

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-105177

(P2017-105177A)

(43) 公開日 平成29年6月15日(2017.6.15)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B29C 67/00 (2017.01)	B29C 67/00	4F213
B33Y 10/00 (2015.01)	B33Y 10/00	
B33Y 30/00 (2015.01)	B33Y 30/00	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2016-226367 (P2016-226367)	(71) 出願人	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 068 56、ノーウォーク、ピーオーボックス 4505、グローバー・アヴェニュー 4 5
(22) 出願日	平成28年11月21日(2016.11.21)	(74) 代理人	110001210 特許業務法人YKI国際特許事務所
(31) 優先権主張番号	14/962,067	(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 144 50 フェアポート アトランティック・ アベニュー 3707
(32) 優先日	平成27年12月8日(2015.12.8)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

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マルチノズル押出印刷ヘッドを動作させるシステムおよび方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】マルチノズル押出印刷ヘッドを含む3次元物体プリンタを動作させる方法の提供。

【解決手段】3次元印刷物体の1つの層についての所定の経路に沿った印刷ヘッドと受像面との間の相対移動を生み出すように第1のアクチュエータをコントローラによって動作させることを含み、更に、複数の押出ノズルを使用して指定された層の外形を最初に印刷した後に指定された層の内部を印刷することを含み、その上、必要に応じて、複数のノズルの一部を介して材料を押し出し、内部に印刷されたスワスが外形の形状に適合するのを確実にするように個々のノズルをオンオフすることを含む3次元物体プリンタを動作させる方法。

【選択図】なし

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

3次元物体プリンタを動作させる方法において、

3次元印刷物体の1つの層についての画像データを参照して受像面の所定領域の外形に対応する経路に沿った複数のノズルを含む印刷ヘッドと前記受像面との間の相対移動を発生させるようにアクチュエータをコントローラによって動作させることと、

前記外形に対応する前記受像面上に押出材料のパターンを押し出すために前記印刷ヘッドにおける前記複数のノズルにおける少なくとも1つのノズルを前記コントローラによって活性化させることと、

前記3次元印刷物体のうちの前記1つの層についての前記画像データを参照して前記外形に対応する前記押出材料のパターン内のスワスに対応する他の経路における前記印刷ヘッドと前記受像面との間の相対移動を発生させるように前記アクチュエータを前記コントローラによって動作させることと、

前記スワスに対応する前記受像面上に前記押出材料の他のパターンを同時に押し出すように前記印刷ヘッドにおける前記複数のノズルを前記コントローラによって活性化させることとを備える、方法。

【請求項 2】

前記コントローラによって前記複数のノズルを活性化することが、さらに、

前記印刷ヘッドにおける複数の弁を前記コントローラによって開放することを備え、前記複数の弁における各弁が、前記複数のノズルが前記押出材料を押し出すのを可能とするように前記複数のノズルにおける1つのノズルに流体的に結合されている、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

さらに、

前記所定領域の外側に位置する前記印刷ヘッドにおける少なくとも1つのノズルを前記コントローラによって特定することと、

前記所定領域の外側に位置する前記1つのノズルを非活性化するように前記印刷ヘッドにおける他の弁を前記コントローラによって閉鎖することを備える、請求項2に記載の方法。

【請求項 4】

さらに、

前記複数の開放した弁を介して前記印刷ヘッドにおける圧力チャンバから前記印刷ヘッドにおける前記複数のノズルに押出材料を前記印刷ヘッドによって供給することを備える、請求項2に記載の方法。

【請求項 5】

さらに、

前記受像面上の前記押出材料の前記外形内の複数のスワスに対応する複数の経路における前記印刷ヘッドと前記受像面との間の相対移動を発生させるように前記アクチュエータを前記コントローラによって動作させることと、

前記押出材料の前記外形内に形成された前記所定領域を実質的に埋めるように前記複数のスワスに対応する前記押出材料の複数のパターンを形成するように前記印刷ヘッドにおける前記複数のノズルを前記コントローラによって活性化させることとを備える、請求項1に記載の方法。

【請求項 6】

3次元物体プリンタにおいて、

支持部材と、

3次元物体の少なくとも1つの層を形成するために押出材料を押し出すように構成された複数のノズルを含む印刷ヘッドと、

前記印刷ヘッドと前記支持部材との間の相対移動を発生させるように構成された少なくとも1つのアクチュエータと、

10

20

30

40

50

前記 3 次元印刷物体についての複数の層に対応する画像データを記憶するように構成されたメモリと、

前記印刷ヘッド、前記少なくとも 1 つのアクチュエータおよび前記メモリに動作可能に接続されたコントローラとを備え、前記コントローラが、

3 次元印刷物体の 1 つの層についての画像データを参照して受像面の所定領域の外形に対応する経路に沿った複数のノズルを含む前記印刷ヘッドと前記支持部材上に形成された前記受像面との間の相対移動を発生させるように前記少なくとも 1 つのアクチュエータを動作させ、

前記外形に対応する前記受像面上に押出材料のパターンを押し出すために前記印刷ヘッドにおける前記複数のノズルにおける少なくとも 1 つのノズルを活性化させ、

前記 3 次元印刷物体の前記 1 つの層についての画像データを参照して前記外形に対応する前記押出材料のパターン内のスワスに対応する他の経路における前記印刷ヘッドと前記受像面との間の相対移動を発生させるように前記少なくとも 1 つのアクチュエータを動作させ、

前記スワスに対応する前記受像面上に前記押出材料の他のパターンを同時に押し出すように前記印刷ヘッドにおける前記複数のノズルを活性化させるように構成されている、3 次元物体プリンタ。

【請求項 7】

前記コントローラが、さらに、

前記印刷ヘッドにおける複数の弁を開放するように構成されており、前記複数の弁における各弁が、前記複数のノズルが前記押出材料を押し出すのを可能とするように前記複数のノズルにおける 1 つのノズルに流体的に結合されている、請求項 6 に記載のプリンタ。

【請求項 8】

前記コントローラが、さらに、

前記所定領域の外側に位置する前記印刷ヘッドにおける少なくとも 1 つのノズルを特定し、

前記所定領域の外側に位置する前記 1 つのノズルを非活性化するように前記印刷ヘッドにおける他の弁を閉鎖するように構成されている、請求項 7 に記載のプリンタ。

【請求項 9】

前記印刷ヘッドが、さらに、

前記複数の開放した弁を介して前記印刷ヘッドにおける前記複数のノズルに前記押出材料を供給するように構成された圧力チャンバを備える、請求項 7 に記載のプリンタ。

【請求項 10】

前記コントローラが、さらに、

前記受像面上の前記押出材料の前記外形内の複数のスワスに対応する複数の経路における前記印刷ヘッドと前記受像面との間の相対移動を発生させるように前記少なくとも 1 つのアクチュエータを動作させ、

前記押出材料の前記外形内に形成された前記所定領域を実質的に埋めるように前記複数のスワスに対応する前記押出材料の複数のパターンを形成するように前記印刷ヘッドにおける前記複数のノズルを活性化させるように構成されている、請求項 6 に記載のプリンタ

【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印刷ヘッドおよび押出機に関し、より具体的には、2 つ以上のノズルから押出材料を押し出す押出印刷ヘッドに関する。

【背景技術】

【0002】

10

20

30

40

50

積層製造として知られる3次元印刷はまた、実質的に任意形状のデジタルモデルから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、積層製造装置が以前に堆積し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。これらの技術のいくつかは、押出印刷ヘッドが所定のパターンで加熱されて軟化したABSプラスチックなどの熔融造形材料を放出する押出印刷を使用する。プリンタは、通常、様々な形状および構造の3次元印刷物体を形成する造形材料の連続層を形成するように押出印刷ヘッドを動作させる。3次元印刷物体の各層の印刷中において、押出印刷ヘッドは、3次元印刷物体の他の層を形成するために印刷ヘッドからの押出後に冷却して硬化する造形材料を放出する。3次元印刷は、時には積層製造と称され、切削または孔あけ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を大部分はあてにする従来の物体形成技術と区別される。

10

【0003】

多くの既存の3次元プリンタは、単一のノズルを介して材料を押し出す単一の印刷ヘッドを使用する。印刷ヘッドは、3次元印刷物体のモデルデータに基づいて3次元印刷物体の支持部材または以前に堆積した層の選択された位置上に造形材料を放出するように所定の経路において移動する。しかしながら、造形材料を放出するために単一のノズルを有する印刷ヘッドを使用すると、大抵の場合、3次元印刷物体を形成するためにかなりの時間を必要とする。さらに、より大きなノズル径を有する印刷ヘッドは、より迅速に3次元印刷物体を形成することができるが、より高度に詳細な物体についての細かい形状に造形材料を放出する能力を失う一方で、より小径のノズルは、細かい詳細な構造を形成することができ、3次元物体を造形するために多くの時間を必要とする。

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

プリンタのスループットを向上させかつ高解像度の印刷を提供するために当該技術分野において知られている1つの解決策は、より高いスループットまたはより高精度な動作のために複数の径を有する取り外し可能なノズルを有する単一の印刷ヘッドを含むが、そのような解決策は、ノズルを切り替えるためのユニットを必要とし、造形材料を放出するために依然として単一のノズルを提供する。当該技術分野において知られている他の解決策は、単一のプリンタに複数の独立した印刷ヘッドを組み込む。しかしながら、複数の独立した印刷ヘッドは、プリンタの複雑さを増加させ、各印刷ヘッドは、動作中に別個の造形材料供給部を必要とする。さらにまた、既存の押出印刷ヘッドは、造形材料の押出を開始および停止するためにヒータおよび駆動モータの活性化および非活性化を必要とし、動作中に造形材料を押し出す精度を低下させるかまたは印刷ヘッドが造形材料の異なる配置を形成する速度を低下させる。したがって、3次元物体の形成プロセス中において押出印刷ヘッドを動作させるための押出印刷ヘッドおよび方法の改善が有益であろう。

30

【課題を解決するための手段】

【0005】

1つの実施形態において、マルチノズル押出印刷ヘッドを含む3次元物体プリンタを動作させる方法が開発されている。本方法は、3次元印刷物体の1つの層についての画像データを参照して受像面の所定領域の外形に対応する経路に沿った複数のノズルを含む印刷ヘッドと受像面との間の相対移動を発生させるようにアクチュエータをコントローラによって動作させることと、外形に対応する受像面上に押出材料のパターンを押し出すために印刷ヘッドにおける複数のノズルにおける少なくとも1つのノズルをコントローラによって活性化させることと、3次元印刷物体のうちの1つの層についての画像データを参照して外形に対応する押出材料のパターン内のスワスに対応する他の経路における印刷ヘッドと受像面との間の相対移動を発生させるようにアクチュエータをコントローラによって動作させることと、スワスに対応する受像面上に押出材料の他のパターンを同時に押し出すように印刷ヘッドにおける複数のノズルをコントローラによって活性化させることとを含む。

40

50

【0006】

他の実施形態において、マルチノズル押出印刷ヘッドを含む3次元物体プリンタが開発されている。3次元物体プリンタは、支持部材と、3次元物体の少なくとも1つの層を形成するために押出材料を押し出すように構成された複数のノズルを含む印刷ヘッドと、印刷ヘッドと支持部材との間の相対移動を発生させるように構成された少なくとも1つのアクチュエータと、3次元印刷物体についての複数の層に対応する画像データを記憶するように構成されたメモリと、印刷ヘッド、少なくとも1つのアクチュエータおよびメモリに動作可能に接続されたコントローラとを含む。コントローラは、3次元印刷物体の1つの層についての画像データを参照して受像面の所定領域の外形に対応する経路に沿った複数のノズルを含む印刷ヘッドと支持部材上に形成された受像面との間の相対移動を発生させるように少なくとも1つのアクチュエータを動作させ、外形に対応する受像面上に押出材料のパターンを押し出すために印刷ヘッドにおける複数のノズルにおける少なくとも1つのノズルを活性化させ、3次元印刷物体の1つの層についての画像データを参照して外形に対応する押出材料のパターン内のスワスに対応する他の経路における印刷ヘッドと受像面との間の相対移動を発生させるように少なくとも1つのアクチュエータを動作させ、スワスに対応する受像面上に押出材料の他のパターンを同時に押し出すように印刷ヘッドにおける複数のノズルを活性化させるように構成されている。

10

【0007】

複数のノズルを有する押出印刷ヘッドおよび押出機の上述した態様および他の特徴は、添付図面と関連した以下の詳細な説明において説明される。

20

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】図1は、マルチノズル押出印刷ヘッドを含む3次元物体プリンタの図である。

【図2A】図2Aは、第1の向きにおけるマルチノズル押出印刷ヘッドの図である。

【図2B】図2Bは、第2の向きにおける図2Aのマルチノズル押出印刷ヘッドの図である。

【図3】図3は、表面上の領域の周囲に押出材料の外形を形成するマルチノズル押出印刷ヘッドの図である。

【図4】図4は、表面上の押出材料の外形によって囲まれた領域に押出材料を塗布する図3のマルチノズル押出印刷ヘッドの図である。

30

【図5】図5は、2つの同心外形間の第1の距離を有する押出材料の2つの同心外形を形成するマルチノズル押出印刷ヘッドの図である。

【図6】図6は、2つの同心外形間の第2の距離を有する押出材料の2つの同心外形を形成する図5のマルチノズル押出印刷ヘッドの図である。

【図7】図7は、他のノズルによって形成された外側湾曲に対応するために1つのノズルによって形成された内側湾曲の構造の直線長さを増加させるために揺動運動によって押出材料の湾曲構造を形成するマルチノズル押出印刷ヘッドの図である。

