

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4491230号
(P4491230)

(45) 発行日 平成22年6月30日(2010.6.30)

(24) 登録日 平成22年4月9日(2010.4.9)

(51) Int.Cl.

F I

B 2 9 C 67/00 (2006.01)

B 2 9 C 67/00

請求項の数 4 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2003-520600 (P2003-520600)	(73) 特許権者	502367373
(86) (22) 出願日	平成14年5月8日(2002.5.8)		ゼット コーポレーション
(65) 公表番号	特表2004-538191 (P2004-538191A)		Z CORPORATION
(43) 公表日	平成16年12月24日(2004.12.24)		アメリカ合衆国, マサチューセッツ州 O
(86) 国際出願番号	PCT/US2002/014591		1803, バーリントン, ノース アヴェ
(87) 国際公開番号	W02003/016067		ニュー 20
(87) 国際公開日	平成15年2月27日(2003.2.27)	(74) 代理人	100087941
審査請求日	平成17年5月9日(2005.5.9)		弁理士 杉本 修司
(31) 優先権主張番号	09/851, 502	(74) 代理人	100086793
(32) 優先日	平成13年5月8日(2001.5.8)		弁理士 野田 雅士
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100112829
			弁理士 堤 健郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3次元物体の模型を製作する方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

造形材料のベッドを充填できる造形チャンバと、
 前記造形チャンバを横断して移動するように取り付けられた複数のプリントヘッドと、
 前記プリントヘッドの外部の少なくとも1つの結合剤供給源と、
 各結合剤供給源を少なくとも1つのプリントヘッドに接続する複数のコンジットと、
 前記プリントヘッドにコマンドを発行するソフトウェア命令を格納するコンピュータ読
 出し可能なメモリと、

を備え、

前記ソフトウェア命令がコマンドを発行して、プリントヘッドに対して、前記結合材供
 給源に含まれる着色結合剤溶液を、3次元物体の表面からその物体の内部に延びるバンド
 状に噴射するように命令し、前記バンドが前記3次元物体の縁部で先細り形状を有し、隣
 接する前記バンド間に、前記縁部から前記物体内部に延びる先細り形状の着色されないセ
 クションを残す、

3次元物体を製作する装置。

【請求項 2】

請求項1において、前記ソフトウェア命令がコマンドを発行して、プリントヘッドに対
 して、前記バンドの前記先細り形状の部分に高濃度の着色結合剤溶液をプリントするよう
 に命令する、3次元物体を製作する装置。

【請求項 3】

10

20

造形材料のベッドが充填される造形チャンバを設け、
前記造形チャンバを横断して移動する複数のプリントヘッドを取り付け、
前記プリントヘッドの外部に少なくとも1つの結合剤供給源を設け、
各結合剤供給源を、複数のコンジットを通して少なくとも1つのプリントヘッドに接続し、

前記3次元物体の表面からその物体の内部に延びるバンドに前記結合材供給源に含まれる着色結合剤溶液を供給し、前記バンドが前記3次元物体の縁部で先細り形状を有し、隣接する前記バンド間に、前記縁部から前記3次元物体内部に延びる先細り形状の着色されないセクションを残す、

3次元物体を製作する方法。

10

【請求項4】

請求項3において、さらに、前記バンドの前記先細り形状の部分に高濃度の前記着色結合剤溶液をプリントすることを含む、3次元物体を製作する方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ラピッド・プロトタイピング、特にプリンタを用いるインクジェット法により、3次元物体の模型を制作する方法および装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

20

ラピッド・プロトタイピング (rapid prototyping) とは、対象物のコンピュータ・モデルからその対象物の3次元模型を製作するさまざまな方法のことである。1つの方法は3次元プリントである。これは、特殊なプリンタを使用して、複数の2次元層から立体模型を製作するものである。詳細には、3D対象物のデジタル表現をコンピュータ・メモリに格納する。コンピュータ・ソフトウェアはそのデジタル表現を複数の別個の2D層に分割する。次に、3Dプリンタは、ソフトウェアで分割された各層毎に材料層を加工する。複数の加工された層が積層されて、所望の模型が造形される。

【0003】

3次元プリントの1つの方法では、粉末材料の層が限られた領域に堆積される。各層の上に結合剤溶液を選択的に滴下し、堆積させて、結合された粉末の領域を形成する。その後、結合されなかった粉末を除去して、3次元造形物を形成する。

30

【発明の開示】

【0004】

本発明は、粉末の造形材料のような物質から3次元物体を製作するためのシステムを提供する。液体結合剤のような第2の材料を使用して造形材料を特定の箇所で結合させることにより、3次元物体を形成する。

【0005】

本発明の1つの構成によれば、3次元プリンタは、結合剤溶液を造形チャンバ内の造形材料のベッド上にプリントするための複数のプリントヘッドを備える。この結合剤溶液は、着色剤と混合された結合剤からなる着色結合剤溶液である。プリントヘッドは、造形チャンバを横断して低速軸に沿って往復移動するように設計されたガントリ上に取り付けられる。さらに、プリントヘッドはガントリ全体にわたって高速軸上を往復運動するので、高速軸および低速軸の両方に沿って移動でき、それにより、(着色された)結合剤溶液を造形チャンバ内の造形材料のベッドの表面全体に滴下し、堆積できる。

40

【0006】

プリントヘッドが高速軸に沿って造形材料のベッドを横断して通過する毎に、プリントヘッドは低速軸に沿って1段階進行し、その後、再度高速軸に沿ってベッドを横断して通過する。造形材料のベッド上に1つの層全体がプリントされるまで、この工程を繰り返す。次に、その層の上に別の層を同一工程により堆積できる。

