c と、バックアップローラ 1 5 4 と、回収ローラ 1 3 4 とを備えている。

【 0 1 2 7 】

造形材料担持搬送体 1 1 1 c は、周回移動する回転部材である無端ベルトで構成されている。造形材料担持搬送体 1 1 1 c には例えばニッケルベルトを使用できる。

10

【 0 1 2 8 】

また造形材料担持搬送体 1 1 1 c は、ガイドローラ 1 5 1 c , 1 5 2 c と、加熱ローラ 1 5 3 c に掛け回されている。ここで、加熱ローラ 1 5 3 c は造形物 2 0 0 を造形する位置でステージ 1 0 1 の上方に配置されている。

【 0 1 2 9 】

加熱ローラ 1 5 3 c に対向してバックアップローラ 1 5 4 が配置されている。バックアップローラ 1 5 4 は加熱ローラ 1 5 3 c が小径であるために生じる無端ベルトの撓みを低減する。

【 0 1 3 0 】

回収ローラ 1 3 4 はバイアスローラであり、バイアス電界によって造形材料 2 0 1 を回収し、タンク 1 3 3 に落下させる。

20

【 0 1 3 1 】

加熱ローラ 1 5 3 c は例えば 1 5 0 まで加熱される。この加熱により造形材料担持搬送体 1 1 1 c と加熱ローラ 1 5 3 c との接触部では 1 0 0 を超える温度になり、造形材料担持搬送体 1 1 1 c に担持された造形材料 2 0 1 の水による架橋力が開放される（突沸）。また、加熱ローラ 1 5 3 c が相対的に小径であり、造形材料 2 0 1 は遠心力でも架橋力が開放される。これにより、造形材料 2 0 1 は、例えば造形材料担持搬送体 1 1 1 c の搬送速度 3 0 0 m m / s で、造形材料担持搬送体 1 1 1 c から造形物 2 0 0 に向けて飛翔する。

30

【 0 1 3 2 】

換言すると、本実施形態では、造形材料担持搬送体 1 1 1 c から造形材料 2 0 1 を飛翔させる手段は、加熱ローラ 1 5 3 c と造形材料担持搬送体 1 1 1 c を回転させる手段とで構成され、突沸と遠心力によって造形材料担持搬送体 1 1 1 c の表面から造形材料 2 0 1 を飛翔させる。これにより、造形材料 2 0 1 がより飛翔しやすくなる。

【 0 1 3 3 】

一方、造形物 2 0 0 の造形材料 2 0 1 を付着させる部位は溶融用レーザ 1 1 6 によって加熱されて溶融される。

【 0 1 3 4 】

これにより、造形材料担持搬送体 1 1 1 c から飛翔した造形材料 2 0 1 は造形物 2 0 0 の溶融の部分に付着し、造形物 2 0 0 が成長する。

40

【 0 1 3 5 】

[第 5 実施形態]

次に、第 5 実施形態に係る立体造形装置 1 0 0 d について、図 1 2 及び図 1 3 を参照して説明する。図 1 2 は立体造形装置 1 0 0 d の構成の一例を説明する図であり、図 1 3 は立体造形装置 1 0 0 d におけるマルチエアノズルの構成の一例を説明する図である。図 1 2 において、図 1 と同一の符号を付している手段については、図 1 と同一のため説明を適宜省略する。

【 0 1 3 6 】

図 1 2 に示すように、立体造形装置 1 0 0 d は、造形材料担持搬送体 1 1 1 d と、ガイ

50

ドローラ 1 5 1 d , 1 5 2 d , 1 5 6 , 1 5 7 と、マルチエアーノズル 1 6 0 とを備えている。

【 0 1 3 7 】

造形材料担持搬送体 1 1 1 d は、無端のメッシュベルトで構成されている。造形材料担持搬送体 1 1 1 d は、ガイドローラ 1 5 1 d , 1 5 2 d , 1 5 6 , 1 5 7 に掛け回されている。そして、造形材料担持搬送体 1 1 1 d の周囲に沿ったガイドローラ 1 5 6 とガイドローラ 1 5 7 との間であって、造形物 2 0 0 を造形する位置でステージ 1 0 1 の上方には、マルチエアーノズル 1 6 0 が配置されている。

【 0 1 3 8 】

マルチエアーノズル 1 6 0 には供給源から空気が送られており、ノズル 1 6 0 a から造形材料担持搬送体 1 1 1 d に向けて空気を吹き出し、この空気圧によって造形材料担持搬送体 1 1 1 d から造形材料 2 0 1 が飛翔する。

10

【 0 1 3 9 】

飛翔前の粉体作像はインクジェットを用いたが、他の実施形態のようにレーザによりネガ部を除去しておくことも可能である。また、マルチエアーノズル 1 6 0 自体がマイクロキャビティ構造で個別に制御できるインクジェットのような構成の場合、事前の作像は不要であってパウダージェットの構成も実施可能である。

【 0 1 4 0 】

一方、造形物 2 0 0 の造形材料 2 0 1 を付着させる部位は溶融用レーザ 1 1 6 によって加熱されて溶融される。

20

【 0 1 4 1 】

これにより、造形材料担持搬送体 1 1 1 d から飛翔した造形材料 2 0 1 は造形物 2 0 0 の溶融部分に付着し、造形物 2 0 0 が成長する。

【 0 1 4 2 】

[第 6 実施形態]

次に、第 6 実施形態に係る立体造形装置 1 0 0 e について、図 1 4 を参照して説明する。図 1 4 は、立体造形装置 1 0 0 e の構成の一例を説明する図である。図 1 4 において、図 1 と同一の符号を付している手段については、図 1 と同一のため説明を適宜省略する。

【 0 1 4 3 】

図 1 4 に示すように、立体造形装置 1 0 0 e は、造形材料担持搬送体 1 1 1 e と、ガイドローラ 1 5 1 e , 1 5 2 e と、造形ガイド 1 5 5 と、供給手段 3 0 0 e と、当接ローラ 1 2 4 と、塗布装置 1 6 3 とを備えている。

30

【 0 1 4 4 】

造形材料担持搬送体 1 1 1 e は、周回移動する回転部材である無端ベルトで構成されている。造形材料担持搬送体 1 1 1 e は、例えば P E T フィルム（東レ製ルミラー）で構成されている。また、ポリイミドフィルム（東レ製カプトン H）で構成することもできる。これらのフィルムは、工業的に量産されており、無端ベルトとして使用することも可能であるが、長尺のフィルムロールをそのまま利用し、ロール t o ロールで繰り返し使用することも可能である。

【 0 1 4 5 】

造形材料担持搬送体 1 1 1 e は、ガイドローラ 1 5 1 e , 1 5 2 e 及び造形ガイド 1 5 5 に掛け回されている。ここで、造形ガイド 1 5 5 は、造形物 2 0 0 を造形する位置でステージ 1 0 1 の上方に配置されている。

40

【 0 1 4 6 】

供給手段 3 0 0 e はローレットローラ 1 2 3 を備えている。ローレットローラ 1 2 3 に対向して表面にゴム層を有する当接ローラ 1 2 4 が配置されている。

【 0 1 4 7 】

飛翔用レーザ 1 1 5 のパルスレーザ光 1 1 5 a は、造形ガイド 1 5 5 で造形ガイドスリット部 1 5 5 a から造形材料担持搬送体 1 1 1 e へ照射できる。