【図8】図8は、印刷ヘッドにおける他のノズルによって形成された外側湾曲として同様の密度の押出材料によって内側湾曲を形成するために内側湾曲を形成するノズルの間欠動作を有する押出材料の湾曲した構造を形成するマルチノズル押出印刷ヘッドの図である。

40

【図9A】図9Aは、表面上の領域を埋めるように同時に動作するノズルのアレイの第1の部分に有するマルチノズル押出印刷ヘッドの図である。

【図9B】図9Bは、2つの線形スワスからのコーナーと押出材料の湾曲スワスとを形成するマルチノズル押出印刷ヘッドの図である。

【図10】図10は、表面上の領域を埋めるように同時に動作するノズルのアレイの第2の部分に有する図9Aのマルチノズル押出印刷ヘッドの図である。

【図11A】図11Aは、3次元物体プリンタにおけるマルチノズル押出機またはマルチノズル印刷ヘッド用の押出材料供給部およびディスペンサの概略図である。

【図11B】図11Bは、3次元物体プリンタにおけるマルチノズル押出機またはマルチノズル印刷ヘッド用の押出材料供給部およびディスペンサの他の実施形態の概略図である

50

。

【図 1 1 C】図 1 1 C は、3次元物体プリンタにおけるマルチノズル押出機またはマルチノズル印刷ヘッド用の押出材料供給部およびディスペンサの他の実施形態の概略図である

。

【図 1 1 D】図 1 1 D は、3次元物体プリンタにおけるマルチノズル押出機またはマルチノズル印刷ヘッド用の押出材料供給部およびディスペンサの他の実施形態の概略図である

。

【図 1 2 A】図 1 2 A は、3次元物体プリンタにおけるマルチノズル押出機またはマルチノズル印刷ヘッドの異なるノズルに複数の押出材料を供給する押出材料供給部およびディスペンサの概略図である。

10

【図 1 2 B】図 1 2 B は、3次元物体プリンタにおけるマルチノズル押出機またはマルチノズル印刷ヘッドの異なるノズルに複数の押出材料を供給する複数の押出材料供給部およびディスペンサの他の実施形態の概略図である。

【図 1 3 A】図 1 3 A は、溶融押出材料を格納しかつ3次元物体印刷動作中に溶融押出材料の押出を制御する弁によって1つ以上の出口に溶融押出材料を供給するためのチャンバを含むマルチノズル押出印刷ヘッドの概略図である。

【図 1 3 B】図 1 3 B は、単一の押出印刷ヘッドにおける異なるノズル用の開閉弁を示す図 1 3 A の押出印刷ヘッドにおけるノズルの他の概略図である。

【図 1 4】図 1 4 は、溶融押出材料を格納するためのチャンバ、複数のノズルに溶融押出材料を供給する流体出口、および、ブロックを制御するかまたは個々のノズルを介した押出材料の流れを可能とする弁のレイを含む他の押出印刷ヘッドの概略図である。

20

【図 1 5】図 1 5 は、マルチノズル押出印刷ヘッドの動作のためのプロセスのブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

本願明細書に開示された装置についての環境の一般的な理解ならびに装置の詳細のために、図面が参照される。図面において、同様の参照符号は、同様の要素を指している。

【0010】

本願明細書において使用される場合、用語「押出材料」は、押出印刷ヘッドにおける1つ以上のノズルが物体を形成するかまたは3次元物体プリンタの動作中に物体についての構造的サポートを提供する材料の層を形成するために放出する材料を指す。押出材料は、厳密に限定されるものではないが、3次元印刷物体の永続的部分を形成する「造形材料」と、印刷プロセス中に造形材料の部分をサポートするための一時的構造を形成しかつその後に必要なに応じて印刷プロセスの完了後に除去される「支持材料」との双方を含む。造形材料の例は、これらに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)、脂肪族もしくは半芳香族ポリアミド(ナイロン)、懸濁炭素繊維もしくは他の凝集材料を含むプラスチック、導電性ポリマ、他の熱可塑性樹脂、および、液体もしくは半液体の形態で押出印刷ヘッドのノズルを介して放出しかつその後耐久性のある3次元印刷物体を形成するために固化するのに適している任意の他の形態を含む。支持材料の例は、これらに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)および他の押出可能な材料を含む。いくつかの押出プリンタにおいて、押出材料は、「フィラメント」と称される材料の連続的な細長いストランドとして供給される。より一般的に、プリンタは、固体フィラメント、固体ペレットまたは固体粒状粉末などの固相の押出材料を受ける。押出材料フィラメントは、スプールまたは他の供給部から巻き取りかつ印刷ヘッド内のヒータに供給されるのに十分な可撓性を有する。ヒータは、押出材料フィラメントを溶融し、印刷ヘッドにおけるノズルは、3次元物体印刷動作中に押出材料を押し出す。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押出を可能とするために押出材料を軟化する押出材料についての温度の任意の上昇を指す。当業者は、特定の非晶質押出材料が真にプリンタ

30

40

50

の動作中に純粋な液体状態に移行しないことを認識するであろうものの、溶融押出材料はまた、ノズルを介した押出を可能とするために液化されるように言及される。

【0011】

本願明細書において使用される場合、用語「押出印刷ヘッド」または「印刷ヘッド」は、互換的に使用され、3次元印刷動作中に押出材料のスワスを形成するために単一の流体チャンバ内に押出材料を溶融しかつオンデマンド方法で複数のノズルに溶融した押出材料を供給するプリンタの要素を指す。以下により詳細に記載されるように、印刷ヘッドにおける弁アセンブリは、印刷動作中に異なる時点で押出材料を押し出すために複数のノズルの同時動作を可能とする。マルチノズル印刷ヘッドは、3次元物体印刷プロセス中に同時にまたは異なる時点で押出材料を押し出す2つ以上のノズルを組み込む。本願明細書において使用される場合、用語「ノズル」は、印刷ヘッドと受像面との間の相対移動の経路に対応する押出材料の押出パターンを形成するために3次元印刷動作中に液体または半液体の押出材料を押し出す押出印刷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、印刷ヘッドのプロセス経路に沿って溶融材料の略連続した直線状構造を押し出す。押出印刷ヘッドは、ノズルが押出材料を押し出す速度を制御し、以下により詳細に記載されるように、印刷ヘッドは、必要に応じて、ノズルから押出材料の放出を活性化または非活性化するための弁を含む。ノズルにおけるオリフィスの径は、押出材料の押出ラインの幅に影響を与える。異なる印刷ヘッドの実施形態は、狭いオリフィスが押出材料のより狭い構成を生成する一方で、押出材料のより広い構成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。以下により詳細に記載されるように、いくつかのマルチノズル押出印刷ヘッドの実施形態は、ノズルの線形1次元または2次元構造を含むプレートまたは他の平面部材を含む。複数のノズルのアレイを含む押出印刷ヘッドが以下により詳細に記載される。

10

20

【0012】

本願明細書において使用される場合、用語「圧力チャンバ」は、液化押出材料の供給部を保持しかつ3次元物体印刷動作中に印刷ヘッドにおける1つ以上のノズルに液化押出材料を供給する印刷ヘッドのハウジング内に形成されたキャビティを指す。圧力チャンバは、さらに、1つ以上のノズルが受像面上に押出材料を押し出す速度を制御するために液体押出材料において所定レベルの圧力を維持するように構成されている。いくつかの実施形態において、圧力チャンバの入口に接続された造形材料用の外部供給システムは、印刷ヘッドの動作中に圧力チャンバ内の所定の圧力レベルを維持するために圧力下で液化造形材料を供給する。以下により詳細に記載されるように、いくつかの押出印刷ヘッドは、弁を使用して個別ベースで活性化および非活性化される複数のノズルを含むことから、圧力チャンバは、活性化されたノズル数が印刷動作中に変化するときであっても印刷ヘッドにおける任意の活性化されたノズルが略一定速度で押出材料を押し出すように液化押出材料を供給する。

30

【0013】

本願明細書において使用される場合、用語「マルチノズル押出機」は、固体押出材料の供給をそれぞれ受ける2つ以上のノズルを介して押出材料を放出するプリンタにおける装置を指す。1つ以上のノズルに接続されているヒータは、押出材料が各ノズルを出るときに押出材料を溶融する。ローラまたはオーガなどの機械的コントローラは、印刷動作中に押出材料を供給するためにノズル内に固体押出材料を押圧する。印刷ヘッドとは異なり、マルチノズル押出機は、単一の流体チャンバから押出材料を複数のノズルに供給せず、個々のノズルの動作を活性化および非活性化するための弁アセンブリを含んでいない。

40

【0014】

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、押出材料の直線線形配置および押出材料の湾曲配置を含む。いくつかの構成において、印刷ヘッドは、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押出材料を押し出す一方で、他の構成において、印刷ヘッドは、線形または湾曲経路

50

に沿って配置された押出材料のより小さなグループ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デジタルコントローラは、押出材料の各配置を形成するために押出印刷ヘッドの動作前に押出材料の異なる配置に対応する画像データおよび印刷ヘッド経路データを特定する。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次元印刷動作中に複数のノズルを使用して押出材料の複数の配置を形成するようにマルチノズル押出印刷ヘッドの動作を調整する。

【0015】

本願明細書において使用される場合、用語「スワス」は、印刷ヘッドが領域周囲の外形を形成する押出材料の境界内の受像面の領域上に押し出す押出材料の直線または湾曲線形配置を指す。以下により詳細に記載されるように、印刷ヘッドは、3次元物体印刷動作中に押出材料の1つ以上の層を形成するために押出材料のスワスを形成するように2つ以上の押出ノズルを使用する。

10

【0016】

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、印刷ヘッドと印刷ヘッドにおける1つ以上のノズルからの押出材料を受ける受像面との間の相対移動の方向を指す。受像面は、造形製造プロセス中に3次元印刷物体また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、印刷領域において印刷ヘッドを移動させるが、代替のプリンタの実施形態は、印刷ヘッドが静止したままでプロセス方向における相対移動を生み出すように支持部材を移動させる。

20

【0017】

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、プロセス方向に対して垂直な軸を指す。プロセス方向およびクロスプロセス方向は、押出印刷ヘッドおよび押出材料を受ける表面の移動の相対経路を指す。いくつかの構成において、印刷ヘッドは、印刷ヘッドにおける隣接ノズル間のクロスプロセス方向における所定間隔でクロスプロセス方向に沿って延びるノズルのアレイを含む。以下により詳細に記載されるように、いくつかの構成において、プリンタは、印刷ヘッドにおけるノズルから押し出される押出材料の配置を分離する対応するクロスプロセス方向間隔を調整するために印刷ヘッドにおける異なるノズルを分離する有効なクロスプロセス方向間隔を調整するように押出印刷ヘッドを回転させる。

30

【0018】

以下に記載されるように、押出印刷ヘッドは、3次元物体印刷プロセス中に押出材料を受ける表面に対して直線および湾曲経路の双方に沿ってプロセス方向に移動する。さらに、プリンタにおけるアクチュエータは、必要に応じて、印刷ヘッドが押出材料の各配置間に所定間隔で押出材料の2つ以上の配置を形成するのを可能とするために印刷ヘッドにおけるノズルを分離する有効なクロスプロセス間隔を調整するようにZ軸まわりに印刷ヘッドを回転させる。押出印刷ヘッドは、印刷物体の層内における2次元領域の外壁を形成するように外周に沿っておよび押出材料によって2次元領域の全てまたは一部を埋めるように周囲内に沿って移動する。

40

【0019】

図1は、3次元印刷物体140を形成するために押出印刷ヘッドを動作させるように構成された3次元物体プリンタ100を示している。プリンタ100は、支持部材102と、マルチノズル押出印刷ヘッド108と、印刷ヘッド支持アーム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Z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1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つの層を形成する押出材料のパターンを押し出すように、XおよびY軸に沿って2次元平面(「X-Y平面」)における異なる位置に印刷ヘッド108を移動させる。例えば、図1において、X/Yアクチュエータ150は、Y軸に沿って移動するようにガイドレール113

50

に沿って支持アーム 112 および印刷ヘッド 108 を平行移動するとともに、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 の長さに沿って印刷ヘッド 108 を平行移動する。押し出されたパターンは、押出材料パターンの外形内の領域を埋める押出材料の層および押し出されたスワスにおける 1 つ以上の領域の外形の双方を含む。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ときに印刷ヘッド 108 におけるノズルが物体 140 上に押出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 軸に沿った印刷ヘッド 108 と支持部材 102 との間の距離を制御する。いくつかの印刷ヘッドの実施形態は、印刷プロセス中に回転を必要としないものの、Z アクチュエータ 154 は、印刷ヘッド 108 におけるノズル間の分離を制御するために Z 軸まわりに回転する印刷ヘッド 108 のいくつかの実施形態

10

について（図 1 において Z として参照される）Z 軸まわりの印刷ヘッド 108 の回転角度を制御する。以下により詳細に記載されるように、プロセス方向に対する印刷ヘッドの回転角度は、印刷動作時に印刷ヘッド 108 における複数のノズルによって押し出される押出材料の異なるセットを分離する間隔に影響を与える。プリンタ 100 において、X/Y アクチュエータ 150、Z アクチュエータ 154 および Z アクチュエータ 158 は、電気モータ、ステッピングモータまたは任意の他の適切な電気機械装置などの電気機械式アクチュエータとして具現化される。図 1 の例示的な実施形態において、3 次元物体プリンタ 100 は、押出材料の複数層から形成される 3 次元印刷物体 140 の形成中に示されている。