【0007】

50

ガントリ上で、プリントヘッドを低速軸の方向に互いにずらすことができる。この構成により、プリントヘッドは、高速軸に沿って造形材料のベッドを横断して通過するときに、造形材料のベッド全体に隣り合うラインまたは重複ラインをプリントできるので、プリントヘッドが造形材料のベッドを横断して通過する毎に、着色結合剤溶液を含む結合剤溶液の幅広いバンド状のラインをベッド上にプリントできる。各プリントヘッドは、結合剤溶液のみか、または着色剤と混合した結合剤溶液をプリントできる。

【0008】

3次元物体を製作するこのシステムを使用して、着色された物体を造形できる。さらに、複数のプリントヘッドを使用して、造形材料に結合剤溶液をプリントできる。

【0009】

別の構成によれば、プリントヘッドはそれぞれ、複数の外部結合剤供給源に接続できる。例えば、少なくとも3つのプリントヘッドのそれぞれは3原色（シアン、イエロー、マゼンタ）のうちの一色またはブラックを有する異なる着色剤に接続できる。外部結合剤供給源もまた、プリントヘッドのそれぞれに接続でき、さらに少なくとも1つの別のプリントヘッドを設けて、結合剤溶液をプリントすることができる。結合剤供給源から供給される結合剤溶液は無色（すなわち、透明またはホワイト）であってもよい。結合剤溶液供給源および着色剤供給源はさらに、プリントする前に結合剤溶液および着色剤を混合するか、またはプリントヘッドに結合剤溶液または着色剤を送るかのどちらかに構成できる。さらに、プリントヘッドは少なくとも2列に並べることができ、これらの列を低速軸に沿って互いにずれている。各列内で、（着色剤供給源に接続された）カラー・プリントヘッドは、（無色の結合剤溶液供給源に接続された）無色用プリントヘッドと対にできる。

【0010】

さらに別の構成によれば、外部結合剤溶液供給源をプリントヘッドに接続するコンジットは循環ループを含む。この不要な結合剤溶液および取り込まれた空気をシステムから容易に排出できる。

【0011】

プリント工程は、プロセッサに接続されたコンピュータ読出し可能メモリに格納されたソフトウェア命令により管理できる。このプロセッサもまたプリントヘッドに接続される。ソフトウェアは、プリントされる物体の縁部に滴下された着色結合剤溶液のバンド（band）を、先細りにして、隣り合うバンド間のセクションを無色のままに残すことにより、異なる色のバンドが接する物体の縁部における色の混合を減少させる命令を含む。ソフトウェアはさらに、高濃度の着色剤をバンドの先細り部分（セグメント）にプリントすることにより、物体の縁部にプリントする着色剤の濃度が薄い場合であっても、物体の表面全体にわたる色の濃さを均一にする命令を含む。

【0012】

着色された3次元物体を製作するシステムが提供される。このシステムは、物体の特定の位置に透明結合剤溶液および着色結合剤溶液を使用する。全結合剤溶液の所定の量を特定の位置に滴下し、堆積させて、造形材料を結合剤溶液で飽和させることなく、造形材料に結合させることが望ましい。

【0013】

特定のシステムは、3次元プリンタで造形材料上の特定の位置に結合剤を滴下し、堆積させる。システムは、造形材料を特定の位置で固化させるのに必要な結合剤溶液の総量を決定すること、特定の位置に所望の色を生成するのに必要な着色結合剤溶液のそれぞれの量を決定すること、および要求される結合剤溶液の所定の総量を得るために、着色結合剤溶液に加える必要のある無色の結合剤溶液の量を決定することを含む。供給されるすべての結合剤溶液（着色結合剤溶液および無色結合剤溶液の両方、）の加算総量は、したがって、造形材料の特定の位置で造形材料を固化するのに必要な十分な結合剤溶液の総量にほぼ等しい。

【0018】

構成部品の構造および構成部品の組合せに関する種々の新規な細部事項を含む前述およ

10

20

30

40

50

び他の特徴は、添付図面を参照して詳細に説明され、また請求項において述べられる。本発明を具体化する、３次元物体の模型を製作する特定の装置および装置は、図により示されているが、本発明を限定するものではないことは理解されるであろう。本発明の原理および特徴は、本発明の範囲から逸脱することなく、さまざまな、多数の実施形態で具体化される。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１９】

図１はラピッド・プロトタイピング用の特定の装置の概略図である。図には、コンピュータ１、３次元プリンタ３、形成された３Ｄプリンタ物体５、後処理システム７、および後処理された、最終造形物となる３Ｄ模型物体９が示されている。

10

【００２０】

コンピュータ１は、デスクトップ・コンピュータまたはポータブル・コンピュータなどのパーソナル・コンピュータであってもよい。コンピュータ１は、インターネットのような公衆アクセス通信ネットワークを含む、スタンドアロン・コンピュータ、ＬＡＮ（ローカルエリア・ネットワーク）の一部またはＷＡＮ（ワイドエリア・ネットワーク）であってもよい。本発明によれば、コンピュータ１はＣＡＤ（コンピュータ支援設計）／ＣＡＭ（コンピュータ支援製造）プログラムのようなソフトウェア・アプリケーション１２を含む。ＣＡＤ／ＣＡＭプログラム１２は、データ格納領域１５に格納された３次元物体のデジタル表現を操作する。ＣＡＤ／ＣＡＭプログラム１２は、格納されたデジタル表現１７を生成、修正および再生できる。ユーザが格納された物体表現１７の模型物体９を製作することを望む場合、ユーザは格納された物体表現を高レベルのソフトウェア・プログラム１８にエクスポートする。次に、高レベル・プログラム１８から、ユーザはプログラム１８にプリント命令を出す。プログラム１８はデジタル表現１７を、それぞれが所定の厚さを有する複数の個別の２次元層に分割する。