【 0 1 4 8 】

50

塗布装置 163 は、ステージ 101 に塗布液を吐出して塗布する。塗布装置 163 は、例えば加熱により析出する硫酸マグネシウム等の耐熱性で水溶性の液体 162 を吐出する。これにより、造形物 200 の界面のサポート除去性の向上などを図っている。

【0149】

次に、複雑形状を造形する場合のサポート方法について図 15 を参照して説明する。

【0150】

ここでは、図 15 (a) に示すように、コの字型の造形物 200 を造形する。このとき、図 15 (b) に示すように、造形物 200 の上部を支えるとともに、造形後に容易に外せるサポート材 211 を使用する。

【0151】

サポート材 211 によるサポート部を形成するとき、飛翔用レーザー 115 のみ作動し、溶融用レーザー 116 は作動しないことで形成できる。粉の高さは飛翔頻度で調整可能であり、予め造形データ内で予測設定してもよいし、造形中に形状を測定しながら補正することもできる。

【0152】

また、図 15 (c)、(d) に示すように、サポート材 201b が崩れる可能性や精度を考慮し、サポート材 211 の一部に造形物 212 ~ 214 を造形して、造形後に除去する。

【0153】

この供給手段 300e を、第 1 実施形態で説明した供給手段 300 に置き換えることもできる。

【0154】

[第 7 実施形態]

次に、第 7 実施形態に係る立体造形装置 100f について、図 16 を参照して説明する。図 16 は立体造形装置 100f における造形中の造形物の表面温度を説明する図である。

【0155】

立体造形装置 100f の構成及び造形動作は、第 1 実施形態の立体造形装置 100 と同様である。なお、第 2 乃至第 6 実施形態に係る立体造形装置 100a 乃至 100e の何れかと同様の構成にすることもできる。

【0156】

本実施形態では、造形材料 201 として、結晶性樹脂である PEEK を使用している。但し、これ以外の結晶性樹脂を使用することもできる。

【0157】

図 16 は造形物 200 の造形開始以降の表面の温度の時間による変化を示している。図 16 の S6 は図 8 のステップ S6 (溶融用レーザー照射) のタイミングを示し、図 16 の S7 は図 8 のステップ S7 (飛翔用レーザー照射) のタイミングを示している。

【0158】

図 16 に示すように、本実施形態では、ステップ S7 で溶融用レーザー 116 によって溶融用レーザー光 116a が照射されて温度が上昇した造形物 200 の表面は、飛翔用レーザー 115 によって飛翔される造形材料 201 が到達 (衝突) して積層されるとき、ガラス転移温度 T_g である 143 以上に保たれている。

【0159】

造形物 200 の表面の温度をガラス転移温度 T_g 以上にすることで、造形物 200 の表面がゴム状態になり、飛翔した造形材料 201 が造形物 200 に衝突したときに造形物 200 の表面が変形し、造形材料 201 の運動エネルギーを吸収することができる。

【0160】

これにより、造形材料 201 が造形物 200 の表面に衝突 (到達) したときに、造形材料 201 が跳ね返りにくくなり、造形材料 201 の飛散を抑制することができ、造形物 200 の寸法精度や表面性が向上し、造形品質が向上する。

【0161】

10

20

30

40

50

この場合、造形物 200 の表面の温度は、結晶化温度 (T_c)、造形材料 201 として PEEK を使用するときには 300 以上とすることが好ましい。これにより、温度下降時に結晶化に伴う急激な収縮による反りが局所的に発生することを抑制し、安定した形状の立体造形物を得ることができる。

【0162】

造形物 200 の表面温度を保つために、造形物 200 を加熱する造形物加熱手段としての造形物加熱ヒータ 104 がステージ 101 の上側に配置されている (図 1 参照)。造形物加熱ヒータ 104 は、面状の抵抗発熱体により形成されており、造形物 200 の周囲の雰囲気温度を、造形材料 201 のガラス転移温度 T_g である 143 以上に保っている。

【0163】

また、断熱板 103 とステージ 101 との間には、ファン等により送風がなされており、雰囲気温度が一様になるようにされている (図 1 参照)。

【0164】

なお、造形物加熱ヒータ 104 或いは造形物 200 の周囲に温度センサを配置し、造形物 200 の周囲の雰囲気温度を一定に保つように温度制御を行うこともできる。雰囲気温度を高く保つことにより、造形材料 201 が造形物 200 に衝突するときの造形材料 201 の飛散を抑制できるだけでなく、造形後の造形物 200 の内部の温度勾配を低減させることで反りを抑制させることもできる。

【0165】

造形物加熱ヒータ 104 は、飛翔用レーザー 115 によって飛翔する前 (担持された状態) の造形材料 201 の温度もガラス転移温度 T_g である 143 以上に保持されるように造形物 200 の周囲の雰囲気温度を加熱する。

【0166】

これにより、熔融用レーザー 116 によって投入するエネルギーを軽減させることができ、高速化、省電力化を図ることができる。

【0167】

一方で、飛翔用レーザー 115 によって飛翔される前の造形材料 201 はガラス転移温度 T_g である 143 未満でも良く、造形材料 201 がゴム状態にならないようにすることで造形材料担持搬送体 111 との接着力を一定以下に抑え、造形材料 201 が飛翔しやすいように調整することが好ましい。

【0168】

また、図 16 に示すように、S6 のタイミングで、造形物 200 の表面の温度は、熔融用レーザー 116 による熔融用レーザー光 116a の照射前は融点 T_m である 343 未満であり、かつ、熔融用レーザー光 116a の照射後は 343 以上となっている。

【0169】

熔融用レーザー 116 によって熔融用レーザー光 116a を照射した後に融点 T_m 以上となるようにすることで、造形物 200 が液体状態となり、熔融した造形材料 201 同士が結合することで、高い強度の造形物を形成することができる。

【0170】

一方で、熔融用レーザー 116 によって熔融用レーザー光 116a を照射する前には融点 T_m 未満となるようにすることで、造形物 200 全体が熔融して崩れてしまうことを抑制し、一定の寸法精度を保つことができる。

【0171】

なお、熔融用レーザー 116 による造形物 200 の表面の温度上昇は 50 になるようにしており、造形物の局所的な変形による反りが発生しない程度の温度上昇としている。

【0172】

また、造形物 200 の表面の温度をガラス転移温度 T_g 以上に加熱する (保つ) 手段として造形物加熱ヒータ 104 を用いる例を示したが、これに限るものではない。

【0173】

例えば、熔融用レーザー 116 の出力や照射時間、あるいは、熔融用レーザー 116 からの

10

20

30

40

50

熔融用レーザー光 116a と飛翔用レーザー 115 からのパルスレーザー光 115a を照射する時間の間隔などをレーザーの制御により調整することもできる。

【0174】

例えば、時間の間隔を調整する場合には、熔融用レーザー 116 からの熔融用レーザー光 116a を造形物 200 の表面に照射して造形物 200 の表面温度が融点を超えてから、熱が造形物 200 の内部或いは雰囲気伝わって温度が低下していく過程で、ガラス転移温度 T_g を下回らない範囲で時間の間隔を決めておけば良い。

【0175】

次に、造形材料を飛翔させる時間間隔について説明する。

【0176】

造形材料 201 が飛翔して造形物 200 の表面に衝突したときに、造形物 200 から熱が伝わり造形材料 201 の温度が上昇する。このときの伝熱が不十分であると、同じ位置へ、次の造形材料 201 が衝突するときに造形材料 201 の表面温度が十分上がらず、ガラス転移温度 T_g に届かない可能性が生じる。