【0020】

支持部材 102 は、印刷プロセス中に 3 次元印刷物体 140 を支持するガラス板、ポリマ板または発泡体表面などの平面部材である。図 1 の実施形態において、Z アクチュエータ 158 はまた、印刷ヘッド 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押出材料の各層の塗布後に印刷ヘッド 108 から離れて Z 方向に支持部材 102 を移動させる。印刷ヘッド 108 は、複数のノズルを含み、各ノズルは、支持部材 102 の表面または物体 140 のような部分的に形成された物体の表面上に押出材料を押し出す。図 1 の例において、押出材料供給部 110 は、ABS プラスチックまたは印刷ヘッド 108 に押出材料を供給するためにスプールから包装を解く他の適切な押出材料フィラメントのスプールを含む。図 1 の例示的な実施形態において、単一の押出材料供給部 110 は、印刷ヘッド 108 におけるノズルのそれぞれに押出材料を供給する。以下により詳細に記載されている他の実施形態において、2 つ以上の押出材料供給部は、必要に応じて、マルチノズル印刷ヘッドにおける選択されたノズルに異なる種類または色の押出材料を供給する。

20

30

【0021】

支持アーム 112 は、支持部材と、印刷動作中に印刷ヘッド 108 を移動させる 1 つ以上のアクチュエータとを含む。プリンタ 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 および Y 軸に沿って支持アーム 112 および印刷ヘッド 108 を移動させる。例えば、アクチュエータ 150 の 1 つは、Y 軸に沿って支持アーム 112 および印刷ヘッド 108 を移動させる一方で、他のアクチュエータは、X 軸に沿って移動するように支持アーム 112 の長さに沿って印刷ヘッド 108 を移動させる。プリンタ 100 において、X/Y アクチュエータ 150 は、必要に応じて、直線または湾曲経路のいずれかに沿って同時に X および Y 軸の双方に沿って印刷ヘッド 108 を移動させる。コントローラ 128 は、印刷ヘッド 108 におけるノズルが支持部材 102 上または以前に形成された物体 140 の層上に押出材料を押し出すのを可能とする直線または湾曲経路の双方における印刷ヘッド 108 の移動を制御する。コントローラ 128 は、必要に応じて、X 軸または Y 軸に沿ったラスタライズ動作において印刷ヘッド 108 を移動させるが、以下に記載されるように、X/Y アクチュエータ 150 はまた、X-Y 平面内の任意の直線または湾曲経路に沿って印刷ヘッド 108 を移動させる。

40

【0022】

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・ブ

50

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）またはプリンタ100を動作させるように構成された任意の他のデジタル論理回路などのデジタル論理装置である。プリンタ100において、コントローラ128は、支持部材102、支持アーム112の移動および供給スピンドル146から取り込みスピンドル148へのロール144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、印刷ヘッド108における複数のノズルの動作を制御するために印刷ヘッド108に動作可能に接続されている。

【0023】

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）装置などの揮発性データ記憶装置、および、固体状態データ記憶装置、磁気ディスク、光ディスクなどの不揮発性データ記憶装置、または、任意の他の適切なデータ記憶装置を含む。メモリ132は、プログラミングされた命令データ134および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を形成しかつ物体140の1つ以上の表面に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ため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押出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。印刷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を使用して印刷ヘッド108の移動の経路を制御するためにかつZアクチュエータ154を使用して印刷ヘッド108の向きを制御するために処理する幾何学的形状データまたはアクチュエータ制御コマンドのセットを含む。コントローラ128は、印刷ヘッド108を移動させるようにアクチュエータを動作させ、3次元印刷物体140の各層における押出材料の配置を形成するように印刷ヘッド108における異なるノズルを活性化および非活性化する。

【0024】

図2Aおよび図2Bは、マルチノズル押出印刷ヘッド208の1つの実施形態を示している。印刷ヘッド208は、動作中に押出材料をそれぞれ押し出す3つの押出ノズル212、216および220を含む。単一の流体チャンバおよび弁アセンブリ（図示しない）は、印刷ヘッド208の動作中にノズル212、216および220を介した押出材料の流れを制御する。印刷ヘッド208において、ノズル212、216および220は、それぞれ、均一表面を有する印刷ヘッド面を形成する平面部材245を通る開口を形成する。以下により詳細に記載されるように、いくつかの実施形態において、印刷ヘッド208は、印刷ヘッド208が選択的にノズル212 - 220からの押出材料の押出を制御するのを可能とする弁を含む。プリンタ100において、コントローラ128は、3次元物体印刷プロセス中にノズル212 - 220のうちの1つ以上を動作させるように印刷ヘッド208に動作可能に接続されている。

【0025】

印刷ヘッド208において、ノズル212 - 220は、クロスプロセス方向軸CPに沿って隣接ノズル間に所定の分離間隔を有して直線的に配置されている。図2Aは、印刷ヘッド208における隣接ノズル間に最大クロスプロセス方向の分離を有してプロセス方向Pに沿って印刷ヘッド208が移動する構成における印刷ヘッド208を示している。図2Aにおいて、寸法線232は、ノズル212と216との間のクロスプロセス方向の分離を示している。図2Aの構成において、印刷ヘッド208における隣接ノズルは、クロスプロセス方向におけるノズル間の分離に対応する配置間に間隙を有する押出材料の押し出された配置を形成する。

【0026】

図2Bは、図2Aの向きからノズル間のクロスプロセス方向感覚を変化させる他の向きにおける印刷ヘッド208を示している。図2Bにおいて、印刷ヘッド208は、クロスプロセス方向CPに沿ってノズル212 - 220の相対位置を調整するために回転Zによって示されるようにZ軸まわりに回転される。プリンタ100において、コントローラ

10

20

30

40

50

128は、ノズル間のクロスプロセス方向間隔を調整するためにZ軸まわりに印刷ヘッド108を回転させるようにアクチュエータ154を動作させる。プロセス方向Pは、関連する印刷ヘッド、および、支持部材102または3次元印刷物体140の上面などの受像面の移動の相対方向を指すことから、クロスプロセス方向におけるノズル間の相対的な分離は、印刷ヘッドの移動の向きおよび相対方向の双方によって影響を受ける。再度図2Bを参照すると、印刷ヘッド208は、プロセス方向軸CPに対して回転される。図2Bにおいて、より狭いクロスプロセス方向間隔252は、図2Aの向きと比較してノズル212および216を分離する。

【0027】

図2Aおよび図2Bは、印刷ヘッド208の2つの向きを示している。より一般的には、プロセス方向における移動時の印刷ヘッド208における任意の2つのノズル間の距離は、以下の式を使用して表される： $D_{CP} = M(\cos(\theta))$ 。ここで、Mは、印刷ヘッドにおけるノズルの大きさおよび配置の物理的パラメータである2つのノズル間の最大クロスプロセス方向の分離であり、 θ は、印刷ヘッドが同様に他の角度に回転することができるものの、プロセス方向軸($\theta = 0$)およびプロセス方向軸($\theta = 1/2$)に対するZ軸まわりの回転角度を指す。

10

【0028】

上述したように、プリンタ100におけるマルチノズル印刷ヘッド108は、単一の押出材料供給部110から押出材料を受ける。3次元物体プリンタ100における印刷ヘッド108の内側にまたは印刷ヘッド108の外側に配置される押出材料ディスペンサは、プリンタ100の動作中に押出材料供給部110から印刷ヘッド108におけるノズルに押出材料を供給する。

20

【0029】

図11Aは、押出材料供給部におけるスプール1102から押出材料1108のフィラメントを受ける押出材料ディスペンサ1120の1つの実施形態を示している。ディスペンサ1120は、図11Aに示されているマルチノズル押出機における異なるノズルを提供する複数のチャンネルのいずれかに押出材料を供給するか、または、以下に示される図11Dの実施形態においてより詳細に示されている印刷ヘッドにおける単一の流体チャンバに押出材料を供給する。図11Aにおいて、ディスペンサ1120は、押出材料フィラメントおよびディスク1121を受けるガイドローラ1140または押出材料フィラメントを受ける入口開口1122および押出材料を分配する出口開口1124を有する他の回転部材を含む。ディスペンサ1120はまた、入口1122と出口1124との間のガイドローラ1142と、固定位置カッター1132とを含む。ガイドローラ1140および1142は、異なる時間でのディスペンサ1120を介して押出材料供給部1102からマルチノズル押出機における異なるチャンネルへのフィラメント1108の移動を制御するアクチュエータに動作可能に接続されている。

30

【0030】

ディスペンサ1120は、マルチノズル押出機に配置されているチャンネルおよびノズル1136などのマルチノズルの押出機における個々のノズルへのフィラメントの供給部に押出材料を供給する。出口開口1124は、1つのチャンネルにフィラメントの一部を供給するように一度に1つのチャンネルと並んでいる。ディスペンサにおけるアクチュエータは、2つ以上のチャンネルを使用して単一の押出材料供給部からマルチノズル押出機における2つ以上のノズルにフィラメントの異なるセグメントを供給するために異なる時間に異なるチャンネルと並べて出口1124を移動させる。例えば、チャンネル1128は、押出材料フィラメントの一部を受け、ノズル1136にフィラメントを供給し、ディスペンサは、異なるノズルに押出材料を供給するために他のチャンネルと並べて出口1124を移動させる。図11Aから図12Bにおける図を簡素化するために、それらがローラ1146に到達したときに停止するガイドチャンネル1128が示されているが、ガイドチャンネル1128は、ローラ1146および1147を超えて延在し、いくつかのディスペンサの実施形態における溶融装置1136に係合することに留意されたい。

40

50

【0031】

図11Aにおいて、ローラ1144および1146は、ノズル1136へのチャンネル1128を介したフィラメントの移動を制御する。図11Aにおいて、ノズルのそれぞれは、受像面上への溶融した押出材料の押出のために各ノズルの出口付近のフィラメントにおける押出材料を溶融するヒータを含むものの、他の実施形態においては、単一のヒータがマルチノズル押出機におけるノズルのそれぞれについての押出材料を溶融する。

【0032】

動作中において、押出材料供給部は、ディスペンサ1120に押出材料フィラメント1108の所定の長さを供給する。例えば、1つの構成において、ディスク1121は、入口1122から出口1124まで延在するフィラメントの長さを受ける。ディスペンサにおけるアクチュエータは、図11Aの実施形態における固定位置を占めるカッター1132と接触してフィラメントを移動させるようにディスク1121を回転させる。カッター1132は、押出材料供給部におけるフィラメント1108の残りの部分からディスク1121の内側であるフィラメントの部分に分離する。いくつかの構成において、ディスク1121の回転は、フィラメントを切断するためにカッター1132における固定刃に対してフィラメントを駆動する。そして、アクチュエータは、マルチノズル押出機における1つのノズルに対応するチャンネルの1つと出口1124においてフィラメントを並べるようにディスク1121を回転させる。例えば、図11Aにおいて、ディスク1121は、チャンネル1128の開口と切断したフィラメントの部分を並べるように出口1124を回転させる。ディスク1121におけるローラ1142は、ローラ1144および1146がノズル1136へのフィラメントの移動を制御するためにフィラメントと係合するチャンネル1128内にフィラメントの切断部分を移動させるように回転する。ディスペンサ1120において、アクチュエータは、他のチャンネルおよびマルチノズル押出機におけるノズルについての追加のフィラメントを受けるためにローラ1140においてフィラメントの自由端と並ぶようにディスク1121における入口1122を戻す。他の実施形態において、ディスペンサは、必要に応じて、2つ以上の押出材料供給部から異なる種類の造形材料を受ける。アクチュエータは、ディスペンサ1120の動作中の異なる時間に複数の供給部からの押出材料のセグメントを受けるように供給する異なる押出材料供給部の出口と並べてディスク1121における入口1122を移動させる。動作中において、コントロール128は、マルチノズル押出機におけるノズルのそれぞれについての1つ以上の押出材料供給部からの押出材料の供給を維持するようにディスペンサ1120を動作させる。

10

20

30

【0033】

図11Bは、ディスペンサ1120の他の構成を示している。図11Bにおいて、ディスペンサ1120は、出口1124に近接したディスク1121に搭載されているカッター1133を含む。アクチュエータ1134は、ディスペンサ1120が出口1124を介して図11Bにおけるチャンネル1128および1129などのチャンネルの1つに所定の長さのフィラメントを移動させた後にフィラメントを切断するためにカッター1133を移動させる。ローラ1146および1147などのチャンネルのそれぞれにおけるローラは、ディスペンサ1120からフィラメントを受け、マルチノズル押出機における対応するノズルへのフィラメントの移動を制御する。図11Bの構成において、カッター1133がフィラメント1108の残りの部分から各ノズルに供給されるフィラメントの部分に分離した後、フィラメントは、ディスク1121内の導管に残る。

40

【0034】

図11Cは、ディスペンサ1164の他の実施形態を示している。ディスペンサ1164は、マルチノズル押出機におけるノズルにフィラメントを供給するマルチノズル押出機におけるチャンネルと出口1124を並べるように入口1122および出口1124を有する導管1162を回動させる回動部材1122を含む。動作中において、回動部材1122は、チャンネルの1つの開口と並べるように導管1162の出口を移動させ、ディスペンサ1164は、マルチノズル押出機におけるノズルの1つに押出材料を供給するために供

50

給部 1 1 0 2 からチャンネルへとフィラメント 1 1 0 8 を移動させる。アクチュエータ 1 1 3 4 は、供給部における残りのフィラメントからマルチノズル押出機のチャンネルに供給されたフィラメントを分離するためにカッター 1 1 3 3 を動作させ、ディスペンサは、マルチノズル押出機におけるノズルについてのチャンネルに押出材料を供給する動作を継続する。図 1 1 C において、ローラ 1 1 4 0 および 1 1 4 2 は、ディスペンサ 1 1 6 4 を介した押出材料フィラメント 1 1 0 8 の移動を制御する。ローラ 1 1 4 6 および 1 1 4 7 などのマルチノズル押出機におけるローラは、それぞれ、チャンネル 1 1 2 8 およびノズル 1 1 3 6 などの対応するノズルへのチャンネルを介したフィラメントの移動を制御する。

