(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第6797094号
(P6797094)

(45)発行日　令和2年12月9日(2020.12.9)　(24)登録日　令和2年11月19日(2020.11.19)

(51)Int.Cl.		F I	
B29C 64/209	(2017.01)	B29C	64/209
B29C 64/118	(2017.01)	B29C	64/118
B29C 64/321	(2017.01)	B29C	64/321
B29C 64/343	(2017.01)	B29C	64/343
B29C 64/393	(2017.01)	B29C	64/393

請求項の数 10　(全 13 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2017-196681(P2017-196681)
(22)出願日　平成29年10月10日(2017.10.10)
(65)公開番号　特開2018-69732(P2018-69732A)
(43)公開日　平成30年5月10日(2018.5.10)
審査請求日　令和2年9月17日(2020.9.17)
(31)優先権主張番号　15/334,721
(32)優先日　平成28年10月26日(2016.10.26)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

早期審査対象出願

(73)特許権者　596170170
ゼロックス　コーポレイション
ＸＥＲＯＸ　ＣＯＲＰＯＲＡＴＩＯＮ
アメリカ合衆国　コネチカット州　０６８５１－１０５６　ノーウォーク　メリット　７　２０１
(74)代理人　110001210
特許業務法人ＹＫＩ国際特許事務所
(72)発明者　バリー・ピー・マンデル
アメリカ合衆国　ニューヨーク州　１４４５０　フェアポート　アトランティック・アベニュー　３７０７

最終頁に続く

(54)【発明の名称】３次元物体プリンタにおける押出機ヘッドのための一定圧力フィラメントドライバ

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
押出機ヘッドであって、熱可塑性材料を貯蔵するように構成された前記押出機ヘッド内のマニホルド及び前記マニホルドに流体的に接続される少なくとも１つのノズルであって、熱可塑性材料が前記マニホルドから流れて、前記少なくとも１つのノズルから放出されるのを可能とする少なくとも１つのノズルを有する押出機ヘッドと、
押出材料のフィラメントが入ることができるチャネル及び前記押出材料の前記フィラメントを前記チャネルの前記マニホルドに最も近い部分において溶融させる一方、前記チャネルの他の部分においては前記押出材料の前記フィラメントを固体のままとさせて、前記チャネルの前記マニホルドに最も近い前記部分において熱可塑性材料を形成するように前記チャネル内で前記押出材料の前記フィラメントを熱処理するように構成された少なくとも１つの加熱素子を有するヒータであって、前記熱可塑性材料が前記ヒータ内の前記チャネルから流れて、前記マニホルド内に流入するのを可能とするように前記ヒータ内の前記チャネルが前記押出機ヘッドにおける前記マニホルドに流体的に接続されたヒータと、
出力軸を有するアクチュエータと、
前記アクチュエータが機械的可動子を動作させるのを可能とするように前記アクチュエータの前記出力軸に動作可能に接続された機械的可動子であって、前記機械的可動子は、前記ヒータの前記チャネルへ前記押出材料の前記フィラメントが入る前に前記押出材料の前記フィラメントに力を印加し、前記アクチュエータが前記機械的可動子を動作させたときに前記ヒータ内の前記チャネルへと前記押出材料の前記フィラメントを移動させるよう

に位置決めされた機械的可動子と、
前記機械的可動子によって前記ヒータの前記チャネル内へ移動される前記押出材料の前記フィラメントに及ぼされる力を制限するように前記アクチュエータの前記出力軸に動作可能に接続されたスリップクラッチと、
前記マニホルド内の前記熱可塑性材料の圧力を示す信号を生成するように構成されたセンサと、
前記センサ及び前記アクチュエータに動作可能に接続されたコントローラであって、前記センサによって生成される信号を使用して前記アクチュエータの前記出力軸の回転速度を調整し、印刷条件を参照して前記スリップクラッチについてのトルク設定ポイントを調整するように構成されたコントローラとを備える装置。
【請求項２】
前記印刷条件は、前記ヒータへと移動される押出材料の種類、前記熱可塑性材料の温度、前記押出機ヘッドが移動される速度、及び物体上に形成される特徴の位置、の内の１つ以上である、請求項１に記載の装置。
【請求項３】
前記機械的可動子は、ローラである、請求項１に記載の装置。
【請求項４】
前記スリップクラッチは、トルク摩擦板クラッチ、磁粉クラッチ、磁気ヒステリシスクラッチ、強磁性流体クラッチ、空気圧クラッチ、又は永久磁石クラッチ、の内の１つである、請求項１に記載の装置。
【請求項５】
前記少なくとも１つのノズルと前記マニホルドとの間に動作可能に接続された少なくとも１つの弁であって、前記マニホルドと前記少なくとも１つのノズルとの間のチャンネルを選択的に開く弁をさらに備え、
前記コントローラは、前記少なくとも１つの弁を動作させ、前記少なくとも１つのノズルから熱可塑性材料を選択的に押し出すようにさらに構成される、
請求項１に記載の装置。
【請求項６】
前記コントローラは、
前記コントローラが前記押出機ヘッドを動作させて前記熱可塑性材料で物体を形成する前に、前記マニホルド内の前記熱可塑性材料に所定の範囲内で圧力を生じさせるように前記アクチュエータを動作させるようにさらに構成される、請求項１に記載の装置。
【請求項７】
前記コントローラは、
印刷条件を参照して前記アクチュエータを動作させるための圧力設定ポイントを調整するようにさらに構成される、請求項１に記載の装置。
【請求項８】
前記印刷条件は、前記ヒータへと移動される押出材料の種類、前記熱可塑性材料の温度、前記押出機ヘッドが移動される速度、及び物体上に形成される特徴の位置、の内の１つ以上である、請求項７に記載の装置。
【請求項９】
押出機ヘッドであって、熱可塑性材料を貯蔵するように構成された前記押出機ヘッド内のマニホルド及び前記マニホルドに流体的に接続される少なくとも１つのノズルであって、熱可塑性材料が前記マニホルドから流れて、前記少なくとも１つのノズルから放出されるのを可能とする少なくとも１つのノズルを有する押出機ヘッドと、
押出材料のフィラメントが入ることができるチャネル及び前記押出材料の前記フィラメントを前記チャネルの前記マニホルドに最も近い部分において溶融させる一方、前記チャネルの他の部分においては前記押出材料の前記フィラメントを固体のままとさせて、前記チャネルの前記マニホルドに最も近い前記部分において熱可塑性材料を形成するように前記チャネル内で前記押出材料の前記フィラメントを熱処理するように構成された少なくと