【0177】

そこで、十分な伝熱時間が得られるように、造形材料 201 の平均粒径を L [μm] とするとき、造形材料 201 が飛翔して造形物 200 の表面に到達する時間の間隔が $L \times L / 200$ [ms] 以上となるようにする。

【0178】

時間間隔の閾値は厚さ L 、熱拡散率 の材料の温度が均一になるための閾値 (RC回路での時定数 RC に相当) として $L^2 /$ とし、樹脂材料では一般に $= 2.0 \times 10^{-7}$ [m^2 / s] であることを利用して導いた。 $L = 50$ [μm] とするとき、時間間隔は 12.5 [ms] 以上必要であることから、例えば、造形材料 201 を飛翔させる時間間隔を 20 [ms] とする。

【0179】

これにより、造形材料 201 が飛翔して造形物 200 の表面に衝突したときに、造形物 200 から熱が伝わり造形材料 201 の温度が上昇するに十分な時間を確保でき、造形品質が向上する。

【0180】

次に、飛翔中の造形材料に対する加熱について図 17 も参照して説明する。図 17 は飛翔する造形材料と熔融用レーザーの照射領域 (レーザー光の領域) との関係を示す説明図である。

【0181】

熔融用レーザー光 116a は、造形物 200 の表面に照射されるとともに、斜めに入射することで、造形物 200 の上方を通過する。

【0182】

ここで、熔融用レーザー 116 から熔融用レーザー光 116a を照射しているときに、造形材料 201 が飛翔して造形物 200 の表面に着弾する。

【0183】

このようにして、飛翔中の造形材料 201 に直接熔融用レーザー 116 の熔融用レーザー光 116a が照射されることにより、造形物 200 の表面だけでなく、造形材料 201 も同時に加熱することができる。

【0184】

したがって、着弾する造形材料 201 自体がガラス転移温度 T_g 以上になったり、あるいは、造形物 200 と衝突するときの温度が高まったりすることにより、造形物 200 と衝突するときに、より造形物 200 の表面が変形し、運動エネルギーを吸収する。

【0185】

これにより、造形材料 201 が造形物 200 の表面に衝突するときに跳ね返りにくくなり、造形材料 201 の飛散が抑制され、造形物 200 の寸法精度や表面性をさらに向上して、造形品質を向上させることができる。

10

20

30

40

50

【 0 1 8 6 】

[第 8 実施形態]

次に、第 8 実施形態に係る立体造形装置 1 0 0 g について、図 1 8 を参照して説明する。図 1 8 は立体造形装置 1 0 0 g における造形中の造形物の表面温度を説明する図である。

【 0 1 8 7 】

立体造形装置 1 0 0 g の構成及び造形動作は、第 1 実施形態の立体造形装置 1 0 0 と同様である。なお、第 2 乃至第 6 実施形態に係る立体造形装置 1 0 0 a 乃至 1 0 0 e の何れかと同様の構成にすることもできる。

【 0 1 8 8 】

本実施形態では、造形材料 2 0 1 として、非晶性樹脂である P E S を使用している。但し、これ以外の非晶性樹脂を使用することもできる。

10

【 0 1 8 9 】

造形材料 2 0 1 が非晶性樹脂である場合、融点を持たないため、第 7 実施形態と同様の作用効果を得ようとする場合、熔融用レーザー 1 1 6 の照射前後における造形物 2 0 0 の表面の温度で規定することができない。

【 0 1 9 0 】

そこで、本実施形態では、樹脂の粘度を元に規定する。

【 0 1 9 1 】

樹脂の粘度が熔融用レーザー 1 1 6 からの熔融用レーザー光 1 1 6 a の照射前は粘度が $1.0 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以上であるのに対し、熔融用レーザー光 1 1 6 a の照射後は $1.0 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 未満となるようにする。つまり、造形物 2 0 0 の表面が加熱する手段によって加熱された後に粘度が $1.0 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 未満になり、加熱される前の粘度が $1.0 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以上である構成とする。

20

【 0 1 9 2 】

P E S では、粘度が $1.0 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ となるのが 3 0 0 である。従って造形物 2 0 0 の表面の温度は、熔融用レーザー 1 1 6 による熔融用レーザー光 1 1 6 a の照射前は 3 0 0 未満であり、かつ、照射後は 3 0 0 以上となる。

【 0 1 9 3 】

これにより、融点を持たない非晶性樹脂に対しても第 6 実施形態と同様に、熔融用レーザー 1 1 6 からの熔融用レーザー光 1 1 6 a の照射後に造形物 2 0 0 が柔らかくなり、粉体同士が結合することで、高い強度の造形物を形成することができる。そして、熔融用レーザー 1 1 6 によるレーザー光の照射前に融点未満となるようにすることで、造形物 2 0 0 全体が柔らかくなり崩れてしまうことを抑制し一定の寸法精度を保つことができる。

30

【 0 1 9 4 】

上述した各実施形態においては非接触で積層することから、電子写真方式の S T E P 方式などで生じる課題をほとんど解決できる。例えば、熔融樹脂を造形物に接触させて積層する方式では、界面でオフセットや荒れが起きやすく、温度の厳密な制御、時間の増大、熔融粘度などからも材料の制約があり、また、静電気をを用いるため導電性樹脂は使用できないという課題があるが、非接触で積層することで、これら課題はなくなる。

【 0 1 9 5 】

[第 9 実施形態]

次に、第 9 実施形態に係る立体造形装置 1 0 0 h について、図 1 9 を参照して説明する。図 1 9 は、立体造形装置 1 0 0 h における粒子を飛翔させる装置の作用を説明する図である。

40

【 0 1 9 6 】

本実施形態では、粒子を飛翔させる装置を第 1 実施形態に係る立体造形装置 1 0 0 に適用した場合を一例として説明する。

【 0 1 9 7 】

図 1 9 に示すように、粒子である造形材料 2 0 1 が造形材料担持搬送体 1 1 1 の一面に吸着力 F_{vdw} で保持された状態で、造形材料担持搬送体 1 1 1 の造形材料 2 0 1 が保持さ

50

れている面とは反対側の面に対して、飛翔用レーザー115からパルスレーザー光115aが照射されている。飛翔用レーザー115は、パルスレーザー光115aを10 μ 以下のパルス光で照射している。

【0198】

図19において、「Fg」は、造形材料201（粒子）にかかる重力を表す。これは、一般に、物体の体積と密度の積で表される重量に重力加速度を乗じることで算出される。造形材料201として、Siterit社製PA12smooth（体積平均粒径は38 μ m）にて求めたところ、重力Fgは10⁻¹⁰N程度であった。

【0199】

「Fvdw」は、造形材料201にかかるファンデルワールス力を表す。これは、計算により算出すると、10⁻⁷N程度であった。

10

【0200】

「Fe」は、静電力による造形材料201の吸着力を表す。これは、同程度のサイズのプリンタにおけるキャリア材料で、10N程度の力のオーダーであることが知られているが、これは造形材料201（粒子、粉体）の帯電量に依存する。

【0201】

FvdwとFeの和である付着力Fvは、遠心分離機を用いた付着力試験などにより実験的に求められるが、同様にSiterit社製PA12smoothにて付着力試験で求めたところ、Fgは10⁻⁸N程度であった。

【0202】

Fvdwを構成する要素としては、他に造形材料201（粒子）と造形材料担持搬送体111の間に液体が含まれている場合に生じる液架橋力などが考えられる。

20

【0203】

「Fr」は、輻射圧により造形材料201にかかる力を表す。Frは計算により算出することができるが、パルス幅10ps、パルスエネルギー1UJで計算すると、瞬間の力は10⁻⁴N程度であった。