【 0 0 3 5 】

図 1 1 D は、ディスペンサ 1 1 7 2 の他の実施形態を示している。図 1 1 D において、ディスペンサ 1 1 7 2 は、入口 1 1 2 2、出口 1 1 2 4 およびガイドローラ 1 1 4 2 を有する移動部材 1 1 6 6 を含む。ディスペンサ 1 1 7 2 におけるアクチュエータは、ガイドローラ 1 1 4 0 を通過する押出材料供給部 1 1 0 2 からのフィラメント 1 1 0 8 と入口 1 1 2 2 を並べるように直線経路に沿って部材 1 1 6 6 を移動させる。アクチュエータはまた、ノズル 1 1 3 6 にフィラメントを供給するチャンネル 1 1 2 8 などの複数のチャンネルのそれぞれにおける開口と出口 1 1 2 4 を並べるように直線経路に沿って部材 1 1 6 6 を移動させる。ディスペンサ 1 1 7 2 は、固定位置に配置されたカッター 1 1 3 2 を含む。部材 1 1 6 6 は、フィラメント 1 1 0 8 の一部を受け、アクチュエータは、押出材料供給部 1 1 0 2 におけるフィラメントの残りの部分からの部材 1 1 6 6 におけるフィラメントの部分と分離するためにカッター 1 1 3 2 と接触して部材 1 1 6 6 およびフィラメントを移動させる。

【 0 0 3 6 】

図 1 2 A は、単一のマルチノズルの押出機における異なるノズルに 2 つの異なる種類の押出材料を供給する 2 つのディスペンサを示している。図 1 2 A は、ディスペンサ 1 2 2 0 および 1 2 2 4 を含む。ディスペンサ 1 2 2 0 は、第 1 の押出材料供給部 1 2 0 2 からの第 1 の押出材料 1 2 0 8 を受け、ディスペンサ 1 2 2 4 は、第 2 の押出材料供給部 1 2 0 4 からの第 2 の押出材料 1 2 1 2 を受ける。代替構成は、図 1 1 A - 図 1 1 D における実施形態のいずれかからの 2 つ以上のディスペンサを含むものの、ディスペンサ 1 2 2 0 および 1 2 2 4 のそれぞれは、図 1 1 B のディスペンサ 1 1 2 0 に対して構成が類似している。動作中において、第 1 のディスペンサ 1 2 2 0 は、図 1 2 B の例におけるチャンネル 1 2 2 8 およびノズル 1 2 3 6 などのマルチノズル押出機におけるチャンネルおよび対応するノズルの第 1 の部分に第 1 の押出材料を供給する。マルチノズル押出機におけるヒータは、押出材料がノズルに接近しかつ活性化したノズルのうちの 1 つ以上が受像面上に溶融した押出材料を押し出すのにもない押出材料を溶融する。第 2 のディスペンサ 1 2 2 4 は、チャンネル 1 2 3 2 およびノズル 1 2 3 8 などのマルチノズル押出機におけるチャンネルおよびノズルの第 2 の部分に第 2 の押出材料供給部 1 2 0 4 からの第 2 の押出材料 1 2 1 2 を供給する。

【 0 0 3 7 】

図 1 2 B は、マルチノズル押出機におけるノズルに 2 つの種類の押出材料を供給する複数のディスペンサの他の実施形態を示している。図 1 2 B において、2 つのディスペンサ 1 2 6 6 および 1 2 6 8 は、それぞれ、押出材料供給部 1 2 0 2 および 1 2 0 6 からの 2 つの種類の押出材料を受け、それぞれ、所定の経路に沿って直線的に移動する単一の部材から形成されている。動作中において、ディスペンサ 1 2 6 6 は、押出材料供給部 1 2 0 2 からの押出材料 1 2 0 8 の一部を受け、ディスペンサ 1 2 6 8 は、押出材料供給部 1 2 0 6 からの押出材料 1 2 1 2 の一部を受け、アクチュエータは、カッター 1 2 3 1 によって押出材料 1 2 0 8 のフィラメントを切断しかつカッター 1 2 3 3 によって押出材料 1 2 1 2 のフィラメントを切断するために 2 つの直線方向にディスペンサ 1 2 6 6 および 1 2 6 8 を移動させる。そして、ディスペンサ 1 2 6 6 および 1 2 6 8 は、押出マルチノズル押出機におけるノズルの異なる部分に関連付けられたチャンネルと押出材料のフィラメントを並べるように移動させる。例えば、図 1 2 B において、ディスペンサ 1 2 6 6 は、押出材

料 1 2 0 8 のフィラメントを分配するためにチャンネル 1 2 2 8 およびノズル 1 2 3 6 と並べてフィラメントを移動させる。アクチュエータは、押出材料 1 2 1 2 のフィラメントを分配するためにチャンネル 1 2 3 2 およびノズル 1 2 3 8 と並べてディスペンサ 1 2 6 8 を並べるように直線経路に沿ってディスペンサ 1 2 6 6 および 1 2 6 8 を移動させる。図 1 2 B の実施形態は、そうでない場合は図 1 1 D のディスペンサ 1 1 7 2 と類似している 2 つのディスペンサ 1 2 6 6 および 1 2 6 8 を含む。代替実施形態において、単一のディスペンサは、2 つ以上のスプールから押出材料を受け、マルチノズル押出機における異なるノズルについて選択されたチャンネルに異なる押出材料を分配する。さらに、単一の回転ディスペンサは、必要に応じて、適切な位置で単に停止することによって複数の材料スプールから材料を受け、複数のチャンネルおよび溶融装置に材料を分配する。

10

【 0 0 3 8 】

図 1 2 A および図 1 2 B の実施形態は、3次元物体プリンタが単一のマルチノズル押出機における異なるノズルに複数の種類の押出材料を供給するのを可能とする。例えば、いくつかの3次元印刷物体は、複数の色の押出材料を使用して形成され、図 1 2 A および図 1 2 B のディスペンサ構成は、マルチカラー物体を形成するためにノズルの第 1 の部分が第 1 の色を有する押出材料を押し出すのを可能としかつノズルの第 2 の部分が第 2 の色を有する押出材料を押し出すのを可能とする。他の実施形態において、3次元物体プリンタは、3次元印刷物体における異なる構造を形成するために 2 つの異なる種類の押出材料を使用し、ディスペンサは、単一の押出マルチノズル押出機が複数の種類の押出材料を使用して物体を形成するのを可能とするために選択されたノズルに異なる種類の押出材料を供給する。

20

【 0 0 3 9 】

1 つの構成において、各ディスペンサは、略等量の押出材料を使用する印刷動作のためにマルチノズル押出機において利用可能なノズルのうちの半分に 1 つの種類の押出材料を供給する。しかしながら、他の構成において、ディスペンサは、ノズルのより大きな部分に 1 つの種類の押出材料を供給するとともに、1 つのノズルまたはより少数のノズルは、第 2 の種類の押出材料を受ける。例えば、1 つの構成において、ディスペンサは、マルチノズル押出機におけるほとんどのノズルに物体の内部容積の大部分を形成する押出材料を供給するとともに、より少数のノズルは、物体の外観の一部を形成する他の種類の押出材料を受ける。さらに、ノズルが対応するチャンネルにおける 1 つの種類の押出材料の供給を尽くした後、ディスペンサは、必要に応じて、1 つのノズルが 3次元物体印刷動作中の異なる時間に異なる種類の押出材料を押し出すのを可能とするためにチャンネルに異なる種類の押出材料を供給する。

30

【 0 0 4 0 】

図 1 1 A - 図 1 1 D および図 1 2 A - 図 1 2 B は、フィラメントの移動を制御するために様々なローラのセットを使用する押出材料ディスペンサを示しているが、これらの図は、ローラのいくつかの構成の単なる例にすぎない。代替実施形態は、チャンネルを介したノズルへのフィラメントの移動を制御するガイドローラの 1 つ以上のセットを含む。具体的には、ディスペンサは、最小長さを有する押出材料のフィラメントを切断し、フィラメントがディスペンサまたはマルチノズル押出機におけるチャンネル内にとどまらないのを確実にするためにローラを配置する。

40

【 0 0 4 1 】

図 1 2 A および図 1 2 B は、1 つ以上のマルチノズル押出機におけるノズルに 2 つの異なる押出材料を供給するディスペンサを示しているが、他の実施形態は、マルチノズル押出機に 3 種類以上の押出材料を供給するために追加のディスペンサおよび押出材料供給部を含む。3次元物体プリンタは、受像面上に押出材料のパターンを形成するために図 1 に示される印刷ヘッド 1 0 8 と同様にマルチノズル押出機を組み込む。さらに、本願明細書に記載されたディスペンサはまた、押出印刷ヘッドにおける複数のノズルに液化押出材料を供給するヒータおよび圧力チャンバアセンブリに押出材料を供給することができる。図 1 1 D に示されるように、ディスペンサ 1 1 7 2 は、代替的に、押出印刷ヘッドにおける

50

1つ以上のノズル1192についての圧力チャンバ1190に押出材料を供給するためにローラ1184および溶融装置アセンブリ1186に押出材料を供給する。ディスペンサ1172は、3次元物体プリンタ内の2つ以上の印刷ヘッドに押出材料を供給する。印刷ヘッドのそれぞれは、ディスペンサ1172の出口1124または本願明細書に記載された他のディスペンサのいずれかの対応する出口から押出材料を受けるローラ1184およびヒータ1186を有する入口を含む。動作中において、ディスペンサは、2つの印刷ヘッドを含むプリンタの構成における第1の印刷ヘッドおよび第2の印刷ヘッドなど、異なる印刷ヘッドの入口に押出材料フィラメント1108の部分を供給する。図11Dに示される構成はまた、図11A - 図11Dおよび図12A - 図12Bにおいて本願明細書に開示された他のディスペンサの実施形態のいずれかとともに使用するのに適している。

10

【0042】

図13Aおよび図13Bは、1つ以上のノズルを介した液化押出材料の押出を制御するために圧力チャンバおよび少なくとも1つの弁を含む押出印刷ヘッド1300の実施形態を示している。印刷ヘッド1300は、プリンタ100および押出印刷ヘッドを使用する他の3次元物体プリンタにおける使用に適している印刷ヘッド108の1つの実施形態である。印刷ヘッド1300は、駆動ローラ1342を介して溶融装置アセンブリ1312に供給される押出材料フィラメント1308を溶融する溶融装置アセンブリ1312と、圧力チャンバ1320、少なくとも1つのノズル1326、少なくとも1つの弁部材1330、弁シール1344および少なくとも1つのアクチュエータ1336を含むハウジング1304とを含む。

20

【0043】

図13Aの実施形態において、溶融装置アセンブリ1312は、ステンレス鋼から形成され、流体チャンネル1318において押出材料1308のフィラメントを溶融する電気抵抗加熱素子などの1つ以上の加熱素子1316を含む。溶融装置アセンブリ1312は、固体フィラメント1308などの固相の押出材料、または、代替実施形態において固相の粉末化もしくはペレット化された押出材料を受ける。溶融装置アセンブリ1312は、押出材料を溶融するヒータ1316に押出材料を供給して溶融した押出材料を圧力チャンバ1320に供給するためにチャンネルを介した固相押出材料の移動を制御する。駆動ローラ1342によって入口に近接した流体チャンネル1318において固体のままである押出材料の一部は、圧力チャンバ1320への接続以外の開口から液化押出材料が溶融装置アセンブリを出るのを防止する流体チャンネル1318におけるシールを形成する。図13Aの例において、駆動ローラ1342は、圧力チャンバ1320内の押出材料の供給を維持するために溶融装置アセンブリ1312内に押出材料1308の部分を移動させる。流体チャンネル1318は、ハウジング1304内に形成される圧力チャンバ1320に流体的に結合されている。圧力チャンバ1320は、溶融した押出材料を受け、ハウジング1304内の追加の加熱素子1316は、ハウジング1304内に液化状態で押出材料を保持するために圧力チャンバ1320内の上昇した温度を維持する。いくつかの実施形態において、断熱材は、圧力チャンバ1320内の高温を維持するためにハウジング1304の外部を被覆する。

30

【0044】

図13Aは、溶融装置アセンブリ1312内へのフィラメント1308の移動を制御するために電気機械式アクチュエータおよび駆動ローラ1342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、押出材料が溶融して圧力チャンバ内に流れる溶融装置アセンブリ内への固相の押出材料の移動を制御するために回転オーガまたはスクリューを動作させるように1つ以上のアクチュエータを使用する。例えば、回転オーガまたはスクリューは、押出材料の粉末またはペレットなどの固相の押出材料を溶融装置チャンネル1318内に移動させる。より一般的には、溶融装置アセンブリ1312は、押出材料の移動を制御する機械的駆動部材と、印刷ヘッドにおいて押出材料を移動させて押出材料の供給を維持するための駆動部材を動作させる電気モータなどの1つ以上のアクチュエータとを含む。

40

50

【 0 0 4 5 】

圧力チャンバ 1 3 2 0 内の流体圧力を所定のレベルに維持するために、コントローラ 1 2 8 は、圧力チャンバ 1 3 2 0 内の溶融した押出材料の供給を維持するために供給速度を調整する。いくつかの構成において、コントローラは、押出材料の押出を可能とするように開放される弁アセンブリ 1 3 2 6 における弁の数または圧力チャンバ 1 3 2 0 内で検知された流体圧力レベルに基づいて供給速度を調整する。他の実施形態において、直流モータは、駆動ローラ 1 3 4 2 の回転を制御し、コントローラ 1 2 8 は、材料押出中に予め定義されたレベルにモータおよびローラについてのトルクレベルを維持するために直流モータに供給される電流レベルを調整する。略一定レベルのトルクにおける直流モータの動作は、圧力チャンバ内の圧力の制御されたレベルを提供するとともに、システムにおける開放したノズル数の変化の自動補償を提供する。