も１つの加熱素子を有するヒータであって、前記熱可塑性材料が前記ヒータ内の前記チャネルから流れて、前記マニホルド内に流入するのを可能とするように前記ヒータ内の前記チャネルが前記押出機ヘッドにおける前記マニホルドに流体的に接続されたヒータと、
出力軸を有するアクチュエータと、
前記アクチュエータが機械的可動子を動作させるのを可能とするように前記アクチュエータの前記出力軸に動作可能に接続された機械的可動子であって、前記機械的可動子は、前記ヒータの前記チャネルへ前記押出材料の前記フィラメントが入る前に前記押出材料の前記フィラメントに力を印加し、前記アクチュエータが前記機械的可動子を動作させたときに前記ヒータ内の前記チャネルへと前記押出材料の前記フィラメントを移動させるように位置決めされた機械的可動子と、
前記機械的可動子によって前記ヒータの前記チャネル内へ移動される前記押出材料の前記フィラメントに及ぼされる力を制限するように前記アクチュエータの前記出力軸に動作可能に接続されたスリップクラッチと、
前記マニホルド内の前記熱可塑性材料の圧力を示す信号を生成するように構成されたセンサと、
前記センサ及び前記アクチュエータに動作可能に接続されたコントローラであって、前記センサによって生成される信号を使用して前記アクチュエータの前記出力軸の回転速度を調整し、前記マニホルド内の圧力又は前記アクチュエータの前記出力軸の速度を示す、他のセンサによって生成された信号を参照して前記少なくとも１つのノズルの目詰まりを検出し、前記少なくとも１つのノズルの目詰まりを検出すると前記機械的可動子の速度及び前記スリップクラッチのトルク設定ポイントを調整するように構成されたコントローラとを備える装置。
【請求項１０】
押出機ヘッドであって、熱可塑性材料を貯蔵するように構成された前記押出機ヘッド内のマニホルド及び前記マニホルドに流体的に接続される少なくとも１つのノズルであって、熱可塑性材料が前記マニホルドから流れて、前記少なくとも１つのノズルから放出されるのを可能とする少なくとも１つのノズルを有する押出機ヘッドと、
押出材料のフィラメントが入ることができるチャネル及び前記押出材料の前記フィラメントを前記チャネルの前記マニホルドに最も近い部分において溶融させる一方、前記チャネルの他の部分においては前記押出材料の前記フィラメントを固体のままとさせて、前記チャネルの前記マニホルドに最も近い前記部分において熱可塑性材料を形成するように前記チャネル内で前記押出材料の前記フィラメントを熱処理するように構成された少なくとも１つの加熱素子を有するヒータであって、前記熱可塑性材料が前記ヒータ内の前記チャネルから流れて、前記マニホルド内に流入するのを可能とするように前記ヒータ内の前記チャネルが前記押出機ヘッドにおける前記マニホルドに流体的に接続されたヒータと、
出力軸を有するアクチュエータと、
前記アクチュエータが機械的可動子を動作させるのを可能とするように前記アクチュエータの前記出力軸に動作可能に接続された機械的可動子であって、前記機械的可動子は、前記ヒータの前記チャネルへ前記押出材料の前記フィラメントが入る前に前記押出材料の前記フィラメントに力を印加し、前記アクチュエータが前記機械的可動子を動作させたときに前記ヒータ内の前記チャネルへと前記押出材料の前記フィラメントを移動させるように位置決めされた機械的可動子と、
前記機械的可動子が回転する速度を示す信号を生成するように構成されたセンサと、
前記機械的可動子によって前記ヒータの前記チャネル内へ移動される前記押出材料の前記フィラメントに及ぼされる力を制限するように前記アクチュエータの前記出力軸に動作可能に接続されたスリップクラッチと、
前記センサ及び前記アクチュエータに動作可能に接続されたコントローラであって、前記センサによって生成される信号を使用して前記アクチュエータの前記出力軸の回転速度を調整し、前記アクチュエータの前記出力軸が前記機械的可動子が回転する速度よりも速い速度に保たれるように構成されたコントローラとを備える装置。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は、３次元物体プリンタにおいて使用される押出機に関し、より具体的には、押出材料供給システムによって材料が供給される押出機に関する。
【背景技術】
【０００２】
積層造形としても知られている３次元印刷は、実質的に任意形状のディジタルモデルから３次元立体物体を製造するプロセスである。多くの３次元印刷技術は、積層造形装置が前に堆積された層の上部に部品の連続層を形成する積層プロセスを使用する。これらの技術の一部は、ＡＢＳ樹脂などの押出材料を熱可塑性材料へと軟化又は溶融した後に所定パターンで熱可塑性材料を放出する押出機ヘッドを使用する。プリンタは、典型的には、様々な形状及び構造を有する３次元印刷物体を形成する熱可塑性材料の連続層を形成するように押出機ヘッドを動作させる。３次元印刷物体の各層が形成された後、熱可塑性材料は冷却され、３次元印刷物体の下地層に層を接着するように硬化する。この積層造形方法は、切断又は穿孔などの減法プロセスによるワークピースからの材料の除去にほとんど依拠する従来の物体形成技術とは区別される。
【０００３】
熱可塑性材料は、押出機ヘッド内のマニホルドに貯蔵される。押出機ヘッドにおける１つ以上のノズルによって放出された熱可塑性材料の量は、物体の製造中に変化する。これらの変動は、押出機ヘッドのノズル数、押出機ヘッド及び物体支持面が互いに移動する速度、形成される物体の面積、材料の温度などによって引き起こされる。マニホルド内の熱可塑性材料の変動する流量は、ノズル又は複数のノズルを介したその送達のために材料の圧力に影響を与える。適切な範囲内の圧力は、各ノズルが材料の適切に形成された流れを放出するのを可能とするのに好ましい。熱可塑性材料の押出中においてマニホルド内の圧力を所定範囲内に維持する押出機ヘッドが有益である。
【発明の概要】
【課題を解決するための手段】
【０００４】
新たな装置は、押出機ヘッドのマニホルド内に貯蔵された熱可塑性材料の圧力が所定範囲内に維持されるのを可能とする。本装置は、熱可塑性材料を貯蔵するように構成されたマニホルド及びマニホルドからの熱可塑性材料が放出されることができる少なくとも１つのノズルを有する押出機ヘッドと、押出材料が通過することができるチャネル及び押出材料を溶融させて熱可塑性材料を形成するようにチャネル内で押出材料を熱処理するように構成された少なくとも１つの加熱素子を有するヒータであって、熱可塑性材料がマニホルド内に流入するのを可能とするようにヒータ内のチャネルが押出機ヘッドにおけるマニホルドに流体的に接続されたヒータと、出力軸を有するアクチュエータと、アクチュエータが機械的可動子を動作させるのを可能とするようにアクチュエータの出力軸に動作可能に接続された機械的可動子であって、アクチュエータが機械的可動子を動作させたときに押出材料の供給源からヒータにおけるチャネルへと押出材料を移動させるように押出材料に力を印加するように位置決めされた機械的可動子と、機械的可動子によって押出材料に及ぼされる力を制限するようにアクチュエータの出力軸に動作可能に接続されたスリップクラッチとを含む。
【０００５】
新たな方法は、押出機ヘッドのマニホルド内に貯蔵された熱可塑性材料の圧力が所定範囲内に維持されるのを可能とする。本方法は、押出材料をヒータへと移動させるように所定範囲内の力を及ぼすように機械的可動子を動作させることと、押出材料を溶融して熱可塑性材料を押し出す押出機ヘッドに向かって移動する熱可塑性材料を形成するようにヒータを動作させることと、機械的可動子によって押出材料に及ぼされる力をスリップクラッチによって制限することとを含む。