【0204】

「Fab」は、造形材料201の表面がレーザーアブレーションにより、一部の個体が瞬間的に気体化することで、気体の射出時に圧力が生じることで造形材料201にかかる力を表す。

30

【0205】

例えばパルス幅PS程度のレーザーを用いると、この気体及び場合によってはプラズマ化する、一般的にアブレーションと呼ばれる現象がある。これらは、数十万度といった高温となることが知られており、その場合、噴射圧はFvdwに比べて非常に大きいと考えることができる。

【0206】

従って、レーザーのエネルギーがアブレーションを誘起するだけのエネルギーを持てば、造形材料201に瞬間にかかる力は付着力を大きく上回る。

【0207】

ここで、レーザーが物体に対してアブレーション閾値を超えるか否かはレーザーフルエンスF11が閾値を超えるかどうかで議論されるケースが普通である。

40

【0208】

フルエンスF11とは、パルスエネルギーJをレーザーの面積で割ることで算出される（単位はJ/cm²が一般的）。粉体材料の場合、そのフルエンス閾値F11thは0.1 - 1.0 J/cm²が一般的である。これは、当該材料のバルク材料にレーザーを照射することで算定が可能である。

【0209】

これらより、吸着力Fvdwはファンデルワールス力、静電力、液架橋力から構成され、粒子（造形材料201）に作用する重力をFgとすると、Fvdw > Fgとすることで、造形材料担持搬送体111に造形材料201を担持することができる。

50

【 0 2 1 0 】

また、レーザ光の入力条件は、輻射圧により粒子（造形材料 2 0 1）にかかる力を F_r とするとき、 $F_r > F_{vdw}$ とすることで、粒子を飛翔させることができる。

【 0 2 1 1 】

また、レーザ光の入力条件は、フルエンス閾値を F_{lth} 、レーザーフルエンスを F_l とするとき、 $F_l > F_{lth}$ とすることで、粒子を飛翔させることができる。

【 0 2 1 2 】

本実施形態に係る粒子を飛翔させる装置を使用することで、飛翔させる粒子（粉体）が限定されていない。つまり、前述したように、例えば、結晶性樹脂、非晶性樹脂、エンブラ、金属材料、セラミックなどの粒子（粉体）を飛翔させることができる。

10

【 0 2 1 3 】

そして、粒子を担持体に吸着することができれば、立体造形物を造形することができる。

【 0 2 1 4 】

ここで、造形材料担持搬送体 1 1 1 と、立体造形物が造形されるステージ 1 0 1 とは、対向部位で同じ方向に移動する構成とすることが好ましい。

【 0 2 1 5 】

また、担持体の搬送速度は、ステージの移動速度よりも速いことが好ましい。通常、造形材料担持搬送体 1 1 1 は粉体材料が完全に充填することは難しい。そのため、造形材料担持搬送体 1 1 1 は造形物 2 0 0 に十分な速度で粉体を供給するためにより速い速度で移動する必要がある。

20

【 0 2 1 6 】

[第 1 0 実施形態]

次に、第 1 0 実施形態に係る立体造形装置 1 0 0 j について、図 2 0 を参照して説明する。図 2 0 は、立体造形装置 1 0 0 j の構成の一例を説明する図である。図 2 0 において、図 1 と同一の符号を付している手段については、図 1 と同一のため説明を適宜省略する。

【 0 2 1 7 】

図 2 0 に示すように、立体造形装置 1 0 0 j は供給手段 3 0 0 j を備える。また供給手段 3 0 0 j は、ドクターローラ 3 1 0 と、スクレーパ 3 1 1 と、第 1 モータ 3 1 2 と、第 2 モータ 3 1 3 とを備える。

【 0 2 1 8 】

ドクターローラ 3 1 0 は、担持ローラ 3 0 1 に担持された 2 0 1 の層厚を規制する規制部材の一例であり、また回転可能な規制回転部材の一例である。ドクターローラ 3 1 0 は、担持ローラ 3 0 1 とは反対方向（カウンタ方向）等に回転しながら担持ローラ 3 0 1 に周面にドクターローラ 3 1 0 自身の重量と圧付与部材 3 0 5 とによる当接圧 P_{302} にて当接させ、担持ローラ 3 0 1 に担持された造形材料 2 0 1 の層厚を規制する。

30

【 0 2 1 9 】

スクレーパ 3 1 1 は、ドクターローラ 3 1 0 の表面を清掃する清掃部材の一例である。

【 0 2 2 0 】

第 1 モータ 3 1 2 は、カップリング又はギア等を介して担持ローラ 3 0 1 及び供給ローラ 3 0 3 のそれぞれと機械的に接続され、担持ローラ 3 0 1 及び供給ローラ 3 0 3 を回転駆動させるモータである。第 2 モータ 3 1 3 は、カップリング又はギア等を介してドクターローラ 3 1 0 と機械的に接続され、ドクターローラ 3 1 0 を回転駆動させるモータである。

40

【 0 2 2 1 】

担持ローラ 3 0 1、供給ローラ 3 0 3 及びドクターローラ 3 1 0 は、それぞれ独立に駆動可能に構成されている。

【 0 2 2 2 】

次に、図 2 1 は、ドクターローラ 3 1 0 及びスクレーパ 3 1 1 へのバイアス電圧印加、並びにドクターローラ 3 1 0 の回転の一例を説明する図であり、(a) は第 1 の種類の造形材料 2 0 1' の場合の図、(b) は第 2 の種類の造形材料 2 0 1" の場合の図である。

50

【 0 2 2 3 】

図 2 1 に示すように、供給手段 3 0 0 j は、造形材料の種類に応じたバイアス電圧を、担持ローラ 3 0 1、ドクターローラ 3 1 0、供給ローラ 3 0 3 及びスクレーパ 3 1 1 のそれぞれに印加できる。

【 0 2 2 4 】

また供給手段 3 0 0 j は、造形材料付着量検知手段 1 7 0 により検知された情報に基づいて決定されたバイアス電圧を、担持ローラ 3 0 1、ドクターローラ 3 1 0、供給ローラ 3 0 3 及びスクレーパ 3 1 1 のそれぞれに印加できる。

【 0 2 2 5 】

また供給手段 3 0 0 j は、造形材料の種類に応じた回転数で、担持ローラ 3 0 1、ドクターローラ 3 1 0 及び供給ローラ 3 0 3 を回転させることができる。

10

【 0 2 2 6 】

また供給手段 3 0 0 j は、造形材料付着量検知手段 1 7 0 により検知された情報に基づいて決定された回転数で、担持ローラ 3 0 1、ドクターローラ 3 1 0、供給ローラ 3 0 3 及びスクレーパ 3 1 1 のそれぞれを回転させることができる。

【 0 2 2 7 】

また供給手段 3 0 0 j は、造形材料の種類に応じて、担持ローラ 3 0 1、ドクターローラ 3 1 0 及び供給ローラ 3 0 3 のそれぞれの回転数と、担持ローラ 3 0 1、ドクターローラ 3 1 0 及び供給ローラ 3 0 3 のそれぞれに印加するバイアス電圧の少なくとも 1 つを記録する情報記録部 3 0 4 を有する。供給手段 3 0 0 j は、造形材料の種類に応じて、情報記録部 3 0 4 を参照して、担持ローラ 3 0 1、ドクターローラ 3 1 0 及び供給ローラ 3 0 3 を回転させ、担持ローラ 3 0 1、ドクターローラ 3 1 0 及び供給ローラ 3 0 3 のそれぞれにバイアス電圧を印加できる。