10

【 0 0 4 6 】

印刷ヘッド 1 3 0 0 において、圧力チャンバ 1 3 2 0 は、1つ以上の出口ノズル 1 3 2 6 に流体的に結合されている。図 1 3 A および図 1 3 B の例示的な実施形態において、ノズル 1 3 2 6 は、圧力チャンバ 1 3 2 0 に直接結合されているものの、代替実施形態は、必要に応じて、圧力チャンバとノズル出口との間により長い流体経路を含む。押出材料の押出を制御するために、コントローラ 1 2 8 は、ノズル 1 3 2 6 を開閉するように弁アクチュエータ 1 3 3 6 および弁部材 1 3 3 0 を動作させる。印刷ヘッド 1 3 0 0 において、弁シール 1 3 4 4 は、任意の液化押出材料がノズル 1 3 2 6 以外の任意の開口を介して圧力チャンバ 1 3 2 0 から出るのを防止しつつ、弁部材 1 3 3 0 が圧力チャンバ 1 3 2 0 の外壁を通過しかつ圧力チャンバ 1 3 2 0 内で移動させるのを可能とする。

20

【 0 0 4 7 】

印刷ヘッド 1 3 0 0 の動作中において、圧力チャンバ 1 3 2 0 からの液化押出材料は、出口が圧力チャンバ 1 3 2 0 に流体的に結合されかつ弁部材 1 3 3 0 のいずれかによって遮断されていないときにノズル出口 1 3 2 6 のいずれかを介して押し出す。弁部材 1 3 3 0 のそれぞれは、例えば、圧力チャンバ 1 3 2 0 と印刷ヘッド 1 3 0 0 における対応するノズル 1 3 2 6 との間の流体開口の形状および大きさに適合する丸いまたは面取りされた端部を有する細長いアルミニウムまたは鋼鉄ピンである。各弁部材 1 3 3 0 は、印刷ヘッド 1 3 0 0 における単一のノズル 1 3 2 6 と並んでいる。アクチュエータ 1 3 3 6 は、印刷ヘッド 1 3 0 0 からの押出材料の押出を制御するためにノズル 1 3 2 6 を介して流体経路を開閉するように弁部材 1 3 3 0 を移動させる。印刷ヘッド 1 3 0 0 において、電気機械式アクチュエータ 1 3 3 6 は、電流に応じて電磁力を介して弁部材 1 3 3 0 を移動させる電磁式アクチュエータである一方で、他の実施形態において、電気機械式アクチュエータは、電流に応じて部材を移動させるために機械力を発生する圧電式アクチュエータである。印刷ヘッド 1 3 0 0 において、電気機械式アクチュエータ 1 3 3 0 は、圧力チャンバ 1 3 2 0 の外側に配置され、圧力チャンバ 1 3 2 0 および溶融装置アセンブリ 1 3 1 2 から熱的に分離される。アクチュエータ 1 3 3 6 は、圧力チャンバ 1 3 2 0 および溶融装置アセンブリ 1 3 1 2 よりも低温で動作してアクチュエータの信頼性および動作寿命を向上させる一方で、細長い弁部材 1 3 3 0 は、弁シール 1 3 4 4 を介して印刷ヘッド 1 3 0 0 の高温領域に延在している。アクチュエータ 1 3 3 6 は、圧力チャンバ 1 3 2 0 内の少なくとも2つの位置間で弁部材 1 3 3 0 を移動させる。第1の位置において、弁部材 1 3 3 0 は、押出材料の流れを遮断してノズルを効果的に「非活性化」するために対応するノズル 1 3 2 6 を介した押出材料の流れを遮断する。

30

40

【 0 0 4 8 】

図 1 3 B は、印刷ヘッド 1 3 0 0 におけるノズルおよび弁部材の選択を示している。図 1 3 B において、弁部材 1 3 3 0 A は、弁部材 1 3 3 0 A が圧力チャンバ 1 3 2 0 とノズル 1 3 2 6 A との間の流体開口に係合する第1の位置に配置されている。弁部材 1 3 3 0 B および 1 3 3 0 C は、圧力チャンバ 1 3 2 0 内の第2の位置にそれぞれ配置され、これらの弁部材は、ノズル 1 3 2 6 B および 1 3 2 6 C の流体開口からそれぞれ除去される。圧力チャンバ 1 3 2 0 内で加圧されて溶融した押出材料は、印刷動作中に出口ならびに対

50

応するノズル 1 3 2 6 B および 1 3 2 6 C を流れる一方で、弁部材 1 3 3 0 A および 1 3 3 0 B は、図 1 3 B の第 2 の位置に残る。印刷動作中において、アクチュエータ 1 3 3 6 は、印刷ヘッド 1 3 3 0 における選択されたノズルを介した押出材料の押出を無効または有効とするために、それぞれの第 1 および第 2 の位置の間で弁部材 1 3 3 0 A - 1 3 3 0 C を含む弁部材 1 3 3 0 を移動させる。プリンタ 1 0 0 において、コントローラ 1 2 8 は、印刷動作中に押出材料の押出を制御するためにアクチュエータ 1 3 3 6 を動作させる。コントローラ 1 2 8 は、印刷ヘッド 1 3 3 0 が 3 次元印刷物体の各層を形成するためにプロセス方向に移動するのにもない、印刷ヘッド 1 3 3 0 におけるノズルの全てまたは選択された部分を使用して押出材料の配置を形成するようにアクチュエータ 1 3 3 6 を制御する。

10

【 0 0 4 9 】

ノズルアレイ 1 3 2 6 は、平面部材 1 3 4 0 を介して形成されたノズル開口を含む。図 1 3 A および図 1 3 B の実施形態において、平面部材 1 3 4 0 は、必要に応じてポリテトラフルオロエチレンなどの低表面エネルギー材料によって被覆された外面を有する金属板である。他の実施形態において、平面部材 1 3 4 0 は、ハウジング 1 3 0 4 の一部から形成され、代替実施形態は、セラミックまたは適切な機械的かつ熱的特性を有する他の材料から部材を形成する。平面部材 1 3 4 0 は、活性化されたノズル 1 3 2 6 が印刷動作中に押出材料を押し出す滑らかな表面を提供する。他の実施形態において、平面部材は、ノズル間に形成された溝または他の特徴を含むか、または、ノズルのそれぞれは、別個の隆起した平面部材を介して形成される。平面部材 1 3 4 0 はまた、印刷ヘッドハウジング 1 3 0 4 におけるヒータ 1 3 1 6 からの熱の一部を受ける。

20

【 0 0 5 0 】

いくつかの動作モードにおいて、印刷ヘッド 1 3 0 0 は、受像面に近接して配置されており、液化押出材料は、印刷動作中に平面部材 1 3 4 0 と受像面との間に薄層を形成する。例えば、図 1 3 B は、例示の目的のために図 1 の 3 次元印刷物体 1 4 0 の上面として示されている受像面上に活性化されたノズル 1 3 2 6 B および 1 3 2 6 C から押し出す押出材料 1 3 4 8 の配置を示している。図 1 3 B において、押し出された押出材料 1 3 4 8 は、物体 1 4 0 の表面と平面部材 1 3 4 0 の表面との間の間隙を埋める。加熱された平面部材 1 3 4 0 は、押し出された押出材料 1 3 4 8 を滑らかにし、押出材料 1 3 4 8 が短期間液化されたままとするのを可能とするとともに、2 つ以上のノズルを同時に動作させながら、印刷ヘッド 1 3 0 0 および平面部材 1 3 4 0 は、押出材料のスワスを形成するためにプロセス方向に沿って移動する。平面部材 1 3 4 0 はまた、印刷ヘッド 1 3 0 0 の面においてノズル間の過剰な押出材料の望ましくない蓄積を防止する。互いに近接して配置された押出材料の配置は、ノズル 1 3 2 6 B および 1 3 2 6 C から押し出された押出材料のマージされた配置を含む押出材料 1 3 4 8 の配置など、略連続的な配置を形成するためにマージすることができる。

30

【 0 0 5 1 】

いくつかの印刷ヘッドの構成において、押出印刷ヘッドにおける 2 つ以上のノズルは、印刷ヘッドが湾曲経路に沿って移動するかまたはプロセス方向経路の直線セグメント間のコーナーを形成するときなど、プロセス方向において部分的にまたは完全に互いに重複することができる。ノズルは、そうでなければ単一のノズルが不均一な厚さを有する 3 次元印刷物体の層を生成するであろう押出材料を押し出す他の領域よりも厚い層を形成するであろう押出材料の重複した配置を押し出す。しかしながら、印刷ヘッド 1 3 0 0 において、平面部材 1 3 4 0 は、複数のノズルが押出材料の重複する配置を押し出す領域であっても均一な厚さを有する押出材料の配置を生成するために押出材料の重複した配置を広げて滑らかにする。

40

【 0 0 5 2 】

図 1 4 は、少なくとも 1 つのノズルを介して押し出される液化押出材料を格納する圧力チャンバを含む押出印刷ヘッド 1 4 0 0 の他の実施形態を示している。印刷ヘッド 1 4 0 0 は、プリンタ 1 0 0 および押出印刷ヘッドを使用する他の 3 次元物体プリンタにおける

50

使用に適している印刷ヘッド108の他の実施形態である。マルチノズル押出印刷ヘッド1400は、圧力チャンバ1420から個々のノズル1426への押出材料の流れを制御する単一の圧力チャンバ1420および弁アセンブリ1430にそれぞれ流体的に結合されている複数のノズル1426を含む。図14において、弁アセンブリ1430は、線1450に沿ってとられた断面図においてより詳細に示されており、圧力チャンバ1420およびノズル1426は、線1454に沿ってとられた他の断面図においてより詳細に示されている。

【0053】

印刷ヘッド1400は、押出材料の単一の供給部から押出材料を受けよう構成された圧力チャンバ1420と、弁アセンブリ1430とを含む。印刷ヘッド1400は、押出印刷ヘッド1400における複数のノズル1426と圧力チャンバを結合する個々の流体導管を介した押出材料の流れを有効または無効とする複数の弁を含む圧力チャンバ1420を形成するハウジング1404を含む。

10

【0054】

押出印刷ヘッド1400において、ハウジング1404は、押出材料1408が圧力チャンバ1420に入るのを可能とする開口1410を含む。ハウジング1404は、必要に応じて、印刷ヘッド1400が非活性化時に圧力チャンバ1420の過熱を防止しかつ印刷ヘッド1400の冷却を制御する一体化されたまたは外部に取り付けられたヒートシンク(図示しない)を含む。図14の例示的な実施形態において、押出材料1408は、押出材料供給部1402からの固体ABSプラスチックまたは他の適切な押出材料のフィラメント1408である。

20

【0055】

ハウジング1404は、チャンバ1420内に溶融した押出材料の液体容器を形成するために圧力チャンバ1420を加熱して固体の押出材料1408を溶融する電気抵抗ヒータなどの1つ以上のヒータ1412を含む。ローラ1442などの1つ以上のローラは、押出印刷ヘッド1404における圧力チャンバ1420内の押出材料1408のフィラメントについての供給速度を制御するアクチュエータを含む。コントローラ128は、押出材料の押出を可能とするために開放される弁アセンブリ1430における弁の数、圧力チャンバ1420内で検知された流体圧力レベル、または、印刷ヘッド1404が受像面上に押し出す押出材料の予想量に基づいて、圧力チャンバ1420内の溶融した押出材料の供給を維持するために供給速度を調整する。印刷ヘッド1404と受像面との間の3次元容積は、コントローラ128が必要に応じて動作中に活性化されたノズルの数に基づいて特定する押出材料の所定のパターンによって被覆された側面積と、印刷ヘッド1404の面と受像面との間のZ軸距離とに依存する。他の実施形態において、コントローラ128は、プロセス方向における印刷ヘッドと受像面との間の相対移動の速度に基づいてフィラメントの供給速度を調整する。他の実施形態において、直流電気モータは、フィラメント駆動ローラを駆動し、直流モータへの電流は、材料押出中に予め定義されたレベルにモータおよびローラについてのトルクレベルを維持するように制御される。略一定レベルのトルクにおける直流モータの動作は、圧力チャンバ内の圧力の制御されたレベルを提供するとともに、システムにおける開放したノズル数の変化の自動補償を提供する。

30

40

【0056】

押出印刷ヘッド1400は、ノズルアレイ1426における複数のノズルに押出材料の単一の供給部を連結している。ハウジング1404における複数の流体出口は、ノズル1426と流体連通して圧力チャンバ1420を配置する。例えば、流体出口1424は、ノズル1428と流体連通して圧力チャンバ1420を配置する。溶融した押出材料は、重力によってまたはノズル1426を介して溶融した押出材料を排出するために圧力チャンバ1420に印加される正圧力によってチャンバ1420と流体連通したままのノズルを介して押し出す。しかしながら、動作中において、印刷ヘッド1400は、押出材料の特定の配置を形成するように選択された時間に1つ以上のノズルを介して押出材料を押し出すのみである。印刷ヘッド1400において、弁アセンブリ1430は、圧力チャンバ

