

【公報種別】特許公報の訂正

【部門区分】第2部門第4区分

【発行日】平成30年7月25日(2018.7.25)

【特許番号】特許第6344998号(P6344998)

【登録日】平成30年6月1日(2018.6.1)

【特許公報発行日】平成30年6月20日(2018.6.20)

【年通号数】特許・実用新案公報2018-023

【出願番号】特願2014-133102(P2014-133102)

【訂正要旨】特許権者の住所の誤載により下記のとおり全文を訂正する。

【国際特許分類】

**B 2 9 C 64/209 (2017.01)**

**B 3 3 Y 30/00 (2015.01)**

【F I】

B 2 9 C 64/209

B 3 3 Y 30/00

【記】別紙のとおり

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6344998号  
(P6344998)

(45) 発行日 平成30年6月20日(2018.6.20)

(24) 登録日 平成30年6月1日(2018.6.1)

(51) Int.Cl.

F I

B 2 9 C 64/209 (2017.01)

B 2 9 C 64/209

B 3 3 Y 30/00 (2015.01)

B 3 3 Y 30/00

請求項の数 15 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2014-133102 (P2014-133102)  
 (22) 出願日 平成26年6月27日(2014.6.27)  
 (65) 公開番号 特開2015-16689 (P2015-16689A)  
 (43) 公開日 平成27年1月29日(2015.1.29)  
 審査請求日 平成29年6月26日(2017.6.26)  
 (31) 優先権主張番号 13/940,383  
 (32) 優先日 平成25年7月12日(2013.7.12)  
 (33) 優先権主張国 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 068  
 51-1056 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 パトリシア・ジェイ・ドナルドソン  
 アメリカ合衆国 ニューヨーク州 145  
 34 ピッツフォード マーシュ・ロード  
 1248

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3次元対象物を回転する表面に印刷するためのデジタル製造システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

壁を有し、第1の位置と第2の位置との間で移動可能なレッジを含む中空部材と、  
 前記壁の内部表面上に材料を射出することができるように前記中空部材内に装着される  
 第1の印字ヘッドと、

前記中空部材の前記壁を前記第1の印字ヘッドの周りに回転させるように前記中空部材  
 に動作可能に接続される第1のドライバと、

前記第1の印字ヘッドおよび前記第1のドライバに動作可能に接続されるコントローラ  
 と、を備え、

前記コントローラは、前記中空部材を回転させるために前記第1のドライバを動作させ  
 るように、および、前記壁の前記内部表面上へ材料を射出し、前記壁が前記第1の印字ヘ  
 ッドの周りを回転するにつれて前記壁の上に材料層を構築するために前記第1の印字ヘ  
 ッドを動作させるように構成され、

前記コントローラは、重力によって、前記壁の上の前記材料層が前記中空部材に対して  
 相対的に移動可能なように、前記中空部材の回転を調整するように構成され、

前記第1の位置にある前記レッジは、前記重力によって、前記壁の上の前記材料層が前  
 記中空部材に対して相対的に移動するのを防止し、前記第2の位置にある前記レッジは、  
 前記重力によって、前記壁の上の前記材料層が前記中空部材に対して相対的に移動するこ  
 とを可能にする、

ことを特徴とする3次元プリンタ。

10

20

**【請求項 2】**

前記中空部材の前記壁に対して前記第 1 の印字ヘッドを動かすように前記第 1 の印字ヘッドに動作可能に接続される第 2 のドライバをさらに備え、前記コントローラが、前記第 2 のドライバに動作可能に接続され、前記第 1 の印字ヘッドを第 1 の位置から第 2 の位置まで動かすために前記第 2 のドライバ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 3 次元プリンタ。

**【請求項 3】**

前記第 2 のドライバが、前記第 1 の印字ヘッドを前記中空部材の前記壁に対して垂直な方向に前記第 1 の位置から前記第 2 の位置まで動かすようにさらに構成される、請求項 2 に記載の 3 次元プリンタ。

10

**【請求項 4】**

前記コントローラが、( i ) 前記中空部材の回転中の連続的な運動および ( i i ) 前記中空部材の 1 つもしくは複数の回転の後の少なくとも 1 つの個別的な運動のうちの 1 つ以上の運動で、前記第 1 の印字ヘッドを前記第 1 の位置から前記第 2 の位置まで動かすために前記第 2 のドライバを動作させるようにさらに構成される、請求項 3 に記載の 3 次元プリンタ。

**【請求項 5】**

センサと前記中空部材の前記内部表面から最も遠い射出された材料層との間のギャップの距離に対応する信号を生成するように構成される前記センサをさらに備え、前記コントローラは前記センサに動作可能に接続され、前記コントローラが、

20

前記センサによって生成された前記信号を参照して、前記センサから、前記中空部材の前記内部表面から最も遠い射出された前記材料層までの距離を特定するように、および、

前記特定された距離を参照して、前記中空部材の前記内部表面に対して垂直な方向に前記第 1 の印字ヘッドを動かし、前記第 1 の印字ヘッドと前記中空部材の前記内部表面から最も遠い射出された前記材料層との間の所定のギャップを保持するために、前記第 2 のドライバを動作させるように、さらに構成される、請求項 2 に記載の 3 次元プリンタ。

**【請求項 6】**

前記第 2 のドライバが、前記中空部材の前記壁に対して平行な方向に前記第 1 の位置から前記第 2 の位置まで前記第 1 の印字ヘッドを動かすようにさらに構成される、請求項 2 に記載の 3 次元プリンタ。

30

**【請求項 7】**

前記コントローラが、( i ) 前記中空部材の回転中の連続的な運動および ( i i ) 前記中空部材の 1 つもしくは複数の回転の後の少なくとも 1 つの個別的な運動のうちの 1 つ以上の運動で、前記第 1 の印字ヘッドを前記第 1 の位置から前記第 2 の位置まで動かすために前記第 2 のドライバを動作させるようにさらに構成される、請求項 6 に記載の 3 次元プリンタ。

**【請求項 8】**

前記中空部材の前記壁が、前記ドライバが前記中空部材を回転させる軸に対して平行な角度を形成する、請求項 1 に記載の 3 次元プリンタ。

**【請求項 9】**

40

前記中空部材の前記壁が、前記第 1 のドライバが前記中空部材を回転させる軸に対して傾斜した角度を形成する、請求項 1 に記載の 3 次元プリンタ。

**【請求項 10】**

前記中空部材に動作可能に接続される位置エンコーダであって、前記位置エンコーダが、前記中空部材の回転位置の関数として交流信号を生成するように構成され、前記コントローラが、前記位置エンコーダに動作可能に接続され、前記コントローラが、

所定の期間に生成される前記交流信号のいくつかの整数周期および分数周期を合計し、前記所定の期間の前記交流信号の整数周期および分数周期を参照して、前記中空部材の回転速度を特定し、

前記交流信号の前記整数周期および分数周期ならびに変換係数を参照して、前記中空部

50

材の位置を特定し、

前記中空部材の前記特定された回転速度および前記特定された位置を参照して、前記壁の前記内部表面上へ前記材料を射出するために、前記第1の印字ヘッド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3次元プリンタ。

【請求項11】

前記コントローラは、さらに、前記第1の印字ヘッドに対向する位置の前記中空部材の表面速度が所定の表面速度となるように、前記第1の印字ヘッドの位置に応じて、前記中空部材の回転速度を調整するように構成される、請求項10に記載の3次元プリンタ。