【０００６】
押出機ヘッドを提供するシステムの前述の態様及び他の特徴は、添付図面と関連して以下の詳細な説明において説明される。
【図面の簡単な説明】
【０００７】
【図１】図１は、押出機ヘッドのマニホルド内の熱可塑性材料の圧力を所定範囲内に維持する固体押出材料供給システムを含む積層造形システムを示している。
【図２】図２は、図１のシステムにおけるコントローラによって実装されるフィードバックシステムのブロック図である。
【図３】図３は、図１のシステムにおけるコントローラによって実装される代替フィードバックシステムのブロック図である。
【図４】図４は、図１の固体押出材料供給システムを有していないマルチノズル押出印刷ヘッドを有する従来技術の３次元物体プリンタの図である。
【発明を実施するための形態】
【０００８】
本願明細書に開示された装置の環境及び装置の詳細の一般的な理解のために、図面が参照される。図面において、同様の参照符号は、同様の要素を示す。
【０００９】
本願明細書において使用される場合、用語「押出材料」は、積層造形システムにおける押出機ヘッドによって放出されることになる熱可塑性材料を形成するように軟化又は溶融される材料を指す。押出材料は、厳密に限定されるものではないが、３次元印刷物体の永久部を形成する「造形材料」と、印刷プロセス中に造形材料の部分を支持するために一時的構造を形成した後に印刷プロセスの完了後に必要に応じて除去される「支持材料」との双方を含む。造形材料の例は、限定されるものではないが、アクリロニトリルブタジエンスチレン（ＡＢＳ）プラスチック、ポリ乳酸（ＰＬＡ）、脂肪族又は半芳香族ポリアミド（ナイロン）、懸濁炭素繊維又は他の骨材材料を含むプラスチック、導電性ポリマー、及び押出機ヘッドを介した放出に適した熱可塑性材料を生成するために熱処理されることができる任意の他の形態の材料を含む。支持材料の例は、限定されるものではないが、耐衝撃性ポリスチレン（ＨＩＰＳ）、ポリビニルアルコール（ＰＶＡ）、及び熱処理された後に押出可能な他の材料を含む。いくつかの押出プリンタにおいて、押出材料は、一般に「フィラメント」として知られている材料の連続した細長ストランドとして供給される。このフィラメントは、スプール又は他の供給源から押出材料フィラメントを引っ張って押出機ヘッド内のマニホルドに流体的に接続されたヒータにフィラメントを供給する１つ以上のローラによって固体形態で供給される。ヒータは、マニホルド内に流入する熱可塑性材料を形成するように押出材料フィラメントを軟化又は溶融する。ノズルとマニホルドとの間に位置する弁が開放したとき、熱可塑性材料の一部は、ノズルを介してマニホルドから流出して熱可塑性材料の流れとして放出される。本願明細書において使用される場合、押出材料に適用される用語「溶融」は、３次元物体プリンタの動作中に印刷ヘッドにおける１つ以上のノズルを介した熱可塑性材料の押出を可能とするように押出材料を軟化させるか又は押出材料を相変化させる押出材料についての温度の任意の上昇を指す。溶融した押出材料はまた、この文書において「熱可塑性材料」として示される。当業者が認識するように、特定のアモルファス押出材料は、プリンタの動作中に純液体状態に遷移しない。
【００１０】
本願明細書において使用される場合、用語「押出機ヘッド」は、単一の流体チャンバ内で押出材料を溶融して１つ以上のノズルに接続されたマニホルドに溶融した押出材料を供給するプリンタの要素を指す。いくつかの押出機ヘッドは、熱可塑性材料がノズルを選択的に流れるのを可能とするように電子的に動作させることができる弁アセンブリを含む。弁アセンブリは、熱可塑性材料を押し出すようにマニホルドに対する１つ以上のノズルの独立した接続を可能とする。本願明細書において使用される場合、用語「ノズル」は、押出機ヘッドにおけるマニホルドに流体的に接続され且つ熱可塑性材料が受像面に向けて放