20

【００２１】

プログラム１８は、高レベル命令を送ってプリンタ３の（３次元プリンタを作動する）電子回路５２を制御することにより、各層をプリントする。これとは別に、物体１７のデジタル表現は、プリンタ・ハードウェアにより、コンピュータ読み出し可能な媒体（例えば、磁気または光ディスク）から直接読み出しできる。３次元プリンタ３は、プリントが実行されるダーティ（dirty）領域２０と、制御電子回路５２が収納されるクリーン領域５０とを含む。

30

【００２２】

３次元プリンタ３はインクジェット式プリントヘッドを使用して、粉末造形材料の連続層の上に結合剤を堆積させる。これについては、Ｂｒｅｄｔらに対する米国特許Ｎｏ．５，９０２，４４１に記載されており、この全文は参照により本明細書に引用したものとする。結合剤が造形粉末と結合すると、粉末は反応を起こし、硬化して固体構造体になる。これらのプリントヘッドからの結合剤の小液滴の（滴下）位置を制御することにより、固体構造体の２Ｄ断面を物理的に再現できる。３次元プリンタ３は、プログラム１８により提供される分割された各層毎に物理層を形成する。デジタル表現１７を複数の２次元層に分割したデータを含むファイルが完全にプリントされると、３次元造形物５が形成される。粉末を結合させて物体を形成することに関する詳細は、Ｓａｃｈｓらに対する米国特許Ｎｏ．５，３４０，６５６、Ｃｉｍａらに対する米国特許Ｎｏ．５，３８７，３８０、およびＢｒｅｄｔらによる（代理人事務処理Ｎｏ．２２４７．２００１－００１）２００１年４月１３日に出版の米国特許出願Ｎｏ．０９／８３５，２９２の発明「固体物体の３次元プリントの組成物」に開示されており、前記３者の全文は参照により本明細書に引用したものとする。

40

【００２３】

後処理システム７を使用して、プリントされた造形物となる部分５を最終造形物となる模型物体９に改良する。所望の結果に応じてさまざまな仕上げオプション（加工）が利用できる。

50

【 0 0 2 4 】

当業者には、３次元物体の模型製作に用いられる方法は、コンピュータ使用可能な媒体を含むコンピュータ・プログラム・プロダクトで実現できることは認識されるであろう。例えば、このようなコンピュータ使用可能な媒体は、ソリッド・ステート・メモリ・デバイス、ハード・ドライブ・デバイス、ＣＤ－ＲＯＭ、ＤＶＤ－ＲＯＭ、またはコンピュータ・ディスクなどの読み出し可能なメモリ・デバイスを含み、これらのメモリ・デバイス上には、コンピュータ読み出し可能なプログラム・コード化した複数のセグメントが格納される。コンピュータ読み出し可能な媒体はまた、光学的、有線または無線によるバスまたは通信リンクのような通信または伝送媒体を含むことができ、通信または伝送媒体は、デジタルまたはアナログ・データ信号として保持されるプログラム・コード化したセグメントを有する。

10

【 0 0 2 5 】

図２は、図１の３次元プリンタ３の実施形態の平面図である。前部の粉末の多いダーク領域２０および後部のクリーン領域５０が詳細に示されている。チャンバ２４、２６、２８の３つの開口に加えて、上部デッキ２２は以下に述べる研削セクション２９を含む。プリント・ガントリ４９は、トラック５７および支持棒２３に連結されたアーム・アセンブリ５５により上部デッキ２２の上方で吊られている。作動中は、アームはトラック５７および支持棒２３上をｘ軸（低速軸）に沿って移動し、ガントリ４０を移動させる。

【 0 0 2 6 】

図示するように、ガントリ４０は結合剤溶液を堆積させるプリントヘッド４５を保持する。プリントヘッド４５はプリント・トラック４６に沿ってｙ軸方向に往復運動する。１つの実施形態では、ガントリ４０は、結合剤溶液を堆積するための複数の結合剤ジェット４７を有する少なくとも１つのインクジェット・プリントヘッド４５を含む。結合剤ジェットは結合剤コンジット７７から結合剤溶液を受け取る。また、図には、材料供給チャンバ２４から造形チャンバ２６に造形粉末を拡散するスプレッドローラー４８が示されている。

20

【 0 0 2 7 】

空気流れ

装置内部で空気を循環させることにより、さまざまな問題を解決できる。１つの特定の問題は空中浮遊している粉末、つまり飛散した粉末であり、これによりプリンタ機構および電子構成部品が汚染され、結果的に装置の信頼性が低下する。また、粉末は装置の上蓋内部に堆積し、結果的に装置動作を監視するオペレータ能力を低下させる。

30

【 0 0 2 8 】

図３Ａは、図１の３次元プリンタの実施形態を通る空気流れを調整するための基本構成部品の斜視図である。図のように、３次元プリンタ３は複数の開口を有する上部デッキ２２を含む。上部デッキ２２は構造フレームに取り付けられている。供給ピストン２５を有する矩形の材料供給チャンバ２４、造形テーブル２７を形成する造形ピストンを有する矩形の造形チャンバ２６、およびオーバーフロー・シュート２８が、ｘ軸（低速軸）に沿って示されている。簡単化のために図では省略しているが、ピストン２５、２７がチャンバ２４、２６の壁面に対し滑らかに動くように、シールを固定している。また図示していないが、上蓋はプリント領域を外部環境から隔離している。