【請求項12】

前記壁の前記内部表面上に材料を射出することができるように前記中空部材内に装着される第2の印字ヘッドをさらに備え、

前記コントローラは、前記第2の印字ヘッドに動作可能に接続され、前記壁の前記内部表面上へ材料を射出するように前記第2の印字ヘッドを動作させるように構成される、

ことを特徴とする請求項1に記載の3次元プリンタ。

【請求項13】

前記第2の印字ヘッドは、前記第1の印字ヘッドから、前記中空部材の回転によって定義される周方向に離間して配置されている、請求項12に記載の3次元プリンタ。

【請求項14】

前記第2の印字ヘッドは、前記第1の印字ヘッドと前記第2の印字ヘッドが前記壁の回転方向に対して垂直な方向に延びるように、前記第1の印字ヘッドに隣接して配置される、請求項12に記載の3次元プリンタ。

【請求項15】

前記コントローラは、さらに、前記中空部材の前記内部表面上に射出された前記材料層を硬化可能とするために、前記中空部材の1回転以上の回転後に前記中空部材の前記内部表面上に材料を射出するように前記第1の印字ヘッドを選択的に動作させるように構成される、請求項1に記載の3次元プリンタ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この文書に開示される機器は、一般的には3次元プリンタに関し、より詳しくは、動く表面上に3次元対象物を生成するための機器に関する。

【背景技術】

【0002】

デジタル3次元製造は、デジタル付加製造としても知られ、デジタルモデルから実質的に任意の形状の3次元固体対象物を作製するプロセスである。3次元印刷は、連続する材料層が異なる形状で基板上に形成される付加するプロセスを用いて達成される。3次元印刷は、伝統的な対象物形成技術と区別することができる。伝統的な対象物形成技術は、切削またはドリル加工などの取り除くプロセスによってワークピースから材料を除去することに大部分依存している。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかし、既存の3次元システムは、遅くて、著しい無駄を発生する生産技術を用いる。最高水準の技術のシステムは、対象物を形成するために単一のスキャンする印字ヘッドがその上に材料層をゆっくりと堆積させる平坦なステージ領域を用いる。印字ヘッドは、典型的にはステージより実質的に小さく、対象物の各層を形成するために、ステージの前後に複数回スキャンしなければならない。スキャン動作は、家庭用インクジェットプリンタが動作する方法に類似しており、3次元プリンタが対象物を生成することができる速度に厳しい制約を課す。対象物を形成するためにステージを横切って印字ヘッドをスキャンす

10

20

30

40

50

る必要がなくなるように、３次元プリンタを改良することが望ましい。

【課題を解決するための手段】

【０００４】

３次元対象物を生成するための機器の第１の実施形態を開発した。機器の第１の実施形態は、壁を有する中空部材と、第１の印字ヘッドが壁の内部表面上に材料を射出することができるように中空部材内に装着される第１の印字ヘッドと、中空部材の壁を印字ヘッドの周りに回転させるために、中空部材に動作可能に接続される第１のドライバと、第１の印字ヘッドおよび第１のドライバに動作可能に接続されるコントローラと、を備える。コントローラは、中空部材を回転させるために第１のドライバを動作させるように、および、壁の内部表面上へ材料を射出し、壁が第１の印字ヘッドの周りを回転するにつれて壁の上に材料層を構築するために第１の印字ヘッドを動作させるように構成される。

10

【図面の簡単な説明】

【０００５】

【図１】図１は、３次元対象物を生成するためのプリンタの第１の実施形態の斜視図である。

【図２】図２は、基板の回転軸に対して、回転する基板および少なくとも１つの印字ヘッドの方向を示す図１のプリンタの平面図である。

【図３】図３は、基板の回転軸に対して、回転する基板および少なくとも１つの印字ヘッドの方向を示す、図２のプリンタの線Ａ－Ａに沿った部分的断面図である。

【図４】図４は、図１のプリンタの第２の実施形態の平面図である。

20

【図５】図５は、基板の回転軸に対して、回転基板および少なくとも１つの印字ヘッドの方向を示す、図４のプリンタの線Ｂ－Ｂに沿った部分的断面図である。

【図６】図６は、図１のプリンタの第３の実施形態の平面図である。

【図７】図７は、基板の回転軸に対して、回転基板および少なくとも１つの印字ヘッドの方向を示す、図６のプリンタの線Ｃ－Ｃに沿った部分的断面図である。

【図８】図８は、図４のプリンタの第２の実施形態で形成される３次元対象物に作用する力の模式的な図である。

【図９】図９は、図１のプリンタの第１の実施形態で形成される３次元対象物に作用する力の模式的な図である。

30

【発明を実施するための形態】

【０００６】

図１および図２は、３次元対象物２０を生成するためのプリンタ１００の第１の実施形態を示す。プリンタ１００は、回転可能な中空部材２４を支持するように構成される外側フレーム２２および中空部材２４内で第１の印字ヘッド２８（図２）を支持するように構成される内側フレーム２６を含む。外側フレーム２２は、中空部材２４が軸３０の周りに内側フレーム２６に対して回転することができるようにさらに構成される。中空部材２４は、軸３０を囲む連続した内部表面３４または基板を形成する少なくとも１つの壁３２を有する。中空部材２４が軸３０の周りに回転（矢印３６の方向に）することによって、壁３２の内部表面３４の一部が第１の印字ヘッド２８を通過してプロセス方向３８（図２）に移動する。中空部材２４内に第１の印字ヘッド２８を配置することによって、第１の印字ヘッド２８が、一般的に軸３０から離れた方向に、壁３２の内部表面３４上に材料を射出することができる。本明細書において、「プロセス方向」という用語は、中空部材２４が軸３０の周りに回転する場合に、壁３２の内部表面３４の任意の位置の接線表面速度と同じ方向を意味する。

40

【０００７】

プリンタ１００は、中空部材２４に動作可能に接続される第１のドライバ４０および第１の印字ヘッド２８に動作可能に接続される第２のドライバ４２をさらに含む。第１のドライバ４０は、中空部材２４の壁３２を第１の印字ヘッド２８の周りに回転させるように構成される。一実施形態では、第１のドライバ４０は、１つ以上のモーター駆動のギアを介して中空部材２４を回転させるように構成される電気機械モーターである。他の実施形

50

態では、第１のドライバ４０は、移動する磁場を生成することによって中空部材２４を回転させるように構成される磁気駆動システムである。さらに別の実施形態では、第１のドライバ４０は、圧力媒体の圧力差を生成することによって中空部材２４を回転させるように構成される空気圧または油圧システムである。

【０００８】

第２のドライバ４２は、第１の印字ヘッド２８の位置を中空部材２４の壁３２に対して移動させるように構成される。一実施形態では、第２のドライバ４２は、壁３２の内部表面３４に平行な方向に第１の印字ヘッド２８を移動させる。いくつかの実施形態では、第２のドライバ４２は、壁３２の内部表面３４の幅を横切るクロスプロセス方向４４（図３）に第１の印字ヘッド２８を移動させる。本明細書において、「クロスプロセス方向」という用語は、プロセス方向３８に対して垂直であり、壁３２の平面内にある方向を意味する。

【０００９】

別の実施形態では、第２のドライバ４２は、壁３２の内部表面３４に垂直なｚ方向４６に第１の印字ヘッド２８を移動させる。いくつかの実施形態では、ｚ方向４６は軸３０に対して垂直である。他の実施形態では、ｚ方向４６は軸３０に対して傾斜している。第１の印字ヘッド２８がｚ方向４６に動くことによって、第１の印字ヘッド２８が中空部材２４の内部表面３４から最も遠い射出された材料層から離れて一定の距離またはギャップを保持することができる。軸３０に関するｚ方向４６および壁３２の内部表面３４の方向については、以下でさらに詳細に述べる。