20

【 0 2 2 8 】

次に、図 2 2 は、ドクターローラ 3 1 0 の担持ローラ 3 0 1 への当接の一例を説明する図であり、(a) は第 1 の種類の造形材料 2 0 1' の場合の図、(b) は第 2 の種類の造形材料 2 0 1" の場合の図である。

【 0 2 2 9 】

図 2 2 に示すように、供給手段 3 0 0 j は、造形材料の種類に応じて、ドクターローラ 3 1 0 が担持ローラ 3 0 1 に当接する位置を異ならせることができるように構成されている。

30

【 0 2 3 0 】

次に、図 2 3 は、ドクターローラ 3 1 0 の担持ローラ 3 0 1 への当接の他の例を説明する図であり、(a) は第 1 の種類の造形材料 2 0 1' の場合の図、(b) は第 2 の種類の造形材料 2 0 1" の場合の図である。

【 0 2 3 1 】

図 2 3 に示すように、供給手段 3 0 0 j は、造形材料の種類に応じて、ドクターローラ 3 1 0 が担持ローラ 3 0 1 に当接する当接圧 P 3 0 2 をドクターローラ 3 1 0 自身の重量と担持ローラ 3 0 1 への当接角度、および圧付与部材 3 0 5 との組み合わせで異ならせることができるように構成されている。造形材料の種類に応じて、図 2 3 (a) では、担持ローラ 3 0 1 に当接圧 P 3 0 2 a が付与され、図 2 3 (b) では、担持ローラ 3 0 1 に当接圧 P 3 0 2 b が付与されている。

40

【 0 2 3 2 】

< 供給手段 3 0 0 j の作用効果 >

担持ローラと、規制部材 3 0 2 (図 1 参照) 等のブレード状の規制部材では、両者が物理的に擦れ合うため、造形材料が摩擦熱と規制圧で溶融する場合がある。固定された規制部材側に溶融した造形材料が付着固化すると、担持ローラ上に均一な層厚の造形材料の薄膜を形成できなくなる。

【 0 2 3 3 】

本実施形態では、回転可能なドクターローラ (規制回転部材) により規制部材を構成し

50

、ドクターローラを担持ローラと反対方向（カウンタ方向）等に回転させながら、担持ローラに担持された造形材料の層厚を規制する。これにより、担持ローラとの当接部で摩擦熱と規制圧により造形材料がドクターローラに付着固化することを抑え、担持ローラ上に均一な層厚の造形材料の薄膜を形成できる。なお、ドクターローラの回転方向は担持ローラと反対方向に限定されるものではなく、回転駆動が可能であれば同じ方向であっても効果を発揮できる。

【0234】

また供給手段300jは、スクレーパ（清掃部材）を備えることで、ドクターローラに造形材料が付着固化した場合にもドクターローラの表面を清掃できるため、担持ローラ上に均一な層厚の造形材料の薄膜をより好適に形成できる。

10

【0235】

また供給手段300jは、造形材料の種類に応じて、担持ローラ、ドクターローラ、供給ローラ及びスクレーパのそれぞれにバイアス電圧を印加する。また供給手段300jは、造形材料の種類に応じて、担持ローラ、ドクターローラ、供給ローラ及びスクレーパのそれぞれを回転させる。これにより、ドクターローラへの造形材料の付着固化を造形材料の種類に応じて適切に抑制し、より安定して薄膜を形成できる。

【0236】

また供給手段300jは、造形材料付着量検知手段の検知結果に応じて、担持ローラ、ドクターローラ、供給ローラ及びスクレーパのそれぞれに対する印加バイアス電圧、又は回転数を決定する。これにより、ドクターローラへの造形材料の付着固化を造形材料の付着量に応じて適切に抑制し、より安定して薄膜を形成できる。

20

【0237】

また供給手段300jは、造形材料の種類に応じて情報記録部を参照して、担持ローラ、ドクターローラ、及び供給ローラを回転させ、或いは担持ローラ、ドクターローラ、及び供給ローラのそれぞれにバイアス電圧を印加する。これにより、ドクターローラへの造形材料の付着固化を造形材料の種類に応じて適切に抑制し、より安定して薄膜を形成できる。

【0238】

さらに供給手段300jは、造形材料の種類に応じて、ドクターローラが担持ローラに当接する位置を異ならせたり、担持ローラへの当接圧を異ならせたりできる。これにより、担持ローラとの当接部における摩擦熱と規制圧を造形材料の種類に応じて適切に調整でき、ドクターローラへの造形材料の付着固化を抑制して、より安定して薄膜を形成できる。

30

【0239】

本実施形態では、バイアス電圧に加え、ドクターローラの回転数（停止含む）も可変にすることで、担持ローラに安定して造形材料の薄層を供給できる。

【0240】

また、ドクターローラの回転駆動を、担持ローラや供給ローラとは別の駆動源により行うことで、回転比率を担持ローラとは独立して変化させることができる。これにより、より細やかな造形材料の層厚制御が可能となり、多種の造形材料を適正且つ安定的に供給できる。

40

【0241】

以上、実施形態を説明してきたが、本発明は、具体的に開示された上記の実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲から逸脱することなく、種々の変形や変更が可能である。

【0242】

また、実施形態は立体造形方法も含む。例えば、立体造形方法は、立体造形物を造形する立体造形装置による立体造形方法であって、第1の担持体に造形材料を供給する供給工程と、前記第1の担持体に担持されている前記造形材料を飛翔させる工程と、を行い、前記供給工程は、造形材料収容部に収容された該造形材料を第2の担持体により担持して搬送すると、前記第2の担持体に担持された前記造形材料の層厚を規制する工程と、を行う

50

。このような立体造形方法により、上述した立体造形装置と同様の効果を得ることができる。

【符号の説明】

【 0 2 4 3 】

1 0 0	立体造形装置	
1 0 1	ステージ	
1 0 2	ステージ加熱ヒータ	
1 0 3	断熱板	
1 0 4	造形物加熱ヒータ	
1 1 1	造形材料担持搬送体（第1の担持体の一例）	10
1 1 5	飛翔用レーザ	
1 1 5 a	パルスレーザ光	
1 1 6	溶融用レーザ（エネルギーを付与する手段）	
1 1 6 a	溶融用レーザ光（エネルギー）	
1 1 7	クリーニングブレード	
1 1 8	回収ケース	
1 2 1	メッシュローラ	
1 2 2	ブレード	
1 2 3	ローレットローラ	
1 2 4	当接ローラ	20
1 3 0	液体	
1 3 1	ヘッド	
1 3 2	吸引手段	
1 3 3	タンク	
1 3 4	回収ローラ	
1 5 0、1 5 1、1 5 2、1 5 6、1 5 7	ガイドローラ	
1 5 3	加熱ローラ	
1 5 4	バックアップローラ	
1 5 5	造形ガイド	
1 5 5 a	造形ガイドスリット部	30
1 6 0	マルチエアノズル	
1 6 0 a	ノズル	
1 6 2	耐熱水溶性液体	
1 6 3	塗布装置	
1 7 0	造形材料付着量検知手段	
2 0 0	造形物	
2 0 1	造形材料	
3 0 0	供給手段	
3 0 1	担持ローラ（第2の担持体の一例）	
3 0 2	規制部材	40
3 0 3	供給ローラ（供給部材の一例）	
3 0 4	情報記録部	
3 1 0	ドクターローラ（規制部材の一例、規制回転部材の一例）	
3 1 1	スクレーパ（清掃部材の一例）	
3 1 2	第1モータ	
3 1 3	第2モータ	
V 1 1 1	造形材料担持搬送体の搬送速度	
V 3 0 1	担持ローラの周速度	
P 3 0 2	規制部材の当接圧	