40

【 0 0 2 9 】

図３Ａはまた、使用済み造形材料を回収するように設計されたプリンタの構成部品を示す。このプリンタでは、オーバーフロー・シュート２８に流れ込む造形材料は、収集バケット８１内に収集される。収集バケット８１はプリンタの底面上の取付け台８２にスライド挿入されるので、バケット８１はシュート２８の底から出る造形材料を収容するように位置される。上部プレート８３はバケット８１上にシールを形成し、上部プレート８３上に取り付けられたブロワー３４はシュート２８を通る下方への通風を発生させる。フィルタ３１は上部プレート８３上で、ブロワー３４とバケット８１および上部プレート８３により囲まれたキャビティとの間に取り付けられる。これら構成部品の位置的構成により

50

、オーバーフローした造形材料は、フィルタ 3 1 ではなく、主としてバケット 8 1 内に収集される。

【 0 0 3 0 】

バケット 8 1 の底に落ちる造形材料は、シュート 2 8 からブロー 3 4 を通過する空気の流路から除去される。バケット 8 1 は容易に取り外しできるので、図 3 B に示すように、造形材料を材料供給チャンバに戻すことができる。バケット 8 1 のリップ 8 4 は造形材料をチャンバに戻すのを容易にする。

【 0 0 3 1 】

1 つの実施形態では、1 つまたは複数の光センサを配置しているので、バケットが一杯になったことを検知できる。例えば、光センサは、シュート 2 8 の終端部の内側の位置で検知するように配置される。“フル (full)” 表示がなされると、バケット 8 1 は取り外され、造形材料は、汚染物または凝集した材料を除去するスクリーンを通して材料供給チャンバに戻される。

10

【 0 0 3 2 】

余分な粉末を捕集することに加えて、オーバーフロー・シュート 2 8 を通る空気流れは飛散粉末の量を低減するので、装置の信頼性およびユーザ満足度を向上させる。

【 0 0 3 3 】

別の実施形態では、コンジットを介して、真空ポンプを材料供給チャンバ 2 4 および / または造形チャンバ 2 6 に連結できる。材料供給チャンバが一杯のときに、空気を造形材料から材料供給チャンバ 2 4 の底面を通して吸引することにより、造形材料を材料供給チャンバ内に高密度で均一に詰め込むことができる。これにより、飛散粉末の望ましくないかたまり (cloud) を発生させる傾向がある、時間のかかる工程である充填の間にオペレータがこてを用いて造形材料から空気を出す作業の必要性が減少する。

20

【 0 0 3 4 】

また、空気を造形材料から造形チャンバ 2 6 の底面または側面を通して吸引することにより、造形材料を造形チャンバ内により高密度で詰め込むことができる。この高密度の材料により、造形チャンバ内で形成される造形物を確実に支持できる。これにより、造形工程の間に造形物が動くのを防止し、形成される造形物の品質を向上させる。

【 0 0 3 5 】

図 3 C は、材料供給チャンバ 2 4 および造形チャンバ 2 6 の底面上に置くことができるプレナム 2 4 0 の 1 つの実施形態を示す。プレナム 2 4 0 はプレナムの基台として働くピストン・プレート 2 4 2 を含む。真空ポンプは開口 2 4 4 を通して取り付けられる。

30

【 0 0 3 6 】

ピストン・プレート 2 4 2 の上には、フィルタ媒体 2 4 8 を支持し、かつ貫通した孔 2 5 0 が設けられている上部プレート 2 4 6 が位置する。フィルタ媒体 2 4 8 は、造形材料と真空システムとを離間させており、また別のインライン (一列に並んだ) ・フィルタを含むことができる。孔 2 5 0 は、下方への空気流れの通路を提供し、最適空気流れ特性となるように配置できる。

【 0 0 3 7 】

さらに、複数のスペーサ 2 5 2 をピストン・プレート 2 4 2 と上部プレート 2 4 6 の間に設けて、プレナム 2 4 0 内の均一な真空分布を保証する。さらに、ピストン・プレート 2 4 2 と上部プレート 2 4 6 の間のガスケット 2 5 4 がプレナム 2 4 0 の縁部からの空気漏れを防止する。フィルタ 2 4 8 の上にメッシュ 2 5 6 を置き、セットアップおよび清浄化作業の間、フィルタ 2 4 8 を保護する。プレナム 2 4 0 は、メッシュ 2 5 6 からピストン・プレート 2 4 2 に延びる外周部に沿ってねじを用いてサンドイッチ状に一体にしてはさまれる。プレナム 2 4 0 の外周部にシールを設けて、ピストンとチャンバ壁の間の粉末損失を防止する

40

【 0 0 3 8 】

図 3 D は、材料供給チャンバ 2 4 および / または造形チャンバ 2 6 を通る空気流れの制御を示す概略図である。図のように、真空ポンプ 2 5 8 は、材料供給チャンバ・プレナム