【００１０】

一実施形態における第１の印字ヘッド２８は、中空部材２４の全幅にわたってクロスプロセス方向４４に材料を射出することができる全幅印字ヘッドである。別の実施形態では、プリンタ１００は、中空部材２４内に装着される１つ以上の付加的な全幅印字ヘッド４８を含み、内部表面３４が各印字ヘッドを通過して回転するにつれて、付加的な印字ヘッド４８の各々が壁３２上に材料を射出することができる。この実施形態における第１の印字ヘッド２８および付加的な印字ヘッド４８は、中空部材２４の回転によって定義される円周方向に互いに間隔を置いて配置される。円周方向に間隔を置くことで形成される印字ヘッド２８、４８の複数のラインによって、印字ヘッド２８、４８がより速いプロセス速度で３次元対象物を形成し、色、導電率など様々な特性を有する１つ以上の異なるタイプの材料を射出することができる。印字ヘッド２８、４８の複数のラインから異なるタイプの材料を射出することによって、プリンタ１００が３次元対象物を構築するための同じ層または異なる層上に様々なタイプの材料を射出することによって複雑なパーツを形成することができる。

【００１１】

別の実施形態における第１の印字ヘッド２８は、クロスプロセス方向４４に中空部材２４の幅の一部に材料を射出することができる部分幅印字ヘッドである。この実施形態における第１の印字ヘッド２８は、第１の印字ヘッド２８が中空部材２４の幅を横切って材料を射出できるように、クロスプロセス方向４４に内部表面３４に対して平行に移動する。いくつかの実施形態では、第１の印字ヘッド２８がクロスプロセス方向４４に移動することによって、プリンタが複数の別々の、または隣接する垂直なリングを中空部材２４の内部表面３４上に形成することができる。他の実施形態では、第１の印字ヘッド２８がクロスプロセス方向４４に移動することによって、プリンタ１００が螺旋または理髪店の看板柱パターンを中空部材２４の内部表面３４上に形成することができる。第１の印字ヘッド２８が部分幅印字ヘッドである別の実施形態では、プリンタ１００は、中空部材２４内に装着され、第１の印字ヘッド２８に隣接して配置される１つ以上の付加的な部分幅印字ヘッド４８を含む。印字ヘッド４８は、クロスプロセス方向４４に中空部材２４の全幅にわたって継ぎ目なく材料を射出するように配列される。プリンタ１００は、円周方向に間隔を置いた部分幅印字ヘッド２８、４８の１つもしくは複数のラインまたは全幅印字ヘッド２８、４８の１つもしくは複数のラインを含むことができ、印字ヘッド２８、

48のそれぞれのラインから同じまたは異なるタイプの材料を射出することができる。

【0012】

一実施形態では、プリンタ100は、プリンタ100がマルチチャネル印字ヘッドから中空部材24上に1つ以上の異なるタイプの材料を射出することを可能にする、少なくとも1つのマルチチャネル印字ヘッドを有する。一実施形態におけるマルチチャネル印字ヘッドは、第1のチャネルから中空部材24の内部表面34上に、ポリ乳酸(PLA)材料、ナイロン材料、アクリロニトリルブタジエンスチレン(ABS)材料、および金属粒子のうちの1つまたは複数を射出するように構成される。マルチチャネル印字ヘッドは、第2のチャネルから中空部材24上に、または中空部材24上に射出された1つ以上の1つ以上の材料層上に、除去可能な支持足場を射出するようにさらに構成される。一実施形態における射出された支持足場は、摩耗、切削および研磨を含むがこれらに限定されない1つ以上の差し引くプロセスによって除去することができる。別の実施形態では、射出された支持足場は、化学的または熱的溶解プロセスにより除去することができる。

10

【0013】

プリンタ100は、第1のドライバ40が軸30の周りに中空部材24を回転させるにつれて、中空部材24の累積的な位置および周期的な平均速度を決定するためのモニタリングシステムをさらに含む。モニタリングシステムは、中空部材24に動作可能に接続される位置エンコーダ50を含む。エンコーダ50は、インデックスマークが軸30の周りを回転するにつれて、中空部材24のインデックスマークの角度位置を表す一連の周期信号を生成するように構成される。また、モニタリングシステムは、エンコーダ信号の最大周波数より大きい周波数でクロックパルスを発生させるように構成される高周波クロック、および所定のサンプル間隔の合計時間を制御するためのタイマーを含む。また、モニタリングシステムは、完了した整数のエンコーダ信号周期の数を累算するためのカウンタ、および最後の整数のエンコーダ周期とサンプル間隔の終わりとの間の完了したエンコーダ信号周期の分数部分のサイズを決定するように構成される算術論理ユニットを含む。

20

【0014】

中空部材24の回転速度は、整数のエンコーダ信号周期の数とエンコーダ周期の分数部分との合計を計算し、その合計を所定のサンプル間隔で割ることによって決定される。中空部材24の累積的な位置は、整数のエンコーダ信号周期の数とエンコーダ周期の分数部分との合計にエンコーダ位置変換係数を掛けることによって決定される。いくつかの実施形態では、中空部材24の不完全性による反復可能な周期的偏心、または対象物の構造による既知の計算可能なばらつきを補償するために、ルックアップ補正による較正がエンコーダ信号に追加される。回転体の累積的な位置および周期的な平均速度を決定するためのシステムに関する詳細は、Raj et al.による米国特許第5,237,521号に見いだされる。上記の開示は完全に参照することによって本明細書に全体として組み込まれる。

30

【0015】

図3は、軸30に対して中空部材24の壁32の方向を示すために、図2のプリンタ100の第1の実施形態の線A-Aに沿った部分的断面図である。本開示の目的のために、「垂直」という相対的方向は、一般に図面の横縁に平行な方向を指し、「水平」という相対的方向は、一般に図面の上下縁に平行な方向を指す。本明細書で用いる垂直方向は、重力が対象物に作用する方向に実質的に平行である。

40

【0016】

プリンタ100の第1の実施形態の中空部材24の壁32は、軸30に平行である。図3には中空部材24の軸30を垂直方向に示しているが、軸30を他の方向とすることが可能であり、例えば水平な方向あるいは水平方向と垂直方向との間の方向とすることができる。図3には、軸30の右側に1つの部分幅印字ヘッド28および軸30の左側に2つのクロスプロセスの間隔をあけた部分幅印字ヘッド48を有するプリンタ100を示しているが、プリンタ100は、3次元対象物を形成するための、部分幅および全幅印字ヘッドの任意の数および組合せを含むことができる。プリンタ100の第1の実施形態を用い

50

ている3次元対象物の印刷は、射出された材料に作用する重力と、中空部材24の内部表面34上へ射出される材料の回転から生じる反力とのバランスに関係する。重力と反力とのバランスは、後でさらに詳細に述べる。

#### 【0017】

図2および図3を参照すると、一実施形態のプリンタ100は、センサ51と中空部材24の内部表面34から最も遠い射出された材料層との間のギャップの距離に対応する信号を生成するように構成される少なくとも1つのギャップセンサ51をさらに含む。図示した本実施形態のセンサ51は、センサ51によって生成される信号が第1の印字ヘッド28と内部表面34から最も遠い材料層との間のギャップの距離に対応するように、第1の印字ヘッド28の印刷面53と同一平面上に配置される。別の実施形態におけるセンサ51は、印字ヘッドの印刷面53から既知の距離だけ間隔を置いて配置される。この配置によって、第1の印字ヘッド28と内部表面34から最も遠い材料層との間のギャップの距離を、センサ51によって生成される信号および印刷面53とセンサ51との既知の間隔から決定することができる。いくつかの実施形態におけるギャップセンサ51は接触覚センサであり、他の実施形態におけるギャップセンサ51は非接触覚センサである。

10

#### 【0018】

図4は、軸30の方向から見た、3次元対象物を生成するためのプリンタ200の第2の実施形態を示す。プリンタ200の第2の実施形態は、中空部材24の壁32が円筒状ではなく円錐状であることを除けば、図1～図3に示すプリンタ100の第1の実施形態に実質的に類似する。中空部材24の壁32の内部表面34は、プリンタ200の最上部の近くの上部エッジ49とプリンタ200の底部の近くの軸方向に間隔を置いた下部エッジ55との間に延在する。下部エッジ55の直径は、上部エッジ49の直径より小さい。上部エッジ49および下部エッジ55の直径が異なることで、壁32の内部表面34がプリンタ200の底部ではプリンタ200の最上部におけるよりも軸30により近く配置され、それによって軸30に向かって内部表面34に角度を付ける。