【先行技術文献】

【特許文献】

【0244】

【文献】再表2016-136722号公報

10

20

30

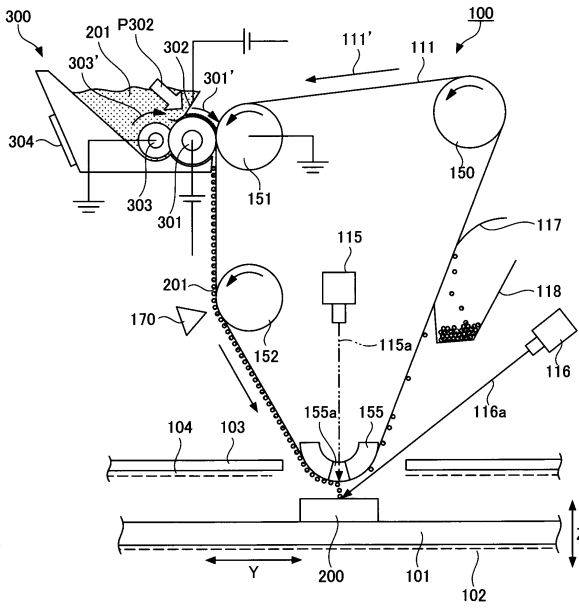
40

50

【 図面 】

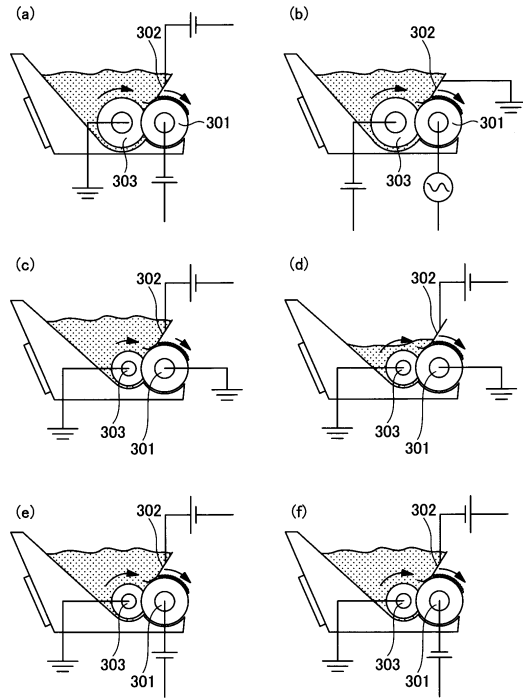
【 図 1 】

第1実施形態に係る立体造形装置の構成例を示す図



【 図 2 】

供給手段によるバイアス及び回転数の切り替え例を示す図

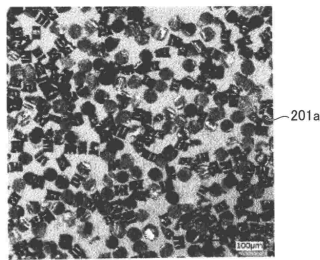


10

20

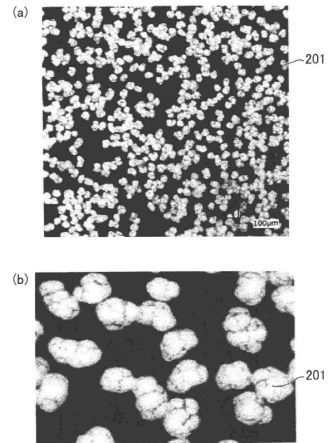
【 図 3 】

造形材料担持搬送体上での造形材料の様子の一例の写真



【 図 4 】

造形材料担持搬送体上での造形材料の様子の他の例の写真



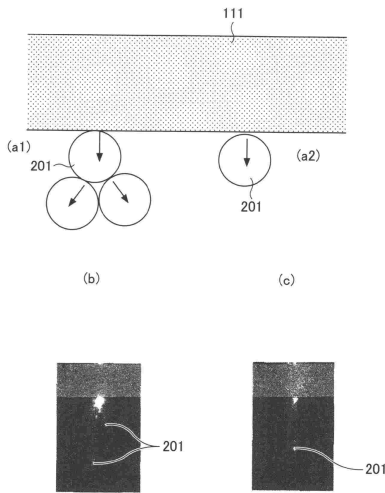
30

40

50

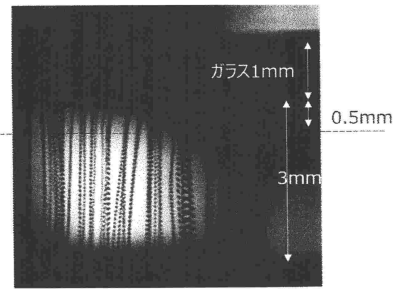
【 図 5 】

造形材料の飛翔状態例を示す図



【 図 6 】

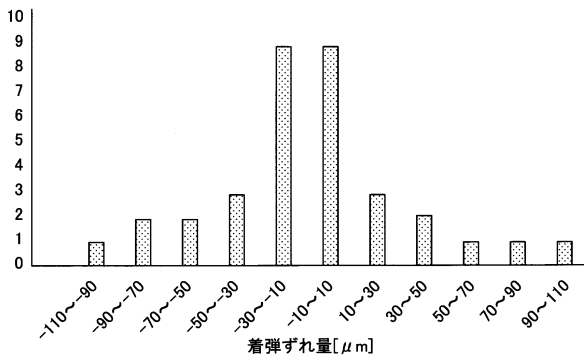
造形材料の落下軌跡例を示す図



10

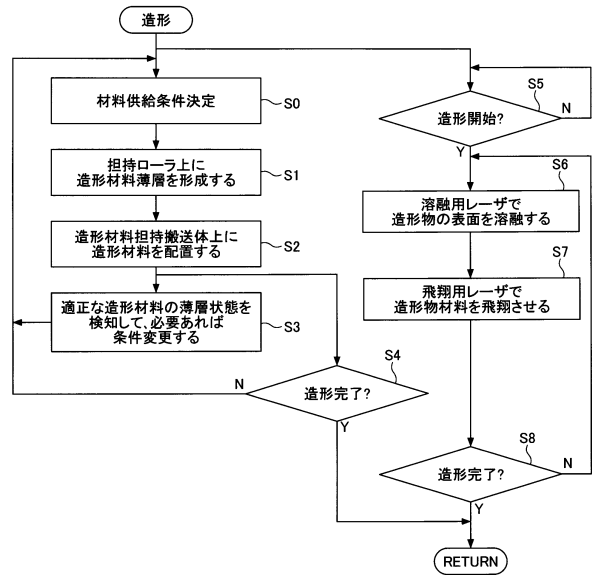
【 図 7 】

造形材料の着弾ばらつき例を示す図



【 図 8 】

第1実施形態に係る立体造形装置の動作例のフローチャート



20

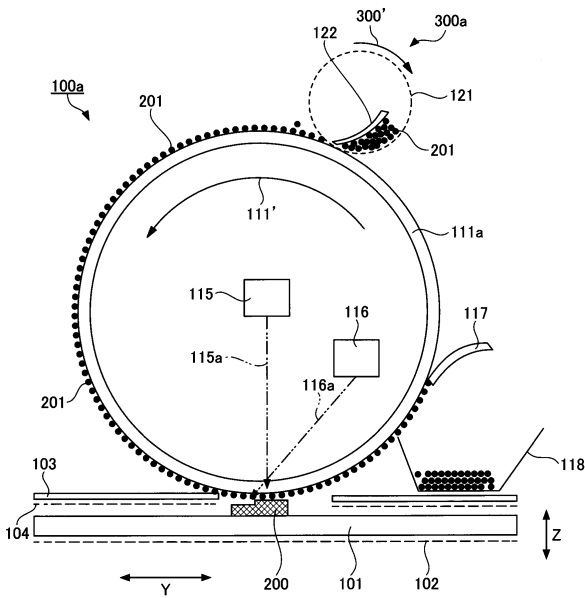
30

40

50

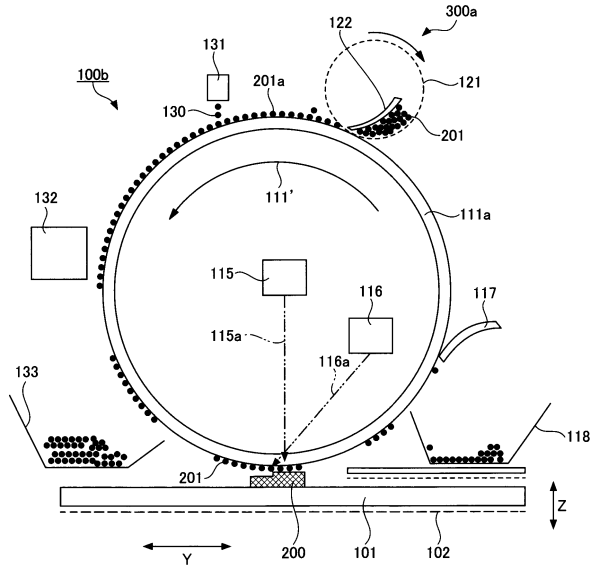
【 図 9 】

第2実施形態に係る立体造形装置の構成例を示す図



【 図 10 】

第3実施形態に係る立体造形装置の構成例を示す図

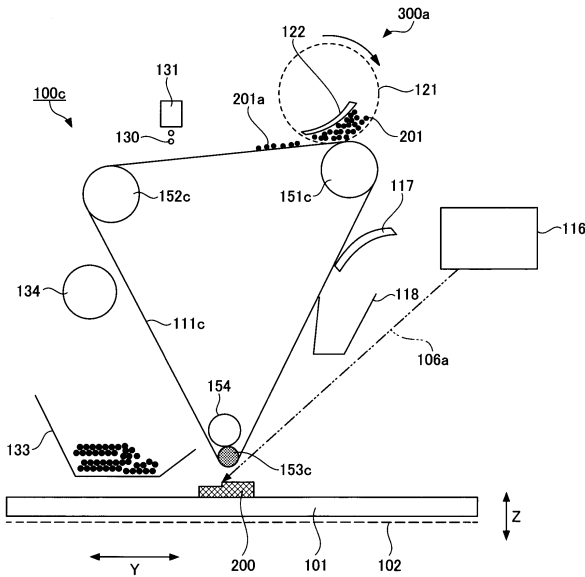


10

20

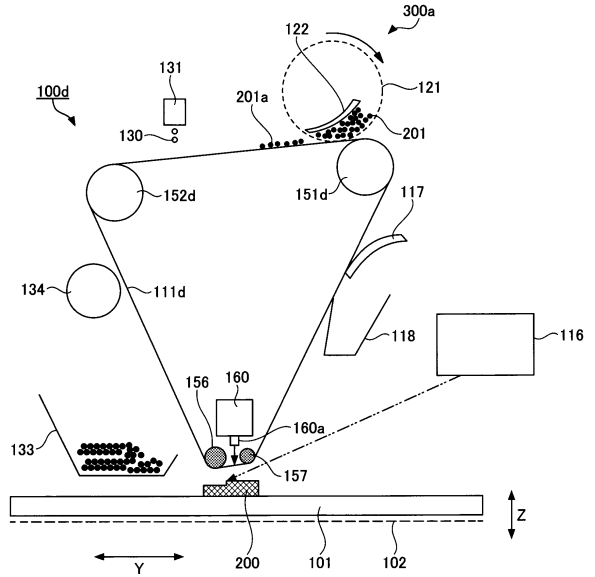
【 図 11 】

第4実施形態に係る立体造形装置の構成例を示す図



【 図 12 】