50

241および造形チャンバ・プレナム243に連結されて、それらプレナムの一方または両方を通る空気流れを発生させる。1つの実施形態では、真空ポンプ258は $1.5 \sim 2 \text{ in}^3 (2.5 \sim 3.3 \times 10^{-5} \text{ m}^3)$ / 分の空気流れ量で水銀柱約10インチ(254mm)の真空レベルを可能にする。図では、真空ポンプ258、材料供給チャンバ・プレナム241および造形チャンバ・プレナム243間に第1バルブ260が置かれている。第1バルブ260により、材料供給チャンバ・プレナムまたは造形チャンバ・プレナムのどちらかを通して、空気流れの方向を選択できる。特に、スイッチ262はユーザが操作できるように構成され、例えば、ユーザが材料供給チャンバ24を充填するときは、スイッチ262でバルブ260を操作して、全空気流れを材料供給チャンバ・プレナム241を通して方向付けする。材料供給チャンバ24を充填後、ユーザは、フット・ペダルであるスイッチ262を操作して、全空気流れが造形チャンバ・プレナム243を通して方向付けできる。バルブ260および/または真空ポンプ258の間に流量計261を置いて、このバルブ260と真空ポンプの間の空気容積流量を測定する。

【0039】

さらに、バルブ260と造形チャンバ・プレナム243の間に、3方向バルブであるバルブ264を置くことができる。バルブ264はソフトウェア命令265に接続され、制御される。詳細には、製作工程の間、ソフトウェア命令265は、電力線268間に接点を形成するソリッド・ステート・リレー266を制御することにより、バルブ264を制御して、選択的に空気流れが造形チャンバ・プレナム243を通してできるようにできる。例えば、造形材料を供給する間は、空気流れを造形チャンバ・プレナム243に流し、結合剤溶液をプリントする間は、空気流れを止めることができる。材料供給チャンバ・プレナムおよび/または造形チャンバ・プレナムの近くに複数のインライン・ゲージ270を取り付けて、それらの位置の真空レベルを測定できる。さらにインライン・フィルタを設けて、プレナム241および243の周囲またはそれらを通過する造形材料または残留物を濾過する。1つの実施形態では、造形チャンバ・プレナム243とバルブ264の間に調整可能なレギュレータ274を設けて、造形チャンバ・プレナム243を通る空気流れを調整する。さらにゲージ276をレギュレータ274に接続して、このレギュレータの真空レベルを測定する。

【0040】

プリント

図4Aは、単色および多色モードの両方で高速プリントするのに特に適している高速プリント3次元プリンタの構成部品を示す。キャリッジ85が往復運動するようにガントリ40に取り付けられている。キャリッジ85は、レール86上でy軸(高速軸)に沿って往復運動できる。図4Bには、上蓋を閉じた状態のキャリッジ85、およびガントリ40が、結合剤コンジット87と共に示されている。図4Cは上蓋を開いたキャリッジ85を示している。

【0041】

4つのほぼ同一のプリントヘッド45(Hewlett Packard部品番号C4800A等)がキャリッジ85内に取り付けられている。各プリントヘッド45はコンジット87の1つに接続されており、これらのコンジットは外部結合剤溶液供給源に接続されている。1つの実施形態では、第1のプリントヘッドがシアン着色剤を含む結合剤溶液を供給する供給源に接続され、第2のプリントヘッドがマゼンタ着色剤を含む結合剤溶液を供給する供給源に接続され、第3のプリントヘッドがイエロー着色剤を含む結合剤溶液を供給する供給源に接続され、さらに第4のプリントヘッドが透明(またはホワイト)着色剤を含む結合剤溶液を供給する供給源に接続されている。ブラック着色剤を含む結合剤を供給する供給源に接続され、かつ他のプリントヘッドとはx軸に沿ってずれている第5のプリントヘッドをキャリッジ85内に設けることができる。種々の着色剤を結合剤溶液と予め混合しそれぞれの供給源に貯蔵できる。または、種々の着色剤を別個に貯蔵し、装置内で、例えばプリント前にプリントヘッドにおいて結合剤溶液と混合することもできる。

【 0 0 4 2 】

図 5 A - 5 D は造形粉末を処理する工程を示す概略図である。上部デッキ 2 2 に頂部を揃える形で、材料供給チャンバ 2 4、造形チャンバ 2 6、およびオーバーフロー・シュート 2 8 が示されている。造形粉末 6 0 の供給は、材料供給チャンバ 2 4 の可動供給ピストンによりなされ、また造形テーブル 2 7 は造形チャンバ 2 6 内に示されている。当技術分野では公知のように、作動中、供給ピストン 2 5 は徐々に上方向 (z + 方向) に移動し、一方で、造形テーブル 2 7 は徐々に下方向 (z - 方向) に移動する。オーバーフロー・シュート 2 8 を通り下方に流れる空気流れは、ブロー 3 4 (図 3 A) により発生する。

【 0 0 4 3 】

図 5 A を参照すると、材料供給リザーバ・チャンバ 2 4 の底面 2 5 は、1 つの造形層に対して十分な量 6 2 の造形材料 6 0 を材料供給チャンバ 2 4 から上に押し出すように位置している。造形テーブル 2 7 は、造形材料の第 1 層を受け入れるだけの特定の深さに位置している。1 つの実施形態では、造形テーブル 2 7 は徐々に下降し、それぞれが約 3 ~ 9 ミル (約 7 6 ~ 2 3 0 ミクロン) 厚さの連続する複数の造形層を生成する。

【 0 0 4 4 】

図 5 B を参照すると、ローラーは、その前進方向と逆に回転して、一定量の造形材料 6 2 を造形チャンバ 2 6 方向に押し出している。図 5 C に示すように、ローラー 4 8 は造形チャンバ 2 6 を横断して移動し、一定量の造形材料 6 4 の層を造形テーブル 2 7 上に堆積させる。完全な造形層を造形テーブル 2 7 上に確実に堆積させるために、材料供給リザーバ 2 4 により造形材料 6 0 を余分に供給する。余分な造形材料 6 6 はローラー 4 8 によりオーバーフロー・シュート 2 8 内に排出される。排出された材料粒子は重力および空気流れにより収集バケット 8 1 (図 3 A) に運ばれる。