20

#### 【0019】

図5は、軸30に対して中空部材24の壁32の方向をさらに示すために、図4のプリンタ200の第2の実施形態の線B-Bに沿った部分的断面図である。図5に示すように、中空部材24の壁32は、軸30に対して傾斜した方向を有する。中空部材24の壁32を軸30に対してある特定の角度をもって示しているが、壁32は軸30について平行な方向と垂直な方向との間の任意の角度を有することができる。第2のドライバ42および印字ヘッド28、48も、印字ヘッドが壁32の勾配に平行になるように、壁32に対してある角度に配置される。図5には、軸30の右側に1つの部分幅印字ヘッド28および軸30の左側に2つのクロスプロセスの間隔をあけた部分幅印字ヘッド48を有するプリンタ200を示しているが、プリンタ200は、3次元対象物を形成するための、部分幅および全幅印字ヘッドの任意の数および組合せを含むことができる。プリンタ200の第2の実施形態を用いている3次元対象物の印刷は、射出された材料に作用する重力と、中空部材24の内部表面34上へ射出される材料の回転から生じる反力とのバランスに関係する。重力と反力とのバランスは、後でさらに詳細に述べる。

30

#### 【0020】

図6は、3次元対象物を生成するためのプリンタ300の第3の実施形態を示す。プリンタ300は、回転可能な円形部材52を支持するように構成されるベースおよび円形部材52の外径内に第1の印字ヘッド28を支持するように構成されるフレーム54を含む。ベースは、円形部材52が軸30(図7)の周りにフレーム54に対して回転できるようにさらに構成される。円形部材52は、プリンタ300の軸30を囲む少なくとも1つの連続した最上面56または基板を有する。円形部材52が軸30の周りに回転する(矢印36の方向に)ことによって、円形部材52の最上面56の一部が第1の印字ヘッド28を通過してプロセス方向38に動く。円形部材52の外径内に第1の印字ヘッド28を配置することによって、第1の印字ヘッド28が、一般的に軸30に平行な方向に、円形部材52の最上面56上に材料を射出することができる。本明細書において、「プロセス

40

50



方向」という用語は、円形部材 5 2 が軸 3 0 の周りに回転する場合に、円形部材 5 2 の最上面 5 6 の任意の所与の位置の接線表面速度と同じ方向を意味する。

【 0 0 2 1 】

プリンタ 3 0 0 は、円形部材 5 2 に動作可能に接続される第 1 のドライバ 4 0 および第 1 の印字ヘッド 2 8 に動作可能に接続される第 2 のドライバ 4 2 をさらに含む。第 1 のドライバ 4 0 は、第 1 の印字ヘッド 2 8 を通過して、円形部材 5 2 の最上面 5 6 を回転させるように構成される。図 1 ~ 図 3 に関して上述したように、第 1 のドライバ 4 0 は、電気機械モーター、磁気駆動システム、空気圧もしくは油圧システム、または円形部材 5 2 を軸 3 0 の周りに回転させるように構成されるいかなる機器またはシステムであってもよい。

10

【 0 0 2 2 】

第 2 のドライバ 4 2 は、円形部材 5 2 の最上面 5 6 に対して第 1 の印字ヘッド 2 8 の位置を移動するように構成される。一実施形態では、第 2 のドライバ 4 2 は、円形部材 5 2 の最上面 5 6 に平行な方向に第 1 の印字ヘッド 2 8 を移動させる。いくつかの実施形態では、第 2 のドライバ 4 2 は、円形部材 5 2 の最上面 5 6 の幅を横切るクロスプロセス方向 4 4 に印字ヘッドを移動させる。本明細書において、「クロスプロセス方向」という用語は、プロセス方向 3 8 に対して垂直な方向を意味する。

【 0 0 2 3 】

図 7 は、プリンタ 3 0 0 の構成要素の相対的方向を示すために、図 6 のプリンタ 3 0 0 の第 3 の実施形態の線 C - C に沿って切断した一部分の断面図を示す。図 7 に示すように、円形部材 5 2 の最上面 5 6 は、軸 3 0 に垂直である。本実施形態における第 1 の印字ヘッド 2 8 は、軸 3 0 に沿った部分的断面図である。第 2 のドライバ 4 2 は、円形部材 5 2 の最上面 5 6 に垂直であって軸 3 0 に平行な z 方向 4 6 に第 1 の印字ヘッド 2 8 を動かすようにさらに構成される。第 1 の印字ヘッド 2 8 が z 方向 4 6 に動くことによって、第 1 の印字ヘッド 2 8 が円形部材 5 2 の最上面 5 6 から最も遠い射出された材料層から離れて一定の距離またはギャップを保持することができる。別の実施形態では、円形部材 5 2 の最上面 5 6 は、一定のギャップを保持するために第 1 の印字ヘッド 2 8 から離れて低くなるように構成される。

20

【 0 0 2 4 】

プリンタ 1 0 0、2 0 0 の第 1 および第 2 の実施形態と同様に、プリンタ 3 0 0 の第 3 の実施形態は、印字ヘッドが円形部材 5 2 の最上面 5 6 上に材料を射出することを可能にするために、円形部材 5 2 の外径内に装着される 1 つ以上の付加的な印字ヘッド 4 8 を含むことができる。第 1 の印字ヘッド 2 8 および 1 つ以上の付加的な印字ヘッド 4 8 は、全幅印字ヘッド、部分幅印字ヘッド、または全幅および部分幅印字ヘッドの任意の組合せであってもよい。

30

【 0 0 2 5 】

第 1 の印字ヘッド 2 8 が部分幅印字ヘッドである一実施形態では、第 1 の印字ヘッド 2 8 が円形部材 5 2 の幅を横切って材料を射出できるように、第 1 の印字ヘッド 2 8 はクロスプロセス方向 4 4 に最上面 5 6 に対して平行に移動する。いくつかの実施形態では、第 1 の印字ヘッド 2 8 が移動することで、プリンタ 3 0 0 が複数の隣接する、または別々の垂直なリングを円形部材 5 2 の最上面 5 6 の上に形成することができる。他の実施形態では、第 1 の印字ヘッド 2 8 が移動することによって、プリンタ 3 0 0 が螺旋または理髪店の看板柱パターンを円形部材 5 2 の最上面 5 6 上に形成することができる。複数の印字ヘッドを有する一実施形態では、第 1 の印字ヘッド 2 8 および 1 つ以上の付加的な印字ヘッド 4 8 は、円形部材 5 2 の回転によって定義される円周方向に互いに間隔を置いて配置される。円周方向に間隔を置くことで形成される印字ヘッドの複数のラインによって、印字ヘッド 2 8、4 8 が例えば色、導電率などの様々な特性を有する 1 つ以上の異なるタイプの材料を射出することができる。印字ヘッドの複数のラインから異なるタイプの材料を射出することによって、プリンタ 3 0 0 が 3 次元対象物を構築するための同じ層または異なる層上に様々なタイプの材料を射出することによって複雑なパーツを形成することができ

40

50

る。複数の印字ヘッドを含む別の実施形態では、第1の印字ヘッド28および1つ以上の付加的な印字ヘッド48は互いに隣接して配置され、そのようにして、印字ヘッド28、48がクロスプロセス方向44に円形部材52の全幅にわたって継ぎ目なく材料を射出するように配列される。