出される押出機ヘッドにおけるオリフィスを指す。動作中において、ノズルは、押出機ヘッドのプロセス経路に沿って熱可塑性材料の略連続した直線配置を押し出すことができる。コントローラは、弁アセンブリに接続されたノズルが熱可塑性材料を押し出すのを制御するように弁アセンブリにおける弁を動作させる。ノズルの直径は、押し出された熱可塑性材料のライン幅に影響を与える。異なる印刷ヘッドの実施形態は、より狭いオリフィスによって生成されるライン幅よりも大きい幅を有するラインを生成するより広いオリフィスを有するオリフィスサイズの範囲を有するノズルを含む。

【００１１】

本願明細書において使用される場合、用語「マニホルド」は、３次元物体印刷動作中に印刷ヘッドにおける１つ以上のノズルに送達するための熱可塑性材料の供給源を保持する押出機ヘッドのハウジング内に形成された空洞を指す。以下により詳細に記載されるシステムは、マニホルド内の熱可塑性材料の圧力を所定範囲内に維持する速度でヒータに押出材料を供給するように構成されている。その圧力は、１つ以上のノズルが熱可塑性材料を押し出す速度が調整されるのを可能とする。具体的には、複数のノズルに接続された弁が個別に活性化又は非活性化されていても、フィラメント供給システムは、印刷動作中に活性化された弁の数が変わるとともにマニホルドが略一定の速度で押出機ヘッドにおけるノズルに対して任意の活性化された弁を介して熱可塑性材料を供給するのを可能とする。

【００１２】

本願明細書において使用される場合、用語「押出材料の配置」は、押出印刷ヘッドが３次元物体印刷動作中に受像面上に形成する押出材料の任意のパターンを指す。押出材料の一般的な配置は、押出材料の直線配置及び押出材料の湾曲配置を含む。いくつかの構成において、押出機ヘッドは、押出材料の連続的な塊を有する配置を形成するように連続的に熱可塑性材料を押し出す一方で、他の構成において、押出機ヘッドは、直線又は曲線経路に沿って配置された熱可塑性材料の小さな群を形成するように間欠的に動作する。３次元物体プリンタは、押出材料の異なる配置の組み合わせを使用して様々な構造を形成する。さらに、３次元物体プリンタにおけるコントローラは、押出機ヘッドを動作させて押出材料の各配置を形成する前に押出材料の異なる配置に対応する物体画像データ及び押出機ヘッド経路データを使用する。以下に記載されるように、コントローラは、必要に応じて、３次元印刷動作中に１つ以上のノズルを介して熱可塑性材料の複数の配置を形成するように弁アセンブリの動作を調整する。

【００１３】

本願明細書において使用される場合、用語「プロセス方向」は、押出機ヘッドとヘッドにおける１つ以上のノズルから押し出された熱可塑性材料を受ける受像面との間の相対運動の方向を指す。受像面は、積層造形プロセス中に３次元印刷物体又は部分的に形成された３次元物体の表面を保持する支持部材のいずれかである。本願明細書に記載された例示的な実施形態において、１つ以上のアクチュエータは、支持部材まわりに押出機ヘッドを移動させるが、他のシステムの実施形態は、押出機ヘッドが静止したままプロセス方向における相対運動を生み出すように支持部材を移動させる。いくつかのシステムは、異なる運動軸についての双方のシステムの組み合わせを使用する。

【００１４】

本願明細書において使用される場合、用語「クロスプロセス方向」は、プロセス方向の平面内のプロセス方向に対して垂直な軸を指す。プロセス方向及びクロスプロセス方向は、押出機ヘッド及び熱可塑性材料を受ける面の移動の相対経路を指す。いくつかの構成において、押出機ヘッドは、クロスプロセス方向に沿って延在するノズルのアレイを含む。押出機ヘッド内の隣接ノズルは、クロスプロセス方向に所定距離だけ離れている。いくつかの構成において、システムは、押出機ヘッドにおけるノズルから押し出される熱可塑性材料の配置を分離する対応するクロスプロセス方向距離を調整するために、押出機ヘッドにおける異なるノズルを分離するクロスプロセス方向距離を調整するように押出機ヘッドを回転させる。

【００１５】

積層造形システムの動作中において、押出機ヘッドは、３次元物体印刷処理中に熱可塑性材料を受ける面に対して直線及び曲線経路の双方に沿ってプロセス方向に移動する。さらに、システムにおけるアクチュエータは、必要に応じて、押出機ヘッドが熱可塑性材料の各配置間において所定距離を有する熱可塑性材料の２つ以上の配置を形成するのを可能とするために、押出機ヘッドにおけるノズルを分離する有効クロスプロセス距離を調整するようにＺ軸まわりに押出機ヘッドを回転させる。押出機ヘッドは、印刷物体の層に２次元領域の外壁を形成するように外周に沿って且つ熱可塑性材料を有する２次元領域の全て又は一部を満たすように周囲内を移動する。