【 0 0 4 5 】

再度図 2 を参照すると、ガントリ 4 0 が上部デッキ 2 2 の上方を通過するとき、ガントリ表面で飛散粉末が飛散結合剤材料と混合する結果として、通常、硬い表面を持つ層がガントリの底面上に形成される。この層は時間と共に厚くなって、粉末ベッドにとって障害となり、その結果、粉末ベッドの上層に凹部または溝を発生させ、最終仕上げされた造形物となる最終部分に割れ目を発生させる。小型ブラシ、ループ材料 (例えば、V e l c r o (R) ファスナ材料)、または別の研削材 2 9 を上部デッキ 2 2 上に配置して、ガントリの底面から余分な残留物を掻き落とすことができる。この残留物はオーバーフロー・シュート 2 8 に落とすことができる。

【 0 0 4 6 】

ガントリの x 方向への移動により 1 つの層を堆積させると、その層の 2 D 断面がプリントされる。詳細には、このプリントは、ガントリを負の x 軸方向に移動させながら、プリントヘッドを連続的に y 軸方向に移動させる間においてなされる。この代わりに、以下に詳細を述べる別のプリント方法を使用することもできる。

【 0 0 4 7 】

造形材料が広がると共に、粉末 6 5 の起伏ができ、ローラーの運動方向に対して横方向に移動する傾向がある。押え片 (プラウ (plow)) 4 9 は粉末 6 5 の起伏を抑えるのに役立つ。これにより、造形材料が上部デッキ 2 2 上に溢れ出すのを防止し、さらに装置の信頼性およびユーザ満足度の点で望ましくない隆起部を形成するのを防止する。押え片 4 9 は、回転および平行移動するスプレッドローラー 4 8 の端部と、上部デッキ 2 2 の上面とに対するシールを形成する。スプリングを利用して、押え片 4 9 に対して両方向から内側向きの力を発生させることにより、押え片 4 9 がスプレッドローラー 4 8 との緊密なシールを形成するようにできる。スプリングはまた、押え片 4 9 に下方向の力を発生させて、上部デッキ 2 2 の上面とのシールを形成する。

【 0 0 4 8 】

押え片 4 9 を油含浸プラスチック材料から製作しているので、粉末を拡散させている間の、押え片 4 9 の底面と上部デッキ 2 2 の上面との間の摩擦を低減できる。油含浸材料はまた、粉末が押え片 4 9 の底面に付着するのを防止する隔壁を形成する。さらに、油含浸

10

20

30

40

50

材料は上部デッキ 22 の支持表面上に自己補充剥離層 (self-replenishing release layer) を形成できる。

【0049】

スプレッドローラー 48 が粉末 65 の起伏を押し付けるとき、ローラーの前端部には、押え片 49 の前面領域上に押し付けられた粉末の堆積部分が生じる。この粉末は押え片 49 により押され、最後にオーバーシュート 28 内に引き込まれて落下するか、またはその進路方向から外れて堆積される。オーバーフロー・シュート 28 は材料供給リザーバ 24 および造形チャンバ 26 の開口より幅を広くして、この余分粉末を捕集できる。

【0050】

プリントの間に、粉末層に衝突する結合剤の衝撃により、粉末が飛散して、プリントヘッドの底面に衝突する。プリントヘッドは結合剤溶液で濡れているため、粉末は硬化して、プリントヘッドの底面上に硬い表層を形成するか、または最終的に粉末がジェットの内に入り込み、ジェットの出口を詰まらせる可能性がある。さらに、時には、余分な結合剤が液滴を形成することがあり、この液滴はプリントヘッドの底面に残り、表面張力によりそこに留まる。この影響によっても、ジェットの出口が詰まるか、またはジェットの偏向が生じることがある。ジェットが詰まるかまたはずれると、結合剤が所望の位置に付着しないため、最終仕上げされた造形物に不具合が発生する。したがって、プリントヘッドの底面から粉末または結合剤を除去して、ジェット出口が開いた状態 (つまり、クリーンな状態) に維持するための方法が望まれる。

【0051】

図 4A に示すように、上部デッキ 22 には凹部 90 が形成されている。この凹部には、プリント・ジェットを清浄化するための、構造フレームおよび上部デッキ 22 に対して移動可能な少なくとも 1 つのスキージ (squeegee) またはワイパー部材を含む。この凹部 90 は、スキージがプリント・ジェットの移動軌道内にある限り、上部デッキのどの位置にでも形成できる。図 4A の実施形態では、凹部 90 はオーバーフロー・シュート 28 から離れた、造形材料供給リザーバ 24 および造形チャンバ 26 の反対側に形成される。さらに図 4D および 4E に示すように、凹部 90 内に取り付けられたクリーニング・アセンブリ 200 は、モータ 206 により上下運動する支持部材 204 上に取り付けられたスキージ 209 を含む。詳細には、モータ 206 は、ギヤ 210 と噛合して駆動するギヤ 208 を回転させる。ギヤ 208、210 はシャフト 212 (図 4E ではシャフトを 1 つだけ示す) に連結され、このシャフトを回転させる。このシャフト 212 はカム 214 を回転させて、支持部材 204 に取り付けられた中間部材 216 を上下動させる。PC ボート 220 はセンサ 222 を保持し、このセンサは、シャフト 212 の 1 つに取り付けられたホイール 224 の位置を検出することにより、スキージの位置 (上方または下方) を検出する。ホイール 224 は、センサ 222 で検出してスキージが上方または下方のどちらに位置しているかを決定するための埋め込み磁石を含む。クリーニング・アセンブリ 200 は、そのアセンブリを凹部 90 内に固定するためのフランジ 218 を含む。