#### 【0026】

一実施形態では、プリンタ300は、プリンタ300がマルチチャネル印字ヘッドから円形部材52上に1つ以上の異なるタイプの材料を射出することを可能にする、少なくとも1つのマルチチャネル印字ヘッドを有する。一実施形態におけるマルチチャネル印字ヘッドは、第1のチャネルから円形部材52の最上面56上に、ポリ乳酸(PLA)材料、ナイロン材料、アクリロニトリルブタジエンスチレン(ABS)材料、および金属粒子のうちの1つまたは複数を射出するように構成される。マルチチャネル印字ヘッドは、第2のチャネルから円形部材52上に、または円形部材52上に射出された1つ以上の材料層上に、除去可能な支持足場を射出するようにさらに構成される。一実施形態における射出された支持足場は、摩耗、切削および研磨を含むがこれらに限定されない1つ以上の取り除くプロセスによって除去することができる。別の実施形態では、射出された支持足場は、化学的または熱的溶解プロセスにより除去することができる。

#### 【0027】

図6および図7を参照すると、一実施形態のプリンタ300は、センサ51と円形部材52の最上面56から最も遠い射出された材料層との間のギャップの距離に対応する信号を生成するように構成される少なくとも1つのギャップセンサ51をさらに含む。図示した本実施形態のセンサ51は、センサ51によって生成される信号が第1の印字ヘッド28と最上面56から最も遠い材料層との間のギャップの距離に対応するように、第1の印字ヘッド28の印刷面53と同一平面上に配置される。別の実施形態におけるセンサ51は、印字ヘッドの印刷面53から既知の距離だけ間隔を置いて配置される。この配置によって、第1の印字ヘッド28と最上面56から最も遠い材料層との間のギャップの距離を、センサ51によって生成される信号および印刷面53とセンサ51との既知の間隔から決定することができる。いくつかの実施形態におけるギャップセンサ51は接触覚センサであり、他の実施形態におけるギャップセンサ51は非接触覚センサである。

#### 【0028】

プリンタ100、200、300の様々なサブシステム、構成部品および機能の動作および制御は、コントローラおよびメモリの助けにより実行される。特に、コントローラは、基板の速度および位置をモニタして、1つ以上の印字ヘッドから材料を射出するタイミングを決定する。コントローラは、プログラムされた命令を実行する、一般的または専門的なプログラマブルプロセッサを用いて実装することができる。コントローラはメモリに動作可能に接続され、コントローラが命令を読み出し、メモリ中のプログラムされた機能を実行するために必要なデータの読み出しおよび書き込みを行うことができる。これらの構成部品は、プリント回路カードで提供されてもよく、あるいは特定用途向け集積回路(ASIC)の回路として提供されてもよい。回路の各々が別々のプロセッサで実装されてもよく、あるいは複数の回路が同じプロセッサに実装されてもよい。あるいは、回路が個別部品またはVLSI回路で提供される回路を用いて実装されてもよい。また、本明細書に記載した回路は、プロセッサ、ASIC、個別部品、またはVLSI回路の組合せを用いて実装されてもよい。

#### 【0029】

コントローラ58は、第1の印字ヘッド28、第1のドライバ40、第2のドライバ42、およびエンコーダ50に動作可能に接続される。コントローラ58は、3次元プリンタ100、200、300を動作させて3次元対象物を生成するために、メモリに格納されたプログラムされた命令を実行するように構成される。以下の議論では、「基板」という用語は、中空部材24の内部表面34(図1~図5)および円形部材52の最上面56(図6および図7)を集合的に指す。また、「プリンタ」という用語は、上述したプリンタ100、200、300の第1(図1~図3)、第2(図4および図5)、および第

3 (図6および図7)の実施形態を集合的に指す。

【0030】

コントローラ58は、基板34、56を一定の角速度で回転させるように第1のドライバ40を動作させる。プリンタ100の第1の実施形態では、基板34、56上の全ての位置が軸30から近似的に同じ距離に位置するので、基板34、56全体にわたって任意の位置の表面速度は同じになる。プリンタ200、300の第2および第3の実施形態では、基板34、56のいくつかの位置は軸30からの距離が他の位置とは異なるので、基板34、56全体の表面速度は変化する。

【0031】

基板34、56全体の変化する表面速度に対応するために、一実施形態のコントローラ58は、軸30から所定の距離における所定の表面速度を保持する。この実施形態では、所定の距離より軸30に近い基板34、56上の位置では、表面速度が所定の距離における速度より遅くなる。対照的に、所定の距離より軸30から遠い基板34、56上の位置では、表面速度が所定の距離における速度より速くなる。別の実施形態では、コントローラ58は第1のドライバ40を基板34、56の角速度を調整するように動作させて、動作している印字ヘッドの所定の位置の反対側の基板34、56の一部が所定の表面速度で所定の位置を通過するようにする。

【0032】

第1のドライバ40が基板34、56を一定の角速度で回転させるにつれて、コントローラ58は第1の印字ヘッド28を基板34、56上に材料を射出するように動作させる。第1の印字ヘッド28は、3次元対象物を生成するための材料層を構築するように、選択的または連続的に動作させることができる。コントローラ58は、基板34、56の角度位置の関数として、選択的に印字ヘッドを動作させるために、モニタリングシステムから挿入されたエンコーダ信号を用いる。また、コントローラ58は、基板34、56全体の速度変化を補償するように基板34、56の角速度を調整するために、挿入されたエンコーダ信号を用いる。コントローラ58が所定の速度を保持する所定の位置から半径方向に離れたところにある、動作している印字ヘッドの位置における異なる実効的な速度を説明するために、いくつかの実施形態では画像処理ビットマップを修正することができる。

【0033】

一実施形態のコントローラ58は、印字ヘッドから射出された1つ以上の材料層を硬化することを可能にするために、基板34、56の1回または複数回の回転の後に基板34、56上に材料を射出するように、第1の印字ヘッド28を選択的に動作させる。別の実施形態では、コントローラ58は、直近に射出された材料の硬化またはキュアリングを可能にするために、基板34、56の回転を一時的に停止または中断するように、第1のドライバ40を動作させる。別の実施形態では、直近に射出された材料を硬化させるために、後続の層が第1の印字ヘッド28から射出される前にレーザー焼結プロセスを実行する。

【0034】

コントローラ58は、基板34、56上に形成される対象物のデジタル画像によって駆動されるほぼ一定の周波数で、第1の印字ヘッド28に射出させる。一実施形態では、コントローラ58は、約39キロヘルツの周波数で印字ヘッドを動作させる。他の実施形態では、コントローラ58は、39キロヘルツより高い、またはそれより低い周波数で印字ヘッドを動作させる。印字ヘッド動作周波数は、典型的には、いくつかのシステムパラメータに関連して選択される。これらのパラメータは、生成する3次元対象物の複雑さおよび/またはサイズ、3次元対象物を生成するために用いる基板および/またはプリンタのサイズ、ならびに3次元対象物の層を構築するために用いる1つ以上の材料の性質および特性を含むが、これらに限定されるものではない。

【0035】

コントローラ58は、第1の印字ヘッド28のz方向46の位置を調整するために、第1の印字ヘッド28から各材料層までの距離を特定する。一実施形態のコントローラ58

10

20

30

40

50

は、基板 3 4、5 6 上に射出される材料の位置、量および性質に基づいて距離を推定する。別の実施形態では、コントローラ 5 8 は、ギャップセンサ 5 1 によって生成された信号を参照して、基板 3 4、5 6 から最も遠い材料層の距離を特定する。一実施形態のギャップセンサ 5 1 は、印字ヘッドの動きによってセンサ 5 1 も動くように第 1 の印字ヘッド 2 8 に固定される。他の実施形態では、ギャップセンサ 5 1 は、センサ 5 1 から基板までの距離が一定にとどまるようにフレーム 2 6、5 4 に固定される。ギャップセンサ 5 1 を実装する全ての実施形態において、基板に関するセンサ 5 1 の位置は、基準点として較正され、メモリに記憶される。