第5実施形態に係る立体造形装置の構成例を示す図



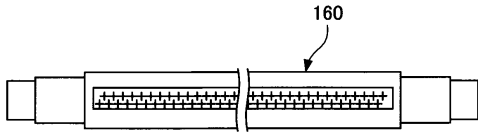
30

40

50

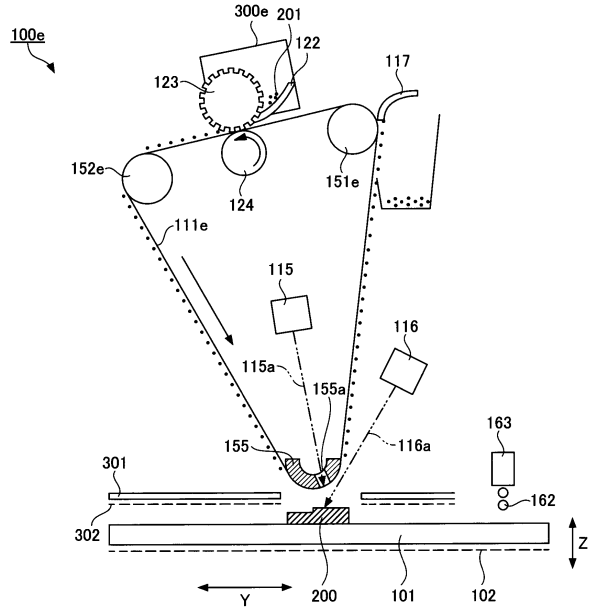
【図 1 3】

マルチエアノズルの構成例を示す図



【図 1 4】

第6実施形態に係る立体造形装置の構成例を示す図

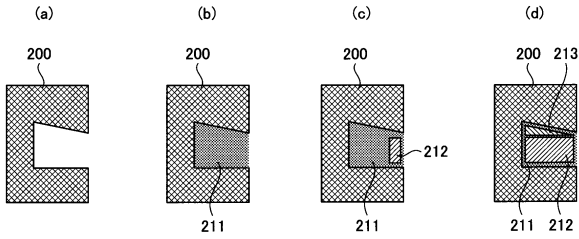


10

20

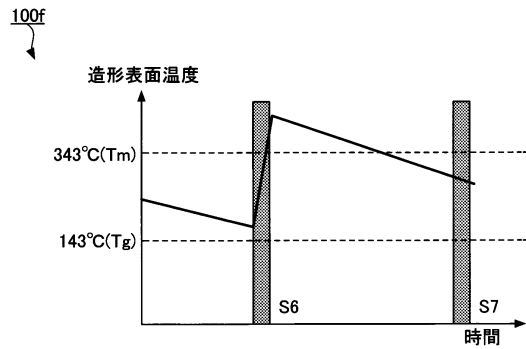
【図 1 5】

複雑形状を造形する場合のサポート方法を示す図



【図 1 6】

第7実施形態に係る立体造形装置の造形物表面温度を示す図



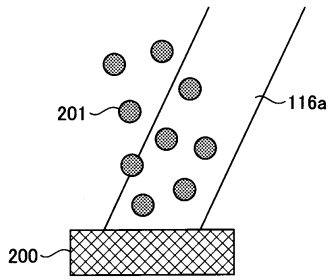
30

40

50

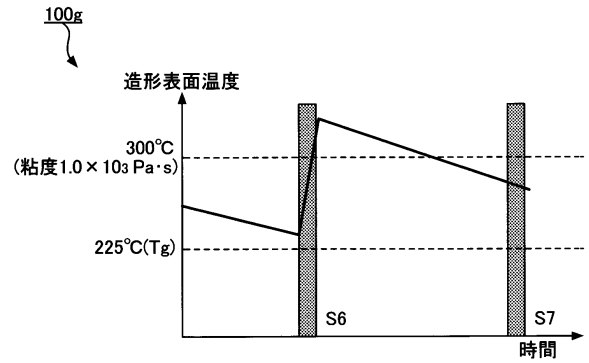
【 図 1 7 】

造形材料と溶融用レーザーの照射領域との関係例を示す図



【 図 1 8 】

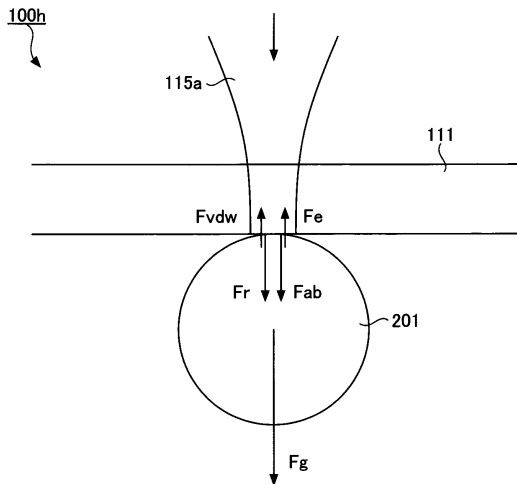
第8実施形態に係る立体造形装置造形物表面温度を示す図



10

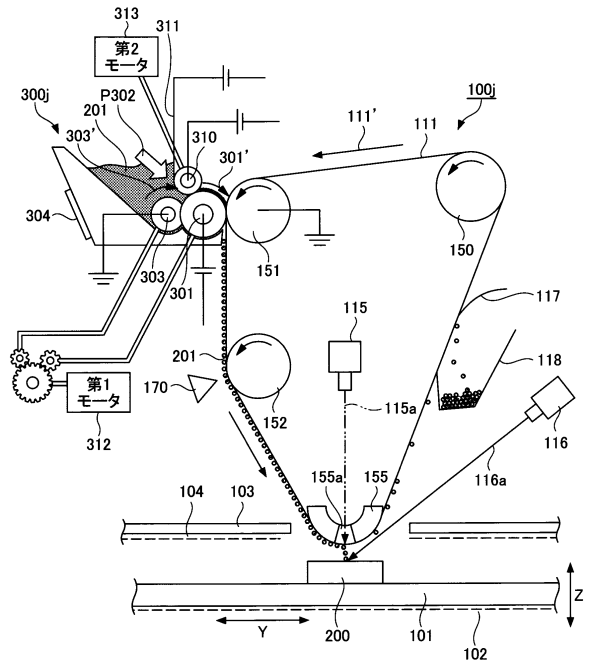
【 図 1 9 】

第9実施形態に係る粒子を飛翔させる装置の作用例を示す図



【 図 2 0 】

第10実施形態に係る立体造形装置の構成例を示す図



20

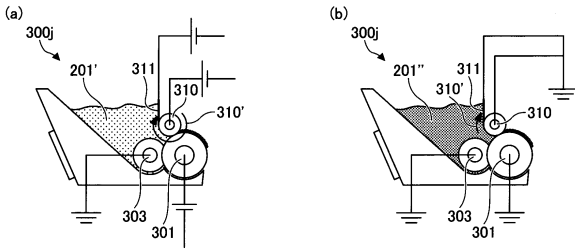
30

40

50

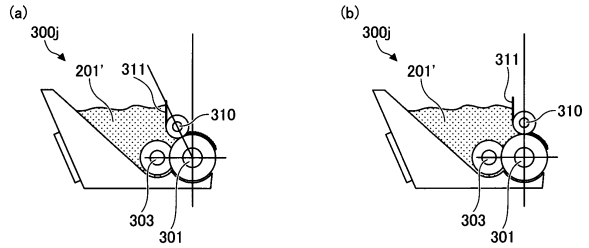
【 図 2 1 】

ドクターローラ及びスクレーパーへのバイアス電圧印加例、
並びにドクターローラの回転例を示す図であり、
(a)は第1の種類の造形材料の場合の図、
(b)は第2の種類の造形材料の場合の図



【 図 2 2 】

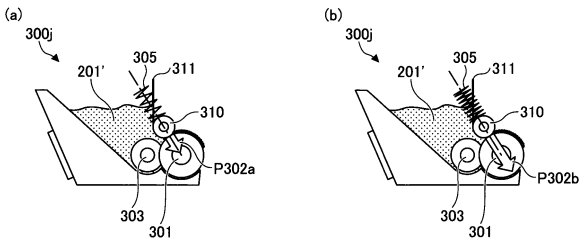
ドクターローラの担持ローラへの当接例の図であり、
(a)は第1の種類の造形材料の場合の図、
(b)は第2の種類の造形材料の場合の図