50

1420からノズル1426のいずれかへの押出材料の流れをそれぞれ制御する複数の弁を含む。弁アセンブリ1430は、圧力チャンバ1420とノズル1426との間の流体出口に対して横方向に配置された複数の弁を含む。各弁は、電気機械式アクチュエータ（図示しない）と、ピン1432および1434を含む図14に示された金属ピンなどの可動部材とを含む。金属ピンは、ステンレス鋼、アルミニウムまたは液化押出材料と接触し、かつ印刷ヘッドの動作温度範囲における使用に適している任意の他の金属もしくは合金から形成されている。電気機械式アクチュエータは、部材が流体出口を介した押出材料の流れを遮断する第1の位置と部材が流体出口を介して押出材料が流れるのを可能とする第2の位置との間の直線経路において可動部材を移動させる。1つの実施形態において、電気機械式アクチュエータは、電流に応じて電磁力を介して金属ピンを移動させる電磁式アクチュエータである一方で、他の実施形態において、電気機械式アクチュエータは、電流に応じて部材を移動させるために機械力を発生する圧電式アクチュエータである。

10

【0057】

図14の実施形態において、ノズル1426は、平面部材1429を介して形成されている。平面部材1429は、印刷ヘッド1300に関連して上述した平面部材1340の構造および機能と類似している。印刷ヘッド1400の動作中において、活性化されたノズル1426は、受像面上に押出材料を押し出し、平面部材1429は、印刷ヘッド1400における付近のノズルから押し出された押出材料の配置間の間隙を埋めかつ押出材料の各層についての均一な厚さを維持するように押し出された押出材料に係合する。

20

【0058】

図14に図示されている構成において、弁アセンブリ1430における1つの電気機械式アクチュエータは、流体出口1425を介した流体の流れを遮断する第1の位置に可動部材1134を移動させる。第1の位置において、弁部材1434の一部は、流体出口1425を介した押出材料の流れを遮断するように流体出口1425に移動する。他の弁において、電気機械式アクチュエータは、押出材料がノズル1428を介して圧力チャンバ1420から流れるのを可能とするように流体出口1424を開放する第2の位置に部材1432を移動させる。第2の位置において、部材1432は、流体の押出材料が出口1424を介して流れるのを可能とするように流体出口1424から引き出される。

【0059】

印刷ヘッド1300または1400を使用するプリンタ100の実施形態において、コントローラ128は、弁アセンブリ1430の各弁における電気機械式アクチュエータに動作可能に接続されている。動作中において、コントローラ128は、3次元印刷物体140の各層における3次元物体画像データ136に対応する押出材料の配置を形成するために印刷ヘッド1400における異なるノズルからの押出材料の押出を有効または無効とするように弁を動作させる。より具体的には、コントローラ128は、選択された弁の第1のセットを閉鎖するために第1の位置に1つ以上の弁部材を移動させるように電気機械式アクチュエータを動作させるとともに、電気機械式アクチュエータは、残りの弁のうちの1つ以上を開放するために第2の位置に他の弁部材を移動させる。コントローラ128は、印刷動作中の様々な時点で印刷ヘッドにおけるノズルの一部または全てを活性化または非活性化するように弁を開閉する。

30

40

【0060】

印刷ヘッド1300および1400は、1次元の直線配置における単一行のノズルおよび対応する弁を有して示されている一方で、代替の印刷ヘッドの構成は、クロスプロセス方向における印刷ヘッドの幅を実質的にカバーする複数行のノズルおよび2次元アレイのノズルについての弁を含む。ノズルの2次元アレイの例は、図9A、図9Bおよび図10に示されている。いくつかの構成において、マルチノズル押出印刷ヘッドにおけるノズルのいずれかは、所定層の外形を印刷するために使用されることができ、コントローラ128は、ノズルにおける摩耗のバランスをとりかつ印刷ヘッド全体にわたる材料流れの均一な分布を確実にするようにノズルの一部または全てにわたる外形の一部を形成する動作を分配する。所定時間よりも長く高温のままであるポリマ押出材料は、材料特性の劣化を体

50

験することができる。上述した印刷ヘッドの実施形態は、押出材料の劣化を低減または排除するように押出印刷ヘッド全体にわたってバランスがとれた材料流れを確実にする。

【0061】

図15は、マルチノズル押出印刷ヘッドを使用して3次元印刷物体の一部を形成するための図1のプリンタ100などの3次元プリンタの動作についてのプロセス1500を示している。プロセス1500は、本願明細書に記載されたマルチノズル印刷ヘッドの構成によって使用するために排他的に限定されるものではないが、プロセス1500は、本願明細書に記載されたマルチノズル押出印刷ヘッドの実施形態のいずれかを使用するプリンタによる使用に適している。3次元物体プリンタは、3次元印刷物体の1層の少なくとも一部を形成するためにプロセス1500を実行し、多くの構成において、プリンタは、多層3次元印刷物体を形成するためにプロセス1500を複数回実行する。以下の説明において、機能または動作を実行するプロセス1500への言及は、3次元物体プリンタにおける1つ以上の要素を使用して機能または動作を実行するために記憶されたプログラム命令を実行するためのコントローラの動作を指す。プロセス1500は、例示の目的のために図1のプリンタ100に関連して記載される。

10

【0062】

プロセス1500は、プリンタが3次元印刷物体の1層についての領域の外周に沿ったプロセス方向における押出印刷ヘッドと受像面との間の相対移動を生み出すときに開始する(ブロック1504)。プリンタ100において、コントローラ128は、支持部材102の表面上および3次元印刷物体140の上層の領域の周囲において直線および湾曲経路の双方に沿って印刷ヘッド108を移動させるようにX/Yアクチュエータ150を動作させる。他のプリンタ構成において、アクチュエータの異なるセットは、相対移動を生み出すように支持部材を移動させるかまたは相対移動を生み出すように印刷ヘッドおよび支持部材の双方を移動させる。上述したように、プリンタ100において、コントローラ128は、メモリ132における3D物体データ138から3D印刷物体の1層に対応する画像データを取得する。1つの実施形態において、コントローラ128は、押出材料の配置を形成するために押出印刷ヘッドと受像面との間の相対移動についての一連の経路を含む印刷ヘッド経路制御データ138を生成するように画像データを処理する。より具体的には、コントローラ128は、3次元印刷物体140の層のうちの1つについての領域の周囲を画定する経路において印刷ヘッドを移動させるようにX/Yアクチュエータ150を動作させる。例えば、図3に示されるように、3つの押出ノズル312、316および320を有する印刷ヘッド108は、領域の外周に沿って押出材料の配置を形成するために単一のノズル312のみを動作させながら周囲経路332に沿って移動する。いくつかの印刷ヘッドの構成において、単一のノズル312の径は、印刷ヘッドにおける残りのノズルの径よりも小さい。それゆえに、より小さい径のノズル312のオリフィスから放出された押出材料のパターンは、より少ないスペースを占有し、より大きなノズルオリフィス径を有する残りのノズルより細かい詳細を再現することができる。外形を形成した後、プリンタは、外形内の領域を埋めるためにより大きい径を有するノズルを含む印刷ヘッドにおけるノズルの一部または全てを動作させる。印刷ヘッドについての移動経路の異なる部分は、線形(直線)セグメントおよび湾曲セグメントの双方を含むことができる。代替実施形態において、パーソナルコンピュータまたは他の適切なコンピューティングシステムなどの外部コンピューティング装置は、印刷ヘッド経路制御データ138を生成し、USBなどの周辺入出力(I/O)インターフェースまたはデータネットワークインターフェースを介してコントローラ128に対して印刷ヘッド経路制御データ138を提供する。

20

30

40

【0063】

プロセス1500中において、コントローラ128は、プリンタが外形の経路に沿った印刷ヘッドと受像面との間の相対移動を発生させるのにもない、領域周囲の外形において押出材料の配置を形成するために印刷ヘッドにおける複数のノズルにおける少なくとも1つのノズルを動作させる(ブロック1508)。他の実施形態において、コントローラ

50

128は、高い空間分解能を有する外形を形成するために押出材料のより狭い配置を有する外形を形成するためにより狭い出口径を有する1つのノズルまたはノズル群を動作させる。例えば、図3において、ノズル312がノズル316および320よりも狭い径を有する場合、コントローラ128は、外形332を形成するようにノズル312を動作させる。他の実施形態において、コントローラ128は、3次元物体プリンタの実効スループット速度を向上させるために、領域の周囲におよび領域内に押出材料の複数の配置を形成するように印刷ヘッドにおける複数のノズルを動作させる。さらに、コントローラ128は、外形の外側にある位置に配置されている印刷ヘッドにおけるノズルを非活性化するとともに、残りのノズルのうちの1つ以上は、押出材料の外形を形成する。図1の実施形態において、コントローラ128は、印刷ヘッド経路制御データ138およびマルチノズル印刷ヘッド108におけるノズルの所定の幾何学的形状に基づいて領域の内側または外側にあるノズルを特定する。コントローラ128は、非活性化ノズルが押出材料を放出するのを防止するために、印刷ヘッドにおける弁を閉鎖するかまたは個々のノズルへの押出材料の供給を停止する。

10

【0064】

図2Aおよび図2Bにおいて上述したように、いくつかの印刷ヘッドの実施形態において、印刷ヘッド108におけるノズルの物理レイアウトは、クロスプロセス方向における任意の2つのノズル間の最大分離を形成し、コントローラ128は、必要に応じて、3D画像データにおける所定間隔に対応するノズル間の距離を調整するためにZアクチュエータ154を動作させる。隣接ノズル間の可変のクロスプロセス方向分離を有するマルチノズル印刷ヘッドを含むプリンタ100の実施形態において、コントローラ128は、3次元物体の1層についての3D物体画像データ136を参照して印刷ヘッドにおける第1のノズルによって形成された押出材料の第1の配置と印刷ヘッドにおける第2のノズルによって形成された押出材料の第2の配置との間のクロスプロセス方向間隔を特定する。

20

【0065】

いくつかのプリンタの構成において、コントローラ128は、3次元印刷物体140の表面またはZ軸に沿ったノズルと受像面との間の狭い間隙を有する他の適切な受像面上に印刷ヘッド108を位置決めする。例えば、1つの実施形態において、間隙は、約0.1mmであるものの、代替プリンタの構成は、より狭いまたはより広い間隙を有して動作することができる。上述した印刷ヘッド1300および1400などの平面部材に1つ以上のノズルを組み込む印刷ヘッドにおいて、押し出された押出材料は、受像面と印刷ヘッドとの間の間隙を埋める。印刷ヘッドにおける平面部材は、押出材料に係合して広げる一方で、押出材料は、印刷ヘッドにおけるノズルからの押出材料の異なる配置が押出材料の単一の配置にマージするのを可能とするように液体または半液体状態のままである。さらに、平面部材は、2つ以上のノズルが受像面上に押出材料の重複した配置を形成する場合であっても、押出材料層の均一な厚さを維持するために押出材料の広がり維持する。

30

【0066】

図5は、印刷ヘッド108が第1のクロスプロセス方向分離504を有して形成する押出材料332および532の2つの配置を示している。コントローラ128は、分離を生成するようにクロスプロセス方向軸CPに対する印刷ヘッド108の角度を調整する。図6は、印刷ヘッド108におけるノズル312および316によってそれぞれ形成された押出材料332および632の2つのセットを有する押出材料の他の配置を示している。図6の構成において、コントローラ128は、クロスプロセス方向軸CPに対して角度だけZ軸まわりに印刷ヘッド108を回転させるためにZアクチュエータ154を動作させる。印刷ヘッド108の回転は、クロスプロセス方向におけるノズル312および316の間の分離を低減し、印刷ヘッド108は、押出材料の2つの配置間に実質的に間隙を有さずに互いに隣接して形成された押出材料の2つのパターンを有する押出材料332および632の並列配置を形成する。

40

【0067】

図9Aは、ノズルの2次元アレイを含む印刷ヘッド904の他の構成を示している。印

50

刷ヘッド904において、ノズルは、印刷ヘッド904がクロスプロセス方向において隣接ノズル間にほとんどまたは全く空間がない並列配置で押出材料を押し出すのを可能とするために千鳥状に配置されている。図9Aの構成において、コントローラ128は、外形の異なる部分を形成するためにまたは押し出された材料の外形内にスワスを形成するために同時に印刷ヘッド904におけるノズルの選択されたセットを動作させる。例えば、図9Aにおいて、コントローラ128は、図9Aに示される矩形領域などの受像面の所定領域の周囲の外形内の受像面上に押出材料の異なる配置を形成するために、グループ908、912および916におけるノズルを選択的に活性化する。さらに、コントローラ128は、それらのノズルが外形の外側にある位置に位置決めされる場合に、印刷ヘッド904におけるノズルを非活性化する。例えば、コントローラ128は、図9Aにおける外形の一部を形成するためにノズル908のグループを活性化する一方で、コントローラ128はまた、領域902の周囲の外側にあるノズル922のグループを非活性化する。図9Aに示されるように、コントローラ128は、印刷ヘッドが3D物体画像データ136および印刷ヘッド経路制御データ138に基づいて所定形状を有する外形を形成するためにプロセス方向に沿った異なる位置に移動するのにもない、印刷ヘッドにおける異なるノズルを選択的に活性化および非活性化する。

10

20

30

40

50

【0068】

図9Aに示されるように、コントローラ128は、領域902の外形周囲のプロセス方向経路Pにおいて印刷ヘッド904を移動させるために印刷ヘッド904と受像面との間の相対移動を発生させるようにプリンタ100におけるアクチュエータを動作させる。コントローラ128は、領域902を囲む外形内に押出材料の異なる配置を形成するために印刷ヘッド904における押出ノズルの異なるサブセットを動作させる。図9Aの例示的な実施形態において、コントローラ128は、領域902の周囲に外形の3つの異なる側面を形成するために、第1のグループのノズル908、第2のグループのノズル912および第3のグループのノズル916を動作させる。図9Aの例において、印刷ヘッド904における千鳥状ノズルは、押出材料の配置間の間隙なしで互いに実質的に隣接する押出材料の配置を形成する。印刷ヘッド904におけるノズルの2次元アレイは、図9Aに示される外形の異なる側面を形成するときなど、印刷ヘッドが第1の直線方向に移動したときおよび第1の方向に直交する第2の方向に移動したときに、印刷ヘッド904が連続スワスを形成するのを可能とするように千鳥状構成で配置される。他の動作モードにおいて、コントローラ128は、押出材料の印刷された配置間の所定のクロスプロセス方向分離に対応するノズルの異なるセットを選択することによって押出材料の並列配置間のクロスプロセス方向分離を調整する。