#### 【0036】

コントローラ 5 8 は、印字ヘッドと基板 3 4、5 6 から最も遠い射出された材料層との間の所定のギャップを保持するために、第 1 の印字ヘッド 2 8 を z 方向 4 6 に動かすように、特定された距離を参照して第 2 のドライバ 4 2 を動作させる。所定のギャップによって、プリンタ 1 0 0、2 0 0、3 0 0 が 3 次元対象物を形成するための一貫した条件を、コントローラ 5 8 が保持することができる。所定のギャップによって、コントローラ 5 8 が、第 1 の印字ヘッド 2 8 から基板 3 4、5 6 または既存の材料層までの予測可能な飛行時間で、第 1 の印字ヘッド 2 8 から材料を射出することができる。また、所定のギャップによって、コントローラ 5 8 が回転する対象物から引き込まれる空気を説明することができる。さらに所定のギャップによって、すでに基板上に射出された材料が第 1 の印字ヘッド 2 8 を通過する場合に、衝突の発生を防止する。一実施形態では、第 2 のドライバ 4 2 は、挿入されたエンコーダ出力およびギャップセンサ 5 1 の 1 つまたは複数を参照して、コントローラ 5 8 によって動作するステップモーターとして実現される。いくつかの実施形態では、印字ヘッドの z 方向 4 6 の動きは、基板 3 4、5 6 の回転中は、滑らかであり、あるいは連続的である。他の実施形態では、印字ヘッドの z 方向 4 6 の動きは別々の動きであって、例えば、基板 3 4、5 6 が印字ヘッドを通過する回転が完了するごとに別々の並進移動が成される。

#### 【0037】

いくつかの実施形態のコントローラ 5 8 は、第 1 の印字ヘッド 2 8 を基板 3 4、5 6 に対してクロスプロセス方向 4 4 に動かすように、第 2 のドライバ 4 2 を動作させる。クロスプロセス方向の動きによって、印字ヘッドが、クロスプロセス方向 4 4 に固定された印字ヘッドで可能であるよりも高いクロスプロセス解像度で材料を射出することができる。いくつかの実施形態では、印字ヘッドのクロスプロセス方向 4 4 の動きは、基板 3 4、5 6 の回転中は、滑らかであり、あるいは連続的である。他の実施形態における印字ヘッドのクロスプロセス方向 4 4 の動きは別々の動きであって、例えば、基板 3 4、5 6 が動作可能な印字ヘッドを通過する回転が完了するごとに別々の並進移動が成される。さらに他の実施形態では、印字ヘッドのクロスプロセス方向 4 4 の動きは、印字ヘッドが中空部材 2 4 の幅に沿って均一で連続的な射出を形成するように、連続もしくは螺旋運動および個別の運動の組合せを含む。

#### 【0038】

様々なプリンタの実施形態の基板方向、重力、および射出された材料に作用する向心力は、3 次元対象物を生成する際に、特徴のずれもしくは弛みなどの対象物の欠陥、またはプリンタ 1 0 0、2 0 0 および 3 0 0 から射出される材料の方向のずれを回避するために考慮される。さらなる材料層が基板 3 4、5 6 上に堆積するにつれて向心力が変化するので、向心力を考慮することは有益である。いくつかの実施形態では、ピクセル位置および/または印字ヘッドから材料を射出するタイミングを調整して、様々な力による対象物の特徴の弛みまたはずれを補償するために、コントローラ 5 8 がソフトウェアマッピング処理を実行することができる。いくつかの実施形態では、特徴欠陥を回避するための調整を特定するために、対象物画像ファイルの有限要素モデル計算を実行する。対象物がその形成中に転倒しないことを確実にするために、ロールオーバー計算を実行することもできる。

#### 【0039】

重力または向心力によって対象物が基板 3 4、5 6 上で滑らないことを確実にするために、3 次元対象物を生成する際に、基板 3 4、5 6 と基板 3 4、5 6 に隣接した射出された材料の一部との間の摩擦力も考慮される。いくつかの実施形態では、高摩擦表面を有する基板 3 4、5 6 を構成することによって滑ることを回避する。しかし、高摩擦表面は、完成した 3 次元対象物を基板 3 4、5 6 から取り外すことをますます困難にするおそれがある。

#### 【0040】

図 8 は、対象物がプリンタ 2 0 0 (図 4 および図 5) の第 2 の実施形態の基板 3 4、5 6 に載置されている場合に、一般的な対象物 2 0 に作用する様々な力を示す。図は、重力に平行な鉛直軸に対して任意角 ( ) を有する基板 3 4、5 6 を示す。重力 ( $F_g$ ) は鉛直方向に向き、基板面内のベクトル ( $F_{g_p}$ ) と基板面に垂直なベクトル ( $F_{g_n}$ ) とに分解される。ここで、 $F_{g_p} = F_g \cos$  であり、 $F_{g_n} = F_g \sin$  である。見かけ上の遠心力 ( $F_c$ ) は軸 3 0 に垂直な方向に向き、基板面内の軸 3 0 から離れる方向に向くベクトル ( $F_{c_p}$ ) と基板面に垂直なベクトル ( $F_{c_n}$ ) とに分解される。ここで、 $F_{c_p} = F_c \sin$  であり、 $F_{c_n} = F_c \cos$  である。対象物に作用する重力 ( $F_{g_n}$ ) の法線力成分および対象物に作用する見かけ上の遠心力 ( $F_{c_n}$ ) の法線力成分の合計は、基板上の対象物の法線力 ( $F_n$ ) に等しい。ここで、 $F_n = F_{g_n} + F_{c_n}$  である。

#### 【0041】

いくつかの実施形態では、対象物が軸 3 0 の周りに回転する際に対象物を所定の位置に保持するために、対象物と基板 3 4、5 6 との間の静止摩擦が十分であるように、プリンタ 1 0 0、2 0 0、3 0 0 は対象物に作用する力のバランスをとるように構成される。表 1 は、プリンタ 2 0 0 により生成される対象物に作用する力を近似的にバランスさせるために、プリンタ 2 0 0 の第 2 の実施形態で用いられる設計パラメータの一例を示す。

#### 【表 1】

速度	2. 5 4 m / s	5 0 0 f t / m i n	
半径	0. 7 5 m	2 9. 5 3 i n	
角速度	3. 3 9 r a d / s		
向心加速度	8. 6 m / s <sup>2</sup>		
重力加速度	9. 8 m / s <sup>2</sup>		
シータ (θ)	0. 5 4 r a d	3 0. 9 d e g	
重力の基板に沿う成分	8. 4 1		
遠心力の基板に沿う成分	4. 4 2		
法線力	1 2. 4 2		
静止摩擦係数	0. 4 5		
基板面内の正味加速度	3. 9 8	正 = 下へおよび中へ 負 = 上へおよび外へ	
反作用摩擦	5. 5 9		
クロスプロセス部分の寸法	0. 1 m		
底部エッジの速度	2. 4 5 m / s		
最上部エッジの速度	2. 6 3 m / s		
パーセント速度偏差	7 %		

#### 【0042】

表 1 に示すように、基板 3 4 は 5 0 0 f t / m i n の表面速度で回転する。表に示す静止摩擦係数 0. 4 5 は、スチール基板上に射出されるポリエステル熱可塑性材料の静止摩擦係数の範囲のほぼ中間点である。一実施形態では、必要に応じて静止摩擦係数を約 0. 5 から 0. 6 までの範囲に増加させるために、業界標準の高摩擦コーティングを基板に適用する。表 1 に記載したシステムの基板 3 4 は、プリンタ 2 0 0 の軸 3 0 から 3 0 インチの半径を有する。射出された材料に作用する重力と遠心力とのバランスをとるために、基