【0052】

作動中は、ガントリ 40 がオーバーフロー・シュート 28 を通過して、凹部 90 に向かって移動するとき、モータ 206 が支持部材 204 を上方に持ち上げることで、スキージ 209 がデッキ 22 の上に突出して、プリントヘッド面をこすり、清浄化する。その後、スキージ 209 は凹部 90 内に収納される。

【0053】

別の実施形態では、クリーニング・スキージは、上部デッキ 22 の上のような適所に固定できる。この時、クリーニング・スキージは、プリントヘッドがスキージ上を定期的に通過、例えば、プリント毎に通過するように配置することができる。この時、堆積した粉末および結合剤は、スキージによりプリントヘッドから掻き落とすことができる。この後、スキージは、例えば近接して配置されたクリーニング・ジェットまたはプリントヘッド・ジェット自体からのクリーニング剤により清浄化される。適正な排出手段をプリンタ内に組み込んで、廃棄材料を排出できる。固定されたスキージは機械的な複雑性が少ないが、

すべての実施形態に適合するとは限らない。

【0054】

複雑性は増すが、収納式スキージの利点は、スキージを使用しないときには、凹部90内で保護されることである。また、スキージ209がデッキ22の下方に位置するか、または下方に移動するとき、クリーニング剤、例えば透明結合剤を含む1つまたは複数のノズル226をスキージに向けて噴射し、清浄化する。ノズル226をデッキ22の下方に位置させることで、クリーニング剤の噴射は大概、凹部90内で行われる。

【0055】

別の実施形態では、クリーニング剤は潤滑特性を有する液体を含む。すなわち、クリーニング剤はスキージ209上に膜を形成し、この膜がプリント・ジェットに移動するので、造形材料がプリント・ジェットに付着しにくくなる。特定の実施形態では、クリーニング剤は約5～20%のポリエチレン・グリコールを混合した水である。

【0056】

支持部材204はプリントヘッド・キャップ・アセンブリ202を有し、これらのアセンブリにより、使用されていないときのプリントヘッドを保護する。

【0057】

プリント速度および造形品質

造形速度を最大化することは、ユーザの重要な関心事項である。造形時間は2つの主要な要素、すなわち粉末の拡散と結合剤溶液の堆積とを有する。粉末の拡散速度はいくつかの要因で制限される。これら要因には、平滑な表面層の維持および飛散粉末量の最小化を必要とすることが挙げられる。したがって、造形速度を増加させる1つの方法は、結合剤の堆積速度を増加させることである。結合剤の堆積速度を増加させる1つの方法は、複数のプリントヘッドを利用することである。

【0058】

図6は複数のプリントヘッドを使用する装置の概略図である。この構成はモノクロ・プリント・モードにおけるプリント速度を最大にする。なぜなら、全プリントヘッド45が同時にプリントすることにより、各ジェットアレイの幅 W_j にプリントヘッド数を乗じた幅に等しい x 方向の全幅 W_t を完全にカバーできるからである。 y 方向全体にわたりこの全幅 W_t をプリント後、ガントリは全幅 W_t に等しい距離だけ x 方向に進行する。次に、プリントヘッド45は再度、 y 方向全体にわたり全幅 W_t をカバーしてプリントする。

【0059】

この構成はまた、カラー・プリントに対しても有効である。図6に示す特定の実施形態では、4つのプリントヘッドがあり、3つのプリントヘッドのそれぞれは原色をプリントし、1つは透明色をプリントする。カラー・プリントの場合、ガントリは1つのジェットアレイ W_j の幅だけ進行し、それにより、固有の色を有するプリントヘッドはそれぞれ粉末の各領域の上を通過することになる。

【0060】

プリントヘッド45を一行に隣接させて配置しない理由は、各プリントヘッド W_p の幅がジェットアレイの幅 W_j より大きいために、一行に隣接させて配置すると、プリントされていない縦のストライプ（縞模様）が発生するからである。したがって、すべての領域をプリント可能にするために、プリントヘッド45を y 軸方向にオフセット距離 W_y ずつ互いにずらせて配置して、プリントヘッド45の物理的制約に対処している。

【0061】

プリントヘッド45はまた、 x 軸に沿ってオフセット距離 W_x ずつ互いにずれている。実際には、プリントヘッド45は、 x 軸においてプリント範囲がわずかに重なる部分 W_o が存在するように整列されている。すなわち、隣接する2つのプリントヘッド45が同一の x 軸の位置上で同時にプリントできる。これにより、装置の組立て後にプリントヘッド45を校正できるため、設計および製造工程における精度を落とすことができる。この時、重なり合うプリントヘッド45の一方は、他方のプリントヘッドのピクセルと重なるいくつかのピクセルをプリントしないように命令される。

【 0 0 6 2 】

図 6 には、クリーニング・エレメント 2 0 9 が示されている。クリーニング・エレメントは y 軸に沿って間隔を空けて整列しているので、各クリーニング部材は対応するプリントヘッドに位置合わせされている。