【００１６】

図４は、３次元印刷物体１４０を形成するために押出機ヘッド１０８を動作させるように構成された従来技術の３次元物体積層造形システム又はプリンタ１００を示している。プリンタ１００は、物体を形成するために平面運動を使用するプリンタとして示されているが、この文書に記載された押出機ヘッド及び押出材料の機械的可動子を有する他のプリンタアーキテクチャが使用可能である。これらのアーキテクチャは、デルタ・ボット、選択的コンプライアンス・アセンブリ・ロボットアーム（ＳＣＡＲＡ）、多軸プリンタ、非デカルトプリンタなどを含む。プリンタ１００は、支持部材１０２と、マルチノズル押出機ヘッド１０８と、押出機ヘッド支持アーム１１２と、コントローラ１２８と、メモリ１３２と、Ｘ／Ｙアクチュエータ１５０と、任意のＺθアクチュエータ１５４と、Ｚアクチュエータ１５８とを含む。プリンタ１００において、Ｘ／Ｙアクチュエータ１５０は、図４に示されている物体１４０などの３次元印刷物体における１つの層を形成する熱可塑性材料の配置を押し出すようにＸ及びＹ軸に沿って２次元平面（「Ｘ－Ｙ平面」）内の異なる位置に押出機ヘッド１０８を移動させる。例えば、図４において、Ｘ／Ｙアクチュエータ１５０は、Ｙ軸に沿って移動させるようにガイドレール１１３に沿って支持アーム１１２及び押出機ヘッド１０８を並進させるとともに、Ｘ／Ｙアクチュエータ１５０は、Ｘ軸に沿って印刷ヘッドを移動させるように支持アーム１１２の長さに沿って押出機ヘッド１０８を並進させる。押し出されたパターンは、層内の１つ以上の領域及び熱可塑性材料パターンの輪郭内の領域を埋める熱可塑性材料の領域の双方の輪郭を含む。Ｚアクチュエータ１５８は、物体が印刷プロセス中に形成されるのにともない、押出機ヘッド１０８におけるノズルが物体１４０の上に熱可塑性材料を押し出すのに適切な高さのままであるのを確実にするために、Ｚ軸に沿って押出機ヘッド１０８と支持部材１０２との間の距離を制御する。Ｚθアクチュエータ１５４は、Ｚ軸まわりに回転する押出機ヘッド１０８のいくつかの実施形態についてのＺ軸まわりの押出機ヘッド１０８の回転角度（図４におけるＺθとして参照）を制御する。この移動は、押出機ヘッド１０８におけるノズル間の分離を制御するが、いくつかの押出機ヘッドは、製造プロセス中に回転を必要としない。システム１００において、Ｘ／Ｙアクチュエータ１５０、Ｚθアクチュエータ１５４及びＺアクチュエータ１５８は、電動モータ、ステッピングモータ、又は任意の他の適切な電気機械装置などの電気機械アクチュエータとして具現化される。図４の例示的な実施形態において、３次元物体プリンタ１００は、熱可塑性材料の複数の層から形成される３次元印刷物体１４０の形成中に示されている。

【００１７】

支持部材１０２は、製造プロセス中に３次元印刷物体１４０を支持するガラス板、ポリマー板、又は発泡体面などの平面部材である。図４の実施形態において、Ｚアクチュエータ１５８はまた、押出機ヘッド１０８が物体１４０の上面から所定距離を維持するのを確実にするために、熱可塑性材料の各層の塗布後に押出機ヘッド１０８から離れてＺ方向に支持部材１０２を移動させる。押出機ヘッド１０８は、複数のノズルを含み、各ノズルは、支持部材１０２の表面又は物体１４０のような部分的に形成された物体の表面上に熱可塑性材料を押し出す。図４の例において、押出材料は、ＡＢＳプラスチックのスプールである押出材料供給源１１０からのフィラメント又は押出機ヘッド１０８に押出材料を供給するためにスプールから剥がす他の適切な押出材料フィラメントとして供給される。

【００１８】

支持アーム１１２は、支持部材と、印刷動作中に押出機ヘッド１０８を移動させる１つ以上のアクチュエータとを含む。システム１００において、１つ以上のアクチュエータ１５０は、印刷動作中にＸ及びＹ軸に沿って支持アーム１１２及び押出機ヘッド１０８を移動させる。例えば、アクチュエータ１５０のうちの１つは、Ｙ軸に沿って支持アーム１１２及び押出機ヘッド１０８を移動させる一方で、他のアクチュエータは、Ｘ軸に沿って移動させるように支持アーム１１２の長さに沿って押出機ヘッド１０８を移動させる。システム１００において、Ｘ／Ｙアクチュエータ１５０は、必要に応じて、直線又は曲線経路のいずれかに沿って同時にＸ及びＹ軸の双方に沿って押出機ヘッド１０８を移動させる。コントローラ１２８は、押出機ヘッド１０８におけるノズルが支持部材１０２上に又は物体１４０の前に形成された層上に熱可塑性材料を押し出すのを可能とする直線及び曲線経路の双方における押出機ヘッド１０８の移動を制御する。コントローラ１２８は、必要に応じて、Ｘ軸又はＹ軸に沿ったラスタライズ動作において押出機ヘッド１０８を移動させるが、Ｘ／Ｙアクチュエータ１５０はまた、Ｘ－Ｙ平面内の任意の直線又は曲線経路に沿って押出機ヘッド１０８を移動させることができる。

【００１９】

コントローラ１２８は、マイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、フィールドプログラマブルゲートアレイ（ＦＰＧＡ）、特定用途向け集積回路（ＡＳＩＣ）又はプリンタ１００を動作させるように構成された他のディジタルロジックなどのディジタルロジックデバイスである。プリンタ１００において、コントローラ１２８は、支持部材１０２及び支持アーム１１２の移動を制御する１つ以上のアクチュエータに動作可能に接続されている。コントローラ１２８はまた、メモリ１３２に動作可能に接続されている。プリンタ１００の実施形態において、メモリ１３２はランダムアクセスメモリ（ＲＡＭ）デバイスなどの揮発性データ記憶装置と、固体データ記憶装置、磁気ディスク、光ディスク又は任意の他の適切なデータ記憶装置などの不揮発性データ記憶装置とを含む。メモリ１３２は、プログラミングされた命令データ１３４及び３次元（３Ｄ）物体画像データ１３６を記憶する。コントローラ１２８は、３次元印刷物体１４０を形成し且つ物体１４０の１つ以上の表面上に２次元画像を印刷するためにプリンタ１００における要素を動作させるように記憶されたプログラム命令１３４を実行する。３Ｄ物体画像データ１３６は、例えば、プリンタ１００が３次元物体印刷プロセス中に形成する熱可塑性材料の各層に対応する複数の２次元画像データパターンを含む。押出機ヘッド経路制御データ１３８は、コントローラ１２８がＸ／Ｙアクチュエータ１５０を使用して押出機ヘッド１０８の移動の経路を制御し且つＺθアクチュエータ１５４を使用して押出機ヘッド１０８の向きを制御するように処理する幾何学的データのセット又はアクチュエータ制御コマンドを含む。コントローラ１２８は、上述したように支持部材１０２の上に押出機ヘッド１０８を移動させるようにアクチュエータを動作させるとともに、ヘッドは、物体を形成するように熱可塑性材料を押し出す。