板の角度 ( ) は、鉛直線から約 30 度である。角度をもつ基板は、プリンタ 200 によって形成される対象物の表面において速度差をもたらす。0.1 m のクロスプロセス長さを有する対象物では、軸 30 に最も近い対象物の底部から、軸 30 から最も遠い対象物の最上部までで、約 7 % の速度差が存在する。いくつかの実施形態では、基板の角度 ( ) は、軸 30 からの基板の半径を小さくすることによって小さくなる。

#### 【0043】

表 2 は、プリンタ 100 により生成される対象物に作用する力を近似的にバランスさせるために、プリンタ 100 の第 1 の実施形態で用いられる設計パラメータの一例を示す。

#### 【表 2】

速度	2.54 m/s	500 ft/min	10
半径	0.25 m	9.84 in	
角速度	10.16 rad/s		
向心加速度	25.8 m/s <sup>2</sup>		
重力加速度	9.8 m/s <sup>2</sup>		
シータ (θ)	0 rad	0 deg	
重力の基板に沿う成分	9.8		
遠心力の基板に沿う成分	0		
法線力	25.8 l		
静止摩擦係数	0.45		20
基板面内の正味加速度	9.8	正 = 下へおよび中へ 負 = 上へおよび外へ	
反作用摩擦	11.6 l		
クロスプロセス部分の寸法	0.1 m		
底部エッジの速度	2.54 m/sec		
最上部エッジの速度	2.54 m/sec		
パーセント速度偏差	0 %		

#### 【0044】

表 2 に示すように、基板 34 は 500 ft/min の表面速度で回転する。表に示す静止摩擦係数 0.45 は、スチール基板上に射出されるポリエステル熱可塑性材料の静止摩擦係数の範囲のほぼ中間点である。プリンタ 100 の第 1 の実施形態のサイズは、対象物に作用する遠心力を最大にするために、プリンタ 200 の第 2 の実施形態のそれより典型的に小さい。対象物に作用する重力より大きい反作用摩擦力を生成するために、回転する対象物に作用する遠心力が十分であることを確実にするように、基板 34 のサイズが設定される。表 2 に示すように、プリンタ 100 の第 1 の実施形態の基板 34 は、プリンタ 100 の軸 30 からの半径が約 9.84 インチになるようにサイズが設定される。

#### 【0045】

プリンタ 100 の第 1 の実施形態は、本明細書で開示されるプリンタ 200、300 の他の実施形態より一般に小さいが、基板 34 の全ての位置が軸 30 から等間隔に設けられるので、プリンタ 100 の第 1 の実施形態によって形成される対象物は、その表面全体にわたって速度差を感じない。表 2 に記載したプリンタ 100 の基板 34 は、そのより小さいサイズにも関わらず、他の実施形態と比較して、対象物生産のための実質的な表面積を有する。一実施形態では、例えば、プリンタ 100 の第 1 の印字ヘッド 28 は、約 3 インチの基板 34 全体にわたってクロスプロセス方向 44 に材料を射出する。10 インチの半径の基板 34 を有するシステムでは、印字ヘッドは約 1.25 平方フィートの表面積を超える基板 34 上に材料を射出することができて、それは既存の生産システムと同等である。クロスプロセス方向 44 の第 1 の印字ヘッド 28 に隣接した 1 つ以上の印字ヘッド 48 をさらに追加することによって、単一バッチで多くの別々の対象物を形成する可能性をもつ拡張性のあるアーキテクチャが可能になる。

## 【 0 0 4 6 】

表 3 は、プリンタ 3 0 0 により生成される対象物に作用する力を近似的にバランスさせるために、プリンタ 3 0 0 の第 3 の実施形態で用いられる設計パラメータの一例を示す。

## 【表 3】

速度	1 . 6 5 m / s	3 2 5 f t / m i n	
半径	2 m	7 8 . 7 4 i n	
角速度	0 . 8 3 r a d / s		
向心加速度	1 . 4 m / s <sup>2</sup>		
重力加速度	9 . 8 m / s <sup>2</sup>		10
シータ ( $\theta$ )	1 . 5 7 r a d	9 0 d e g	
重力の基板に沿う成分	0		
遠心力の基板に沿う成分	1 . 3 6		
法線力	9 . 8		
静止摩擦係数	0 . 3 5		
基板面内の正味加速度	- 1 . 3 6	正 = 下へおよび中へ 負 = 上へおよび外へ	
反作用摩擦	3 . 4 3		
クロスプロセス部分の寸法	0 . 1 m		
底部エッジの速度	1 . 6 1 m / s		20
最上部エッジの速度	1 . 6 9 m / s		
パーセント速度偏差	5 %		

## 【 0 0 4 7 】

表 3 に示すように、基板 5 6 は 3 2 5 f t / m i n の表面速度で回転する。表に示す静止摩擦係数 0 . 3 5 は、スチール基板上に射出されるポリエステル熱可塑性材料の静止摩擦係数の範囲のほぼ中間点である。プリンタ 3 0 0 の第 3 の実施形態のサイズは、対象物に作用する遠心力を最小にするために、プリンタ 1 0 0 、 2 0 0 の他の実施形態のそれより典型的に大きい。対象物に作用する重力のみから生じる反作用摩擦力が、基板 5 6 が回転する際に対象物に作用する遠心力に打ち勝つために十分であることを確実にするように、基板 5 6 のサイズが設定される。表 3 に示すように、プリンタ 3 0 0 の第 3 の実施形態の基板 5 6 は、軸 3 0 からの半径が約 7 8 . 7 4 インチになるようにサイズが設定される。

## 【 0 0 4 8 】

プリンタ 3 0 0 の第 3 の実施形態の基板 5 6 の表面速度は、対象物に作用する遠心力を最小化するために、プリンタ 1 0 0 、 2 0 0 の他の実施形態のそれよりも典型的に小さい。プリンタ 3 0 0 によって形成される対象物の表面全体にわたる速度差は、軸 3 0 からの基板 5 6 の半径を大きくすることによって小さくなる。表 3 に示すように、大きな半径の基板 5 6 は、0 . 1 m のクロスプロセス長さを有する対象物全体にわたって約 5 % の速度偏差を生じる。

## 【 0 0 4 9 】

一実施形態では、プリンタ 1 0 0 、 2 0 0 は、対象物に作用する重力が対象物と基板 3 4 との間に作用する反作用摩擦力を超える重力バイアスシステムとして構成される。プリンタ 2 0 0 ( 図 8 ) の第 2 の実施形態およびプリンタ 1 0 0 ( 図 9 ) の第 1 の実施形態の各々において、基板 3 4 は、レッジ 6 0 と隣接する射出された材料と相互作用するように構成されるレッジ 6 0 を含む。レッジ 6 0 は、対象物 2 0 がレッジ 6 0 を押圧する力に抵抗して、対象物 2 0 が基板 3 4 を横切って滑ることを防止する。対象物 2 0 に作用する遠心力が対象物 2 0 に作用する重力を超える必要はないが、遠心力は対象物 2 0 がレッジ 6 0 上で回転することを防止するために十分に強いことを必要とする。

## 【 0 0 5 0 】

一実施形態では、プリンタ100、200は、プリンタ100、200によって形成された1つ以上の3次元対象物20を受け取って、プリンタ100、200から対象物20を移動させるように構成される搬送機構62(図1)を含む。この実施形態では、コントローラ58は、基板34の角速度を減少させて、完成した対象物20に作用する重力が対象物に作用する遠心力を超えるように第1のドライバ40を動作させる。そして、対象物20は基板34を横切って搬送機構62上まで摺動する。プリンタが、対象物の形成中に対象物を支持するレッジ60を含む実施形態では、完成した対象物がレッジ60を通過し、搬送機構62上に摺動することができるように、レッジ60は基板34に対して移動可能に構成される。