【0069】

図9Aの印刷ヘッド904は、図3 - 図8に示された印刷ヘッドと同様にZ軸まわりに回転されるように構成されていない。代わりに、印刷ヘッドにおけるノズルの配置は、印刷ヘッドが印刷ヘッドの回転を必要とせずに押出材料の線形スワスと押出材料の湾曲スワスとの間のコーナーを形成するのを可能とする。図9Bは、2つのノズル936Aおよび936Bを含む簡略化された印刷ヘッドの実施形態932を示している。1つの構成において、コントローラ128は、2つの線形スワス944および945を形成するために印刷ヘッド932と受像面との間の相対移動を発生させるようにX/Yアクチュエータ150を動作させる。ノズル936Aおよび936Bは、双方とも、スワスを形成するように押出材料を押し出す。スワス間のコーナー位置942において、相対印刷ヘッド移動のプロセス方向がコーナーを回転させることから、2つのノズル936Aおよび936Bは互いに簡単に重複する。他の構成において、X/Yアクチュエータ150は、湾曲スワス950に沿った相対印刷ヘッド動作を発生させる。印刷ヘッド932が曲線に進入するのにもない、ノズル936Aおよび936Bは、それぞれ、曲線の外側および内側を形成するが、ノズルは、位置948において簡単に重複し、曲線の端部において、ノズル936Aは内側を形成し、ノズル936Bは曲線の外側を形成する。

【0070】

上述したスワスの双方の部分は、2つの異なるノズルから押し出された押出材料の配置間の重複領域を含むものの、プリンタ100は、印刷動作中に均一な押出材料の幅および厚さを有するスワスの双方を形成する。液体押出材料は、スワスの部分が押出材料の重複配置を含む場合であっても、均一な幅および厚さを有する配置を形成するためにノズルから押し出された後に広がる。さらに、印刷ヘッド1300および1400に関連して上述したように、ノズルを保持する印刷ヘッドにおける平面部材はまた、各スワスにおける押出材料の均一な層を形成するために押出材料と係合する。いくつかの構成において、径dを有しかつ2dの距離の隣接ノズル間の最小分離で配置されたノズルを有するノズルを含む印刷ヘッドは、プロセス1500における使用に適している。例えば、図9Bにおいて、印刷ヘッド954は、隣接ノズル間の少なくとも2dの距離を有する極性構成において5つのノズル956A - 956Eを含む。印刷ヘッド954は、適切なマルチノズル押出印刷ヘッドの例示的な実施形態であるものの、代替構成は、これに限定されるものではないが、隣接ノズル間の少なくとも2dの分離を有するノズルの複数行のグリッドまたは矩形アレイを含む。

10

20

30

40

50

【0071】

再度図15を参照すると、プロセス1500中において、プリンタ100は、湾曲形状を有する領域の周囲の外形内に押出材料のいくつかの配置を形成することができる。いくつかの印刷ヘッドの実施形態において、印刷ヘッドにおけるノズルは、略同じ速度で押出材料を押し出す。コントローラ128は、必要に応じて、印刷ヘッド経路制御データ138を参照して印刷ヘッドについての移動の経路の湾曲部を特定し、必要に応じて、曲線の内側および外側の双方において押出材料の均一な分布を維持するように印刷ヘッドの動作を制御する(ブロック1512)。図7に関連してより詳細に記載された1つの構成において、コントローラ128は、印刷ヘッドを振動させるようにZアクチュエータ154を動作させる。図8に関連してより詳細に記載された他の構成において、コントローラ128は、より短い長さを有する曲線の内側においてノズルのいくつかを動作させ、断続的に内側曲線におけるノズルを活性化および非活性化する。

【0072】

押出印刷ヘッド108における各ノズルは、略同じ容積率(例えば、 $0.01\text{ cm}^3/\text{秒}$)で押出材料を押し出すことから、コントローラ128は、湾曲経路についての印刷ヘッド108の動作を調整する。曲線の所定の角度をなすために、外側ノズルによってカバーされる直線距離は、大抵の場合、内側ノズルによってカバーされる直線距離よりも実質的に長いにもかかわらず、コントローラ128は、全角度にわたって移動するために印刷ヘッドに必要とされる単一の時間長についての複数のノズルを名目上動作させる。しかしながら、内側曲線における押出材料のより短い直線配置が外側曲線におけるより長い直線配置と略同僚の押出材料を含むことから、押出材料のより短い直線配置を形成するノズルは、潜在的に不均一な表面を生成する、より長い直線配置を形成するノズルと同じ速度で押出材料を押し出す。対照的に、上述した直線配置において、コントローラ128は、押出材料の並列直線配置が押出材料の内側配置において形成される押出材料のより多い容積による同じ問題に遭遇しないように、外形の外側部分を形成するノズルよりも短期間だけ外形の内側セグメントを形成するノズルを動作させる。

【0073】

図7に示されている実施形態において、コントローラ128は、均一な密度および表面を有する押出材料の配置を形成するためにZ軸まわりに印刷ヘッド108を振動させるようにZアクチュエータ154を動作させる。Zアクチュエータ154は、印刷ヘッド108における移動の振動パターンを生成する一方で、X/Yアクチュエータは、湾曲経路に沿ってプロセス方向に印刷ヘッド108を移動させる。印刷ヘッド108の振動は、押出材料の外側湾曲配置の直線長さに対して同様の長さを有するように押出材料の内側湾曲配置の直線長さを増加する。図7は、押出材料704および708の2つの湾曲配置を形成するために振動による印刷ヘッド108の動作を図示している。図7において、印刷ヘッド108は、湾曲経路に沿って押出材料704の配置を形成し、コントローラ128

は、メモリ 132 における印刷ヘッド経路制御データ 138 を参照して配置 704 についての湾曲経路の直線長さを特定する。コントローラ 128 はまた、押出材料 708 の内側配置についての曲線の直線長さを特定し、外側配置 708 の直線長さと同様または等しくなるように内側配置 708 の全長を増加する印刷ヘッド 108 についての振動の大きさおよび周波数の双方を特定する。例えば、1つの構成において、コントローラ 128 は、押出材料 708 の内側配置についての湾曲経路上に正弦波を導入する。コントローラ 128 は、押出材料 704 の外側配置の長さと同様の直線長さをもたらすこの振動によって内側曲線を生成する正弦波振動または他のパターンの振動についての大きさおよび周波数の双方を特定する。

【0074】

動作中において、コントローラ 128 は、図 7 に示される押出材料 704 および 708 の配置を形成するために、印刷ヘッド 108 において特定された形状、大きさおよび周波数の振動を生成するように Z アクチュエータ 154 を動作させる。図 7 の例示的な例において、ノズル 312 は、Z アクチュエータ 154 についての回転軸にまたはその付近に位置し、印刷ヘッド 108 の振動は、押出材料 704 の外側湾曲配置にほとんどまたは全く効果をもたらさない。押出材料 708 の内側湾曲配置は、外側配置 704 と同様であるように造形材料 708 の内側配置の全直線長さを増加する振動パターンを含む。押出材料 708 の内側配置は、外側配置 704 と同様の密度を有し、印刷ヘッド 108 の振動は、プリンタ 100 が 3次元印刷物体の各層において均一な密度および厚さを有する押出材料についての複数の同心湾曲配置を形成するのを可能とする。

【0075】

図 8 は、ノズル 312 によって形成された外側配置 804 およびノズル 316 によって形成された内側配置 812 を含む押出材料の 2つの湾曲配置の形成中における押出印刷ヘッド 108 についての他のプロセスを示している。図 8 に示されるプロセスにおいて、コントローラ 128 は、押出材料 804 の外側配置の第 1の直線長さおよび押出材料 812 の内側配置の第 2の直線長さを特定する。そして、コントローラ 128 は、第 1の直線長さに対する第 2の直線長さの比を特定し、特定された比に対応する所定の周波数およびデューティサイクルで断続的にノズル 316 を動作させる。例えば、押出材料 804 の配置が 30 mm の長さを有し、押出材料 812 の配置が 27 mm の長さを有する場合、コントローラ 128 は、ノズル 316 についての動作のデューティサイクル (90%) についての比 (9/10) を特定する。コントローラ 128 は、一連の所定の時間間隔 (例えば、0.1 秒間隔) にわたってノズル 316 を動作させ、間隔の 90% 部分 (例えば、0.09 秒) の間にノズル 316 が押出材料を押し出すように活性化されるとともに、ノズル 316 は、他の間隔の部分 (例えば、0.01 秒) の間に非活性化されて押出材料を押し出さない。ノズル 316 は、液体形態で押出材料を押し出すことから、液体押出材料は、ノズル 316 が非活性化されかつ押出材料 812 の内側湾曲配置が押出材料 804 の外側配置と略同じ密度および高さを有するとき形成された間隙を埋める。

【0076】

プロセス 1500 は、コントローラ 128 が押出材料の配置の外形によって形成された領域内の直線または湾曲スワス経路に沿って押出印刷ヘッドを移動させるときに継続し (ブロック 1516)、押出材料の所定パターンによって領域の少なくとも一部を埋める押出材料のスワスを形成するために同時に印刷ヘッドにおける 2つ以上のノズルを動作させる (ブロック 1520)。スワスの形成中において、コントローラ 128 は、外形内に押出材料のスワスを形成するために同時に印刷ヘッドにおける 2つ以上のノズルを活性化する。さらに、コントローラ 128 はまた、押出材料の既に形成された領域と重複する位置に移動させることができるかまたは印刷された押出材料の周囲の外側の位置に移動させることができるノズルの一部を選択的に非活性化する。例えば、図 4 は、ノズル 312、316 および 320 からの押出ライン 336、338 および 340 をそれぞれ含む押出材料 332 の配置によって形成された領域に押出材料のパターンを形成するために押出材料の複数のスワスを塗布する印刷ヘッド 108 を示している。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 7 】

図 1 0 は、埋め動作中において押出材料のスワスを形成する印刷ヘッド 9 0 4 を示している。図 1 0 において、X / Y アクチュエータ 1 5 0 は、押出材料によって形成された外形内の領域を埋めるように直線経路に沿って印刷ヘッド 9 0 4 を移動させる。図 1 0 は、スワス 1 0 1 2 およびスワス 1 0 1 6 を含む押出材料の 2 つのスワスの形成を示している。図 1 0 は、スワスを形成するために活性化された構成における印刷ヘッド 9 0 4 における押出ノズル 1 0 0 8 の全てを示しているが、いくつかの構成において、コントローラ 1 2 8 は、ノズルがスワス領域の外側または領域を囲む周囲に移動したことを特定するコントローラ 1 2 8 に応じてノズルの一部を非活性化する。図 1 の実施形態において、コントローラ 1 2 8 は、印刷ヘッド経路制御データ 1 3 8 およびマルチノズル印刷ヘッド 1 0 8 におけるノズルの所定の幾何学的形状に基づいて領域の内側または外側にあるノズルを特定する。コントローラ 1 2 8 は、非活性化ノズルが押出材料を放出するのを防止するために、印刷ヘッドにおける弁を閉鎖するかまたは個々のノズルへの押出材料の供給を停止する。いくつかの構成において、押出印刷ヘッドは、固体層を形成するために押出材料によって全領域を埋める一方で、他の実施形態において、印刷ヘッドは、領域を部分的に埋めるグリッド、ハニカムまたは他の適切なパターンを形成する。プリンタ 1 0 0 において、コントローラ 1 2 8 は、ノズルが千鳥状構成で配置される場合であっても、印刷ヘッドがプロセス方向 P に沿って所定の位置において開始および停止する押出材料の配置を形成するのを可能とするために独立して個々のノズルの活性化および非活性化を制御する。同様に、コントローラ 1 2 8 は、以前に印刷されたスワスに形成された押出材料の配置に基づいて所定のスワスを開始または終了するために各ノズルについての動作のタイミングを選択する。

10

20

【 0 0 7 8 】

プリンタ 1 0 0 は、3次元印刷物体の層における 1 つ以上の領域を形成するためにプロセス 1 5 0 0 を実行する。多層物体の場合、プリンタ 1 0 0 は、押出材料の複数の層から 3次元印刷物体を形成するために各層について 1 回以上プロセス 1 5 0 0 を実行する。