【００２０】

図１は、押出機ヘッド１０８における複数のノズルから熱可塑性材料を放出するための弁の開閉を制御するように動作するコントローラ１２８に動作可能に接続された押出機ヘッド１０８におけるアクチュエータアセンブリ２０４を含む積層造形システム１００’を示している。具体的には、コントローラ１２８は、熱可塑性材料を放出して３次元印刷物体１４０の各層に熱可塑性材料の配置を形成するように、押出機ヘッド１０８における弁に接続されたアセンブリ２０４における異なるアクチュエータを活性化及び非活性化する。システム１００’はまた、システム１００’の動作中にマニホルド２１６内の熱可塑性材料の圧力を所定範囲内に維持する速度で供給源１１０からヒータ２０８にフィラメントを供給する押出材料分配システム２１２を含む。分配システム２１２は、マニホルド内の熱可塑性材料の圧力の調整に適している１つの実施形態である。さらに、コントローラ１２８は、分配システム２１２がヒータ２０８に固体フィラメントを送達する速度を制御するように分配システム２１２におけるアクチュエータに動作可能に接続されている。ヒータ２０８は、駆動ローラ２２４を介してヒータ２０８に供給される押出材料フィラメント

２２０を軟化又は溶融する。アクチュエータ２４０は、ローラ２２４を駆動し、コントローラ１２８に動作可能に接続されており、そのため、コントローラは、アクチュエータがローラ２２４を駆動する速度を調整することができる。ローラ２２４に対向する他のローラは、フリーホイールであり、そのため、ローラ２２４が駆動される回転速度にしたがう。図１は、ヒータ２０８にフィラメント２２０を移動させるための機械的可動子として電気機械アクチュエータ及び駆動ローラ２２４を使用する供給システムを示しているが、代替実施形態は、回転オーガ又はスクリュの形態で機械的可動子を動作させるために１つ以上のアクチュエータを使用する。オーガ又はスクリュは、押出材料粉末又はペレットの形態で固相押出材料をヒータ２０８へと移動させる。

【００２１】

図１の実施形態において、ヒータ２０８は、ステンレス鋼から形成され、コントローラ１２８に動作可能に接続された電気抵抗加熱素子などの１つ以上の加熱素子２２８を含む。コントローラ１２８は、ヒータ２０８内のチャネル２３２における押出材料２２０のフィラメントを軟化又は溶融するように選択的に電流に加熱素子２２８を接続するように構成されている。図１は、固体フィラメント２２０として固相で押出材料を受けるヒータ２０８を示しているが、代替実施形態においては、粉末状又はペレット状押出材料として固相で押出材料を受ける。冷却フィン２３６は、ヒータ２０８から上流のチャネル２３２内の熱を減衰する。冷却フィン２３６において又は冷却フィン２３６の付近においてチャネル２３２内で固体のままである押出材料の一部は、熱可塑性材料がマニホルド２１６に対する接続部以外の任意の他の開口からのヒータから出るのを防止するチャネル２３２内のシールを形成する。押出機ヘッド１０８はまた、マニホルド２１６内の熱可塑性材料について高温を維持するために追加の加熱素子を含むことができる。いくつかの実施形態において、マニホルド２１６内の温度を維持するために断熱材が押出機ヘッド１０８の外側部分を被覆している。

【００２２】

マニホルド２１６内の熱可塑性材料の流体圧力を所定範囲内に維持し、押出材料への損傷を回避し、ノズルを通る押出速度を制御するために、スリップクラッチ２４４がアクチュエータ２４０の駆動軸に動作可能に接続されている。この文書において使用される場合、用語「スリップクラッチ」は、所定の設定ポイントまで物体を移動させるように物体に摩擦力を印加する装置を指す。摩擦力についての所定の設定ポイントについての範囲を超えた場合、装置はスリップし、そのため、もはや物体に摩擦力を印加しない。スリップクラッチは、フィラメント２２０に及ぼされる力がいくら多くの弁が開放されても又はいくら高速にアクチュエータ２４０がローラ２２４を駆動しても一定のままであるのを可能とする。この一定の力は、フィラメント駆動ローラ２２４の最速予想回転速度よりも高速でアクチュエータ２４０を駆動することによって又はローラ２２４上にエンコーダホイール２４８を配置してセンサ２５２によって回転速度を検知することによって維持されることができる。

【００２３】

センサ２５２によって生成された信号は、ローラ２２４の回転角度を示し、コントローラ１２８は、ローラ２２４の速度を特定するためにこの信号を受信する。コントローラ１２８は、さらに、アクチュエータの速度を制御するためにアクチュエータ２４０に供給される信号を調整するように構成されている。コントローラがアクチュエータ２４０の速度を制御するように構成されている場合、コントローラ１２８は、アクチュエータ２４０を動作させ、そのため、その速度は、ローラ２２４の回転よりも僅かに高速である。この動作は、駆動ローラ２２４上のトルクが常にスリップクラッチトルクの関数であるのを確実にする。１つの弁／ノズルの組み合わせが開放されている場合、フィラメント２２０は、ゆっくりと移動する。アセンブリ２０４における全てのアクチュエータ／弁の組み合わせが開放されている場合、フィラメントは、より迅速に移動を開始し、コントローラ１２８は、アクチュエータの出力軸がセンサ２５２によって示されるローラ２２４の速度よりも高速に回転しているのを確実にするために、その速度を増加させるようにアクチュエータ

２４０を直ちに動作させる。遅延は、本質的に、フィラメントに印加される力と押出機ヘッダのノズル領域における熱可塑性材料の圧力との間に存在する。これらの遅延の経験的データは、スリップクラッチが押出機ヘッドのノズル領域において熱可塑性材料のより均一な圧力を提供するように動作するのを可能とするスリップクラッチについての設定ポイントが定義されるのを可能とする。