10

【 図 2 3 】

ドクターローラの担持ローラへの当接の他の例の図であり、
(a)は第1の種類の造形材料の場合の図、
(b)は第2の種類の造形材料の場合の図



20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

	F I	
B 2 9 C 64/393(2017.01)	B 2 9 C	64/393
B 3 3 Y 10/00 (2015.01)	B 3 3 Y	10/00
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
B 2 2 F 3/105(2006.01)	B 2 2 F	3/105
B 2 2 F 3/16 (2006.01)	B 2 2 F	3/16
B 2 8 B 1/30 (2006.01)	B 2 8 B	1/30

(56)参考文献

国際公開第 2 0 1 6 / 1 3 6 7 2 2 (W O , A 1)
 特開 2 0 0 5 - 0 1 7 9 2 5 (J P , A)
 特開平 0 4 - 3 3 8 7 7 6 (J P , A)
 国際公開第 2 0 1 7 / 1 8 8 1 5 2 (W O , A 1)
 特開 2 0 1 9 - 1 2 3 1 3 3 (J P , A)
 特開 2 0 1 8 - 1 1 4 6 2 3 (J P , A)
 特開平 0 7 - 0 7 7 8 6 5 (J P , A)
 特開 2 0 1 5 - 0 6 6 7 1 3 (J P , A)
 特開 2 0 0 0 - 1 2 2 3 9 1 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

B 2 9 C 6 4 / 2 2 3
 B 2 9 C 6 4 / 2 1 8
 B 2 9 C 6 4 / 2 1 4
 B 2 9 C 6 4 / 2 6 8
 B 2 9 C 6 4 / 3 1 4
 B 2 9 C 6 4 / 3 9 3
 B 3 3 Y 1 0 / 0 0
 B 3 3 Y 3 0 / 0 0
 B 3 3 Y 5 0 / 0 2
 B 2 2 F 3 / 1 0 5
 B 2 2 F 3 / 1 6
 B 2 8 B 1 / 3 0