【0051】

10

プリンタ100のいくつかの実施形態では、軸30の方向は重力に対して傾斜している。例えば、一実施形態では、軸30の水平方向は、プリンタ100の1つ以上の印字ヘッドが重力と実質的に平行な方向に下方へ材料を射出することを可能にする。この実施形態では、形成中に対象物が基板上にとどまることを確実にするために、対象物が軸30の周りを回転する際に対象物に作用する重力の方向が変化することを考慮しなければならない。そのような考慮は、重力の最大重力成分が対象物を基板から分離するように対象物に作用する場合に、対象物が基板上にとどまることを確実にするために適切な速度を選択することを含む。

【0052】

プリンタ100、200、300の代替的实施形態では、1つ以上の印字ヘッドは、3次元対象物を形成するために、静止した基板を通過して回転するように構成される。この代替的实施形態では、1つ以上の印字ヘッドは、基板に対して回転するように構成される可動フレーム上に支持される。材料供給はプリンタの軸に沿って設けられ、材料供給ラインが材料供給から1つ以上の印字ヘッドまでインクを届けるように設けられる。コントローラは、材料供給および材料供給ラインと共に可動フレームを軸の周りに回転させるように、少なくとも1つのドライバを動作させる。コントローラは、材料層を構築し、3次元対象物を形成するために、基板上に材料を射出するように、1つ以上の印字ヘッドを動作させる。コントローラは、印字ヘッドが基板を通過して回転する際に、基板に対して1つ以上の印字ヘッドを動かすように、プリンタ100、200、300の第1、第2、および第3の実施形態に関して上述したドライバに類似する付加的なドライバを動作させる。

20

30



【図 1】

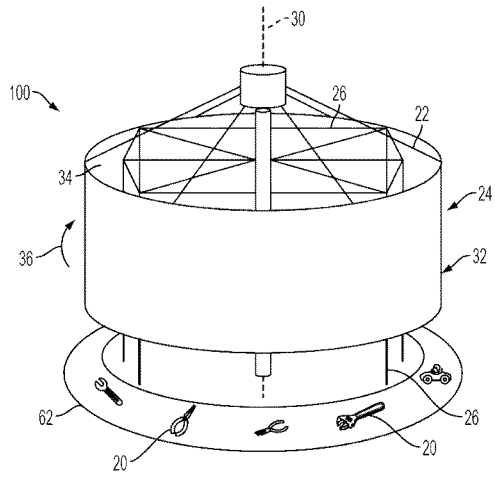


図 1

【図 2】

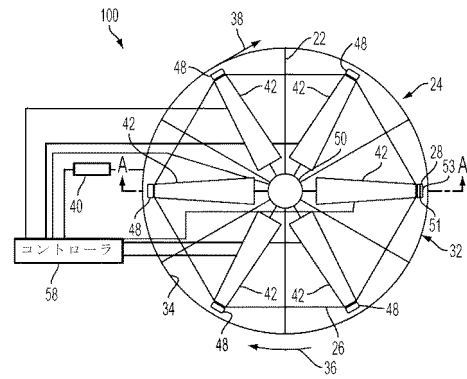


図 2

【図 3】

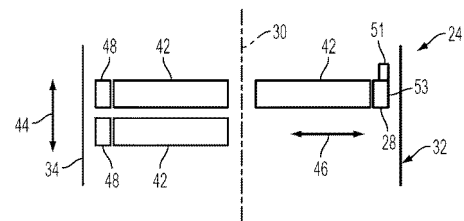


図 3

【図 4】

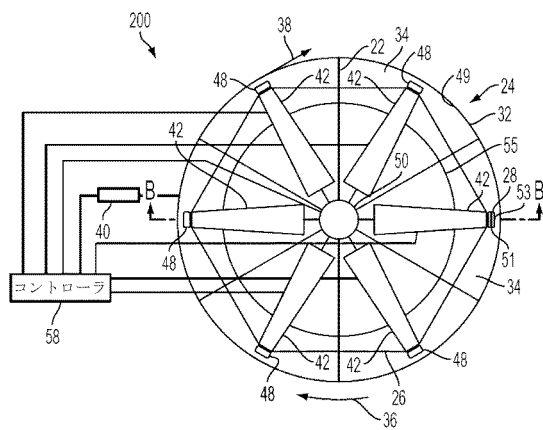


図 4

【図 5】

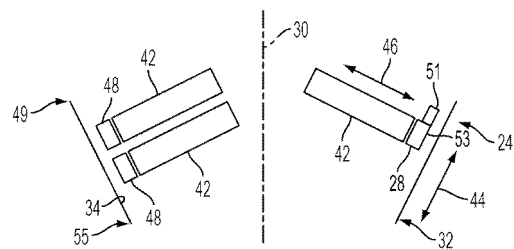


図 5

【図 6】

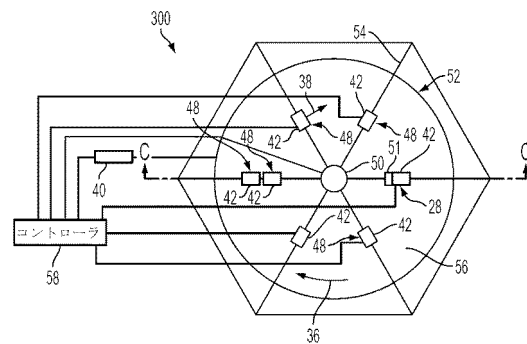


図 6

【図 7】

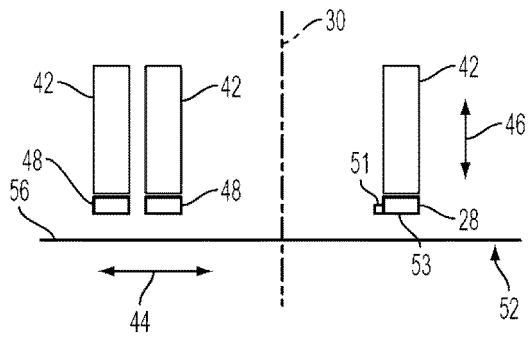


図 7

【図 8】

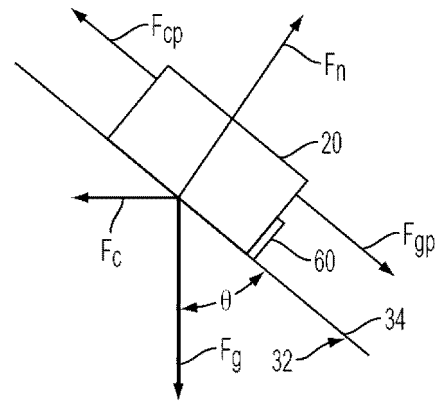


図 8

【図 9】

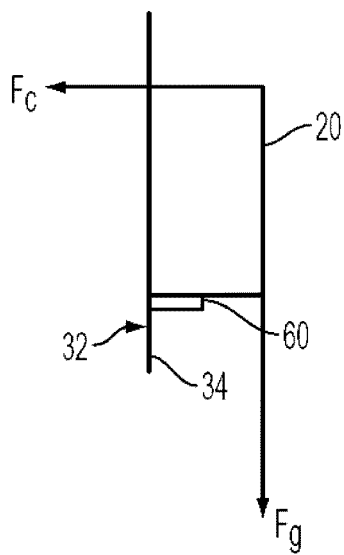


図 9

---

フロントページの続き

(72)発明者 ジェフリー・ジェイ・フォーキンス

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 6 2 5 ロチェスター ウェイマス・ドライブ 2 9 2

審査官 田代 吉成

(56)参考文献 米国特許出願公開第2 0 1 2 / 0 1 6 5 9 6 9 ( U S , A 1 )

米国特許出願公開第2 0 0 6 / 0 1 1 1 8 0 7 ( U S , A 1 )

特開平2 - 3 0 7 7 3 2 ( J P , A )

米国特許第0 5 0 5 9 2 6 6 ( U S , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

B 2 9 C 6 4 / 2 0 9

B 3 3 Y 3 0 / 0 0