【００２４】

センサ２５２によって生成された信号はまた、アクチュエータ２４０の他の態様を調整するためにコントローラ１２８によって使用可能である。例えば、積層造形システムのヒータにフィラメントを供給する速度は、押出機ヘッドによって押し出されることになる熱可塑性材料の量に比例するように調整可能である。スリップクラッチのトルク設定ポイントを制御することにより、コントローラは、比例定数を１又はそれよりも僅かに高く維持することができる。ヒータ及び押出機ヘッドに供給される材料が多すぎることに応答してクラッチについてのトルク設定ポイントを参照してクラッチがスリップするとき、１の比例定数のまわりの所定範囲外の変動の補償が行われる。この種の制御は、アクチュエータの出力軸の回転を調整するために使用可能である。

【００２５】

いくつかの実施形態において、スリップクラッチ２４４についてのトルクレベルは、システム１００’の動作用に経験的に決定されて設定される。他の実施形態において、上述したように、センサ２５２は、ローラ２２４の回転速度を特定する信号を生成し、コントローラ１２８は、さらに、アクチュエータ２４０を動作させる制御装置からの信号を調整するようにセンサ２５２からの信号を使用するように構成されている。このフィードバックループを有する実施形態において、コントローラ１２８がローラ２２４の回転速度を示す信号を参照してアクチュエータ２４０の動作を調整する比例・積分・微分（ＰＩＤ）コントローラを実装する図２に示されるフィードバックシステムが構成されることができる。このシステムは、スリップクラッチがスリップするサイクル総数を低減させるために使用される。上述したように、アクチュエータ２４０は、ローラ２２４の回転速度よりも僅かに高速な速度でその出力軸を駆動する必要があるにすぎない。この種の動作は、スリップクラッチが係合されるのを保つのに役立ち、そのため、クラッチスリップの時間数が最小化され、クラッチの寿命が延長される。

【００２６】

コントローラ１２８は、ローラ２２４の回転速度を超えるアクチュエータ出力軸の僅かに高い速度を特定するコントローラに接続されたメモリに記憶された設定ポイントを有する。この文書において使用される場合、用語「設定ポイント」は、コントローラが設定ポイントに関する所定範囲内に設定ポイントに対応するパラメータを保持するように要素を動作させるために使用するパラメータ値を意味する。例えば、コントローラ１２８は、設定ポイントのまわりの所定範囲内の出力信号によって特定される速度で出力軸を回転させるようにアクチュエータ２４０を動作させる信号を変化させる。アクチュエータについての指令速度に加えて、アクチュエータアセンブリ２０４において開閉される弁の数及びクラッチについてのトルク設定ポイントはまた、フィラメント駆動システム２１２の動作に影響を与える。ローラ２２４の得られる回転速度は、センサ２５２によって生成される信号によって特定される。コントローラ１２８のＰＩＤコントローラは、メモリに記憶された差動設定ポイントを参照してこの信号からエラーを特定し、アクチュエータ２４０を動作させるようにコントローラによって出力される信号を調整する。あるいは、コントローラ１２８は、スリップクラッチについてのトルクレベルを変更することができるか、又は、コントローラ１２８は、トルクレベルを変更してコントローラがアクチュエータを動作させる信号を調整することができる。

【００２７】

フィードバック制御システムの代替実施形態が図３に示されている。この実施形態において、コントローラ１２８は、マニホルド２１６内の熱可塑性材料の圧力を示す信号を参照してアクチュエータ２４０の動作を調整する比例・積分・微分（ＰＩＤ）コントローラ

を実装するように構成されている。そのため、マニホルド２１６内の熱可塑性材料の圧力を検知するように圧力センサ２６０（図１）が配置されており、センサによって生成された圧力レベルを示す信号は、アクチュエータ２４０の動作のための出力信号を調整するために図２のＰＩＤコントローラによって使用されることができる。このシステムはまた、スリップクラッチがスリップするサイクル総数を低減させるために使用される。コントローラ１２８は、マニホルド２１６内の熱可塑性材料についての圧力を特定するコントローラに接続されたメモリに記憶された設定ポイントを有する。コントローラ１２８は、出力信号によって特定される速度で出力軸を回転させるようにアクチュエータ２４０を動作させる信号を出力する。アクチュエータについての指令速度に加えて、アクチュエータアセンブリ２０４において開閉される弁の数及びクラッチについてのトルク設定ポイントはまた、フィラメント駆動システム２１２の動作に影響を与える。マニホルド２１６内の熱可塑性材料の圧力は、センサ２６０によって生成される信号によって特定される。コントローラ１２８のＰＩＤコントローラは、圧力設定ポイントを参照してこの信号からエラーを特定し、コントローラによってアクチュエータ２４０に対して出力される信号を調整する。あるいは、コントローラ１２８は、スリップクラッチについてのトルクレベルを変更することができるか、又は、コントローラ１２８は、トルクレベルを変更してコントローラがアクチュエータを動作させる信号を調整することができる。

【００２８】

スリップクラッチ２４４は、固定又は調整可能なトルク摩擦板クラッチ、磁粉クラッチ、磁気ヒステリシスクラッチ、強磁性流体クラッチ、空気圧クラッチ、又は永久磁石クラッチとすることができる。磁気的に作動するタイプのクラッチは、クラッチに電圧を印加することによって調整されるそれらのトルク設定ポイントを有することができる。この特徴は、印刷条件を参照してクラッチにおけるトルク設定ポイントが変更されるのを可能とする。用語「印刷条件」は、物体の十分な形成のためにマニホルド内の必要とされる熱可塑性材料の量に影響を与える現在進行中の製造動作のパラメータを指す。これらの印刷条件は、押出機ヘッドに供給される押出材料の種類、押出機ヘッドから放出される熱可塑性材料の温度、押出機ヘッドがＸ－Ｙ平面内で移動される速度、物体上に形成される特徴の位置などを含む。