【 図 1 】

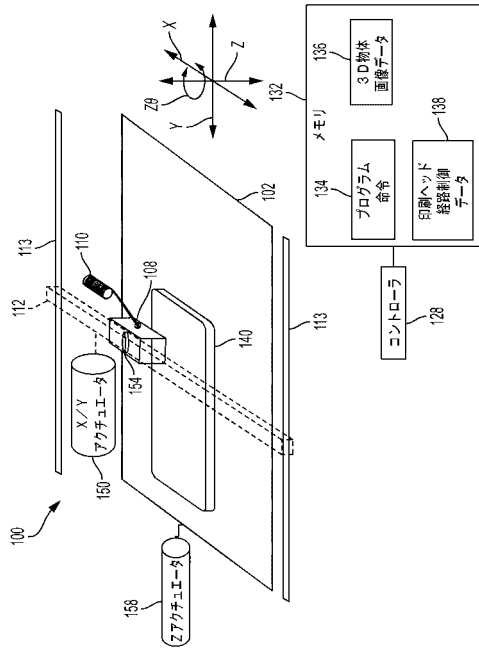


図 1

【 図 2 A 】

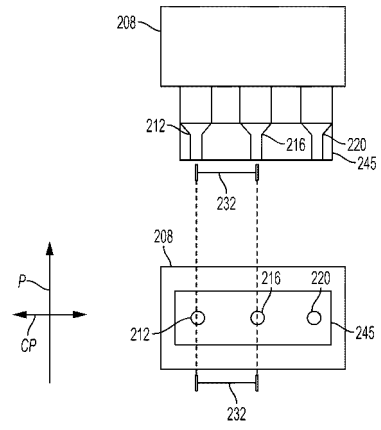


図 2 A

【 図 2 B 】

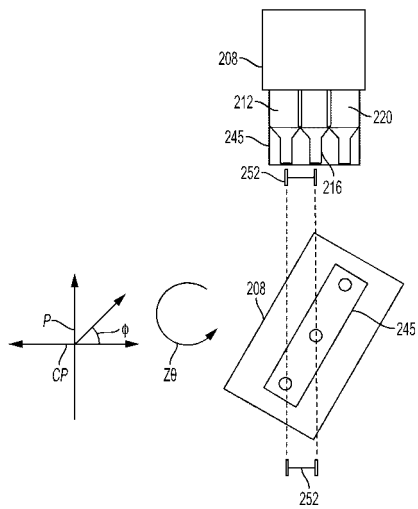


図 2 B

【 図 3 】

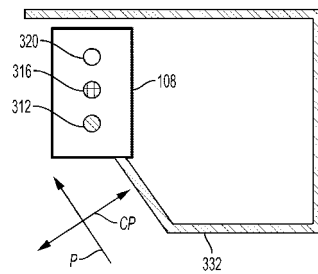


図 3

【 図 4 】

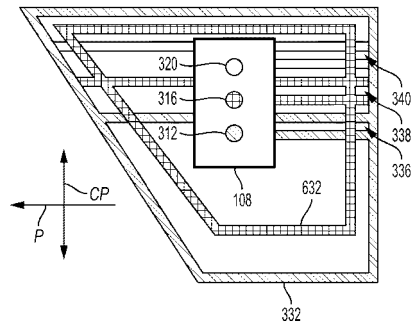


図 4

【 図 5 】

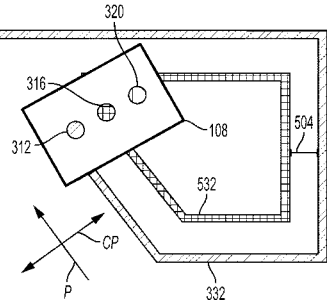


図 5

【 図 7 】

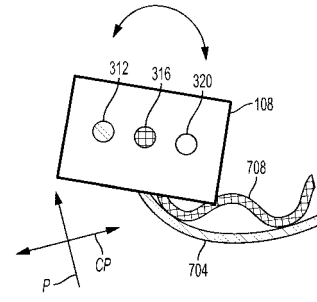


図 7

【 図 6 】

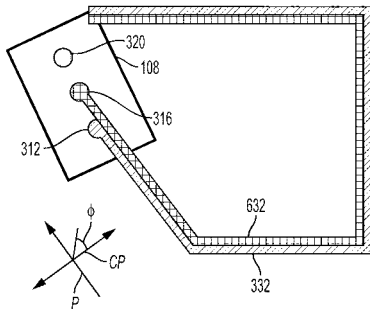


図 6

【 図 8 】

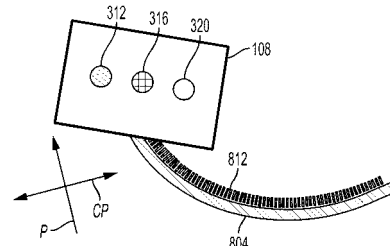


図 8

【 図 9 A 】

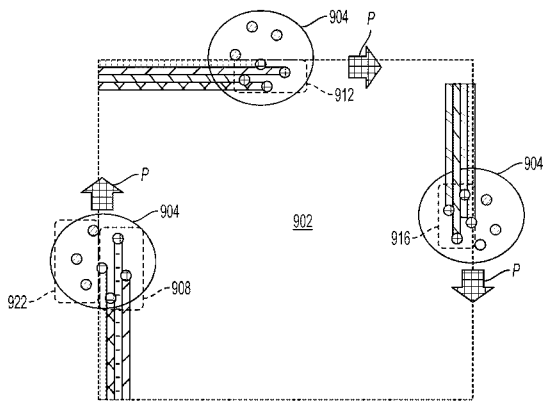


図 9 A

【 図 9 B 】

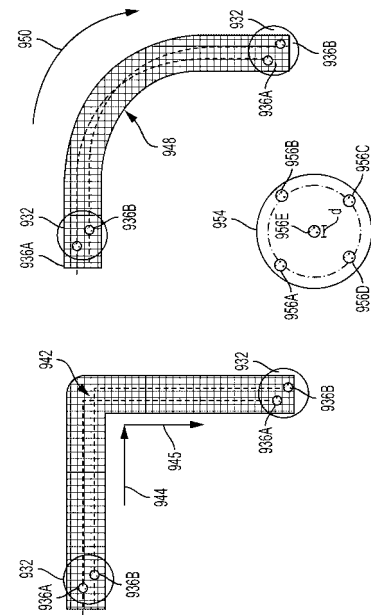


図 9 B

【 図 1 0 】

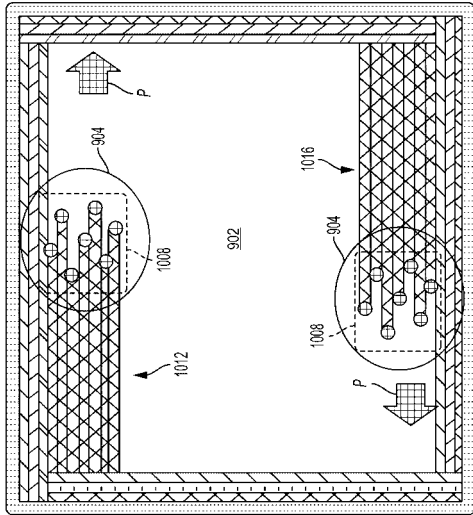


図 1 0

【 図 1 1 A 】

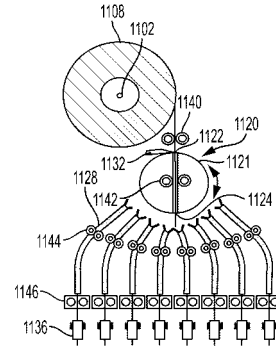


図 1 1 A

【 図 1 1 B 】

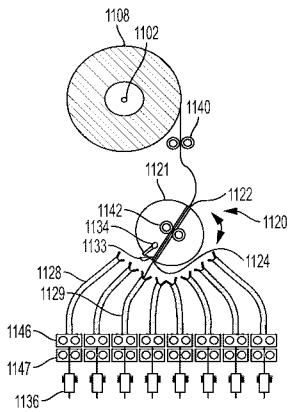


図 1 1 B

【 図 1 1 C 】

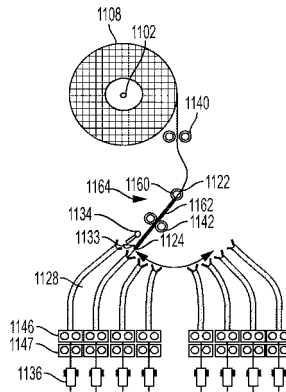


図 1 1 C

【 図 1 1 D 】

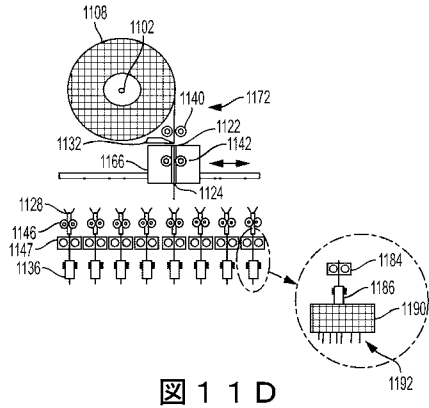


図 1 1 D

【 図 1 2 A 】

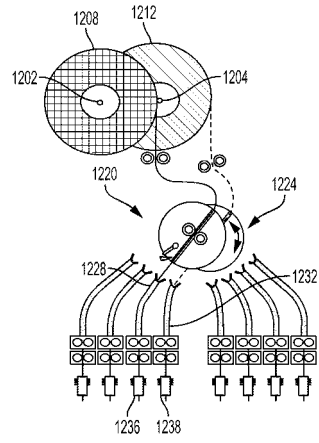


図 1 2 A

【 図 1 2 B 】

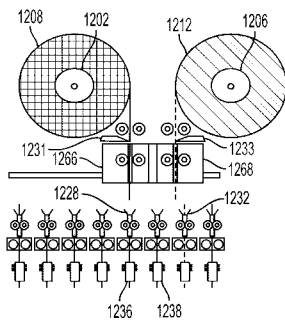


図 1 2 B

【 図 1 3 A 】

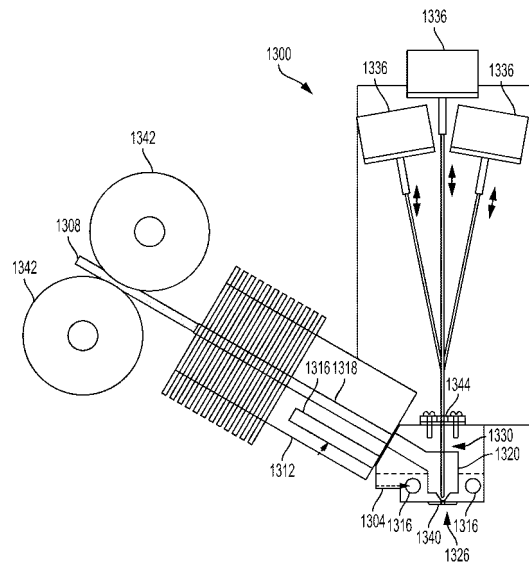


図 1 3 A

【 図 1 3 B 】

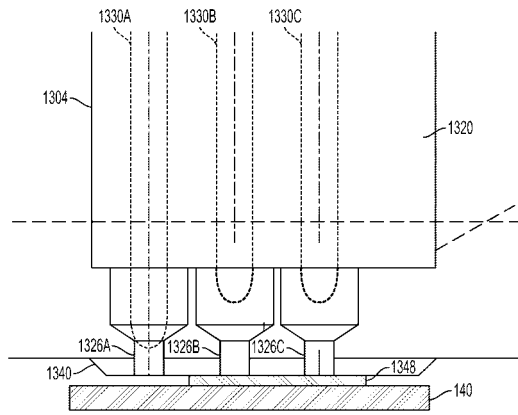


図 1 3 B

【 図 1 4 】

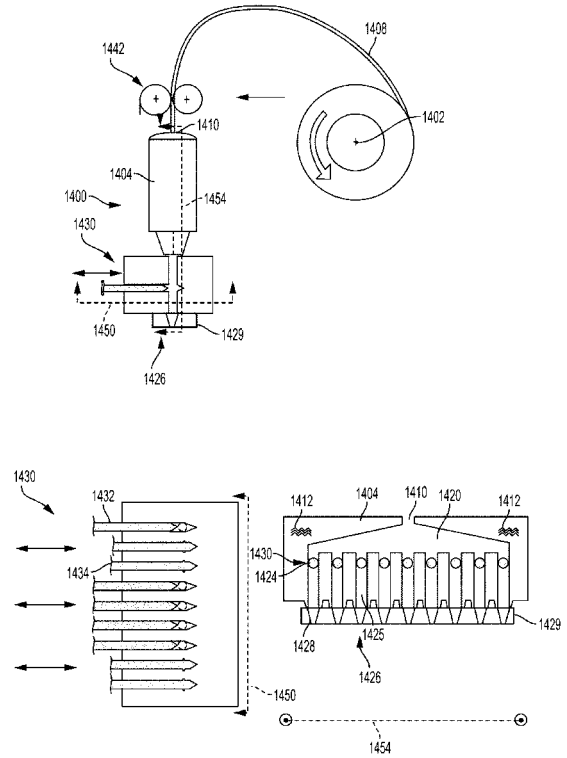


図 1 4

【 図 1 5 】

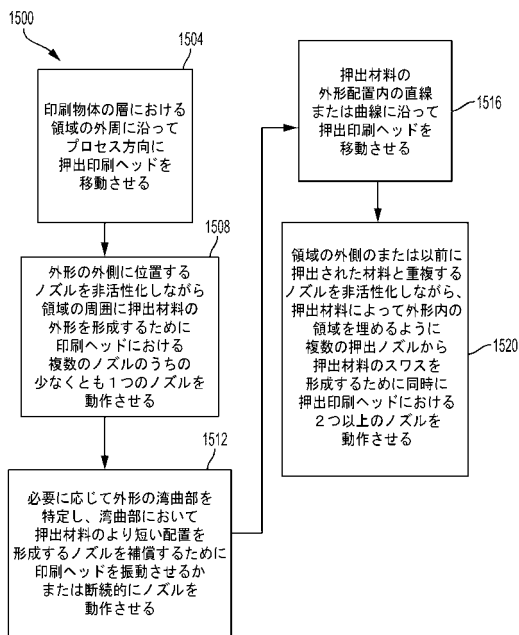


図 1 5

フロントページの続き

(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 1 4 6 1 0 ロチェスター ヤーマス・ロード 2 7 5

(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 1 4 5 8 0 ウェブスター グレンウッド・ドライブ 6 2

Fターム(参考) 4F213 AA13 AA24 AA29 AC02 WA25 WB01 WL02 WL32 WL74 WL85

WL92