【００２９】

圧力センサ２６０を有する実施形態において、コントローラ１２８は、さらに、マニホルド２１６内の圧力を監視するように構成されることができる。圧力が特定時間に開放される弁の数について予想されるよりも大きい場合、コントローラは、ノズルの目詰まりの指標として状態を検出する。回転速度センサ２５２を有する実施形態において、ローラの回転速度が監視され、ローラ２２４の回転速度が特定時間に開放される弁の数について予想されるよりも小さい場合、コントローラ１２８は、ノズルの目詰まりの指標として状態を検出する。いずれの実施形態においても、コントローラ１２８は、アラームを生成することができ、メンテナンスのためにシステムオフラインとすることができる。押出供給システム２１２はまた、マニホルド内の所定圧力を所定範囲内に確立するように任意のノズルが開放される前に動作することができる。さらに、押出機ヘッド１０８が所定の有意な期間に動作しない場合、押出機ヘッドを減圧しながら、スリップクラッチについてのトルクレベルは、ゼロ又はゼロ付近に設定されることができる。

【図１】

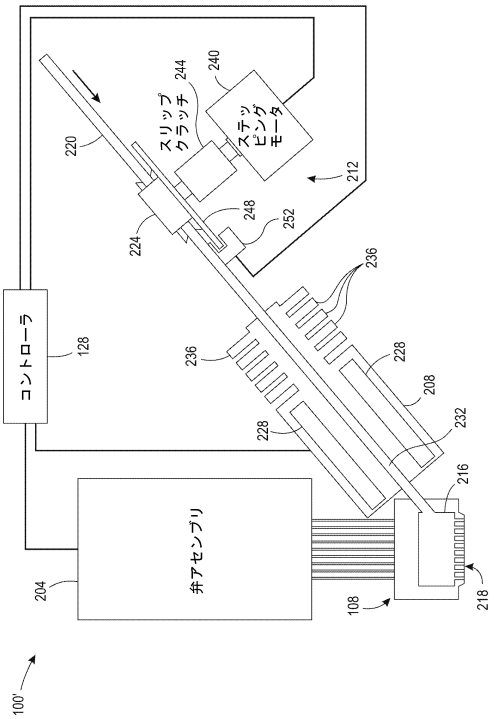


図１

【図２】

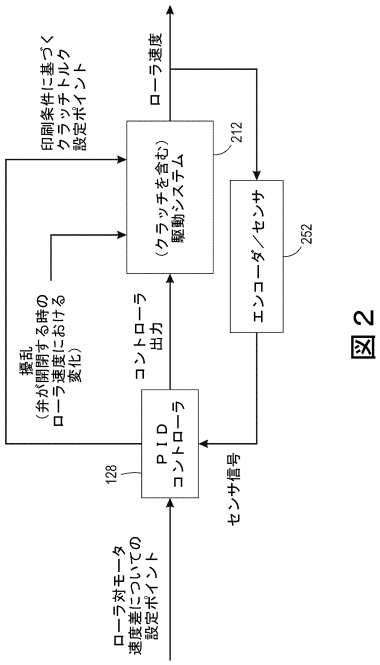


図２

【図３】

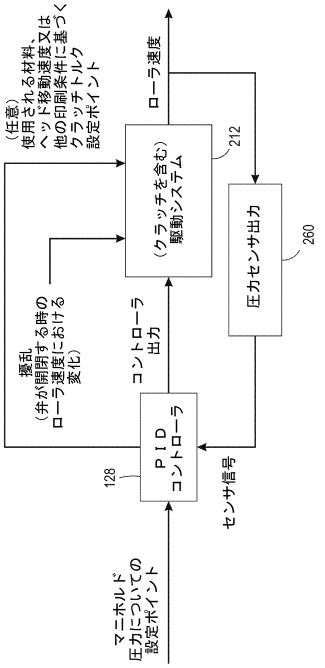


図３

【図４】

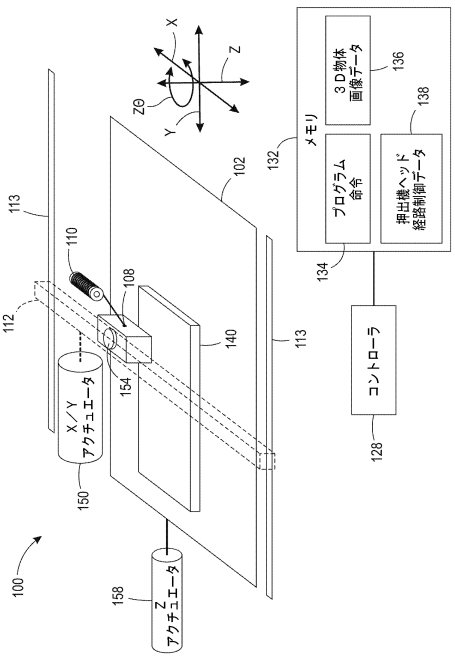


図４
従来技術

フロントページの続き

(51)Int.Cl.			FI	
B29C	*48/25*	*(2019.01)*	B29C	48/25
B29C	*48/92*	*(2019.01)*	B29C	48/92
B33Y	*50/02*	*(2015.01)*	B33Y	50/02
B33Y	*30/00*	*(2015.01)*	B33Y	30/00
B33Y	*10/00*	*(2015.01)*	B33Y	10/00

(72)発明者 ピーター・ジェイ・ニストロム
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 １４５８０ ウェブスター グレンウッド・ドライブ ６２
(72)発明者 クリストファー・ジー・リン
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 １４５９０ ウォルコット ライムキルン・ロード ５８０９
(72)発明者 ロバート・エイ・クラーク
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 １４５８９ ウィリアムソン コングドン・ロード ４６２４
(72)発明者 ディヴィッド・エイ・マンテル
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 １４６１０ ロチェスター ヤーマス・ロード ２７５

審査官 今井 拓也

(56)参考文献 特表２０１６－５１８２６７（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０１６／０１４５４３（WO，Ａ１）
米国特許出願公開第２０１５／０２３１８２９（ＵＳ，Ａ１）
米国特許出願公開第２００４／００４３０９４（ＵＳ，Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ２９Ｃ ６４／００ － ６４／４０
Ｂ２９Ｃ ４８／２５
Ｂ２９Ｃ ４８／９２