【 0 0 6 3 】

他のプリントヘッド構成を使用できることは認識されるべきである。他の典型的な実施形態の詳細な説明は、引用した米国出願 No. 0 9 / 4 1 6 , 7 8 7 に開示されている。構成の選択は、プリントヘッド仕様を含むさまざまなパラメータを考慮に入れる設計事項である。

【 0 0 6 4 】

例えば、プリントヘッド 4 5 を高速の y 軸に沿って一列に配列させて、結合剤ジェット of 連続シーケンスを形成できる。この配列により、結合剤を堆積させる間、プリントヘッド 4 5 は高速の y 軸に沿って移動または往復運動する必要がなくなる。

【 0 0 6 5 】

この配列の変形例には、高速 y 軸に沿ったプリントヘッドの部分列を含むことができる。つまり、複数のプリントヘッドのうち一部を一列に整列させる。プリントヘッドが低速の x 軸に沿って (x + 方向に) 通過する間に、最初に結合剤の堆積が発生する。この通過が完了すると、プリントヘッドを高速 y 軸に沿って割り送りして、結合剤を戻り (x - 方向) の通過時に堆積する。この工程を繰り返して、全プリント範囲をカバーする。

【 0 0 6 6 】

また、特定のジェットの動作に問題がある場合にも、場所的に均一高強度を持つ造形物を得ることが望まれる。例えば、プリントヘッドの製造品質が劣っているかまたはヘッドが粉末により汚染された結果、場合により、プリントヘッドの特定のジェットが噴射しないか、または噴射が不安定になることがある。

【 0 0 6 7 】

図 7 は、不完全な結合剤ジェットを有するプリントヘッドの概略図である。図に示すように、プリントヘッド 4 5 f は、ガントリー 4 0 (図 2) が移動するとともに、y 軸に沿ってプリントする複数のプリントヘッドのうちの 1 つである。プリントヘッド 4 5 f の特定のジェット 4 7 - 6 が噴射しない場合、プリントされている粉末の特定の層 6 4 上に y 方向においてストライプ 9 6 が表われることがある。これによりプリントされた領域 9 5 に望ましくない不連続性が生じる。問題は、結合されていない粉末 9 6 の縦のストライプが各層において同一の x 軸上の位置 x f に存在するため、いったん造形物が完成すると、デラミネーション (積層剥離) の面が発生することである。

【 0 0 6 8 】

図 8 は不完全な結合剤ジェットを用いて 2 つの層をプリントする方法を示す概略図である。本発明によれば、シングリング (shingling) 法を使用して、結合されていない縦のストライプ 9 6 - 1、9 6 - 2 を各層 6 4 - 1、6 4 - 2 上の異なる x 軸上の位置に配置することにより、強度の弱い領域を 1 つの面に集中させずに造形物全体にわたり分散させる。したがって、不完全なジェット 4 7 - 6 は、すべての隣接する層に対し、通過する度に x 軸上の異なる位置に配置される。複数カートリッジ・システムでのシングリングは、結合剤の新しい各層を堆積する前に、x 軸に沿ってカートリッジ 4 5 をオフセット x₀ ずつわずかにずらすことにより達成される。

【 0 0 6 9 】

高速の造形速度を維持する一方で、造形部分の強度を最適化することが望ましい。単位面積当たりにより多くの結合剤を堆積することにより、部分の強度を強化できる。しかし、多量の結合剤の堆積は、造形速度を低下させて、部分のひずみを発生させる欠点がある。部分の強度を向上させ、かつ造形速度を大幅に低減することなく部分のひずみを最小化する 1 つの方法は、各層の外周部に供給する結合剤の量を増加することにより、その外周部まわりに硬質の外殻を形成する方法である。これは、外周部に結合剤を供給するときに、造形物の外周部に 2 倍の結合剤を供給して、結合剤流量を増加するか、または結合剤の

10

20

30

40

50

飽和を調整することにより達成される。この方法はさらに、造形物の内部領域のひずみを制御できる利点を持つ。

【 0 0 7 0 】

造形モデルの特性を最適化するために、単位面積あたりに供給する結合剤の量を調整して、使用する特定の粉末タイプおよびそのモデルの幾何形状の両方に適合させる。公称では（飽和度 = 1）、プリントヘッドは、固体領域をプリントするときに、結合剤溶液量をこの領域の約 10 ~ 20 % に供給する。ピクセルの一部をプリントしないことにより、同一面積走査速度を維持しながら、単位面積あたりの結合剤量をこのレベルより少なく（飽和度 < 1）できる。単位面積あたりの公称結合剤量より多い量（飽和度 > 1）でプリントするには、プリントヘッドからの同一流量を維持しながら、面積走査速度を減少させる。これは、ビットマップ・イメージを高速走査方向に拡大し、同時に高速軸モータを比例して減速することにより達成できる。1.5 の飽和度を得るには、例えば、180 × 180 ピクセル領域を 180 × 270 ピクセルに拡大し、高速軸速度を 90 cm / sec から 60 cm / sec に減速する。このような可変飽和度法により、造形物の強度を最適化できる。

10

【 0 0 7 1 】

例えば、造形物は、硬い外殻、およびその内部領域にトラス（truss）または卵ケース構造を有するように形成できる。内部領域の残りの部分は結合されない粉末のままで残すことができる。

【 0 0 7 2 】

カラー・プリント

カラーのインク・ジェット・プリントヘッドをプリンタに組み込むことにより、様々なカラーまたはインクをプリントする能力を提供できる。システムはこれらのプリントヘッドを利用して液体結合剤を堆積させるため、これらプリントヘッドにより、多孔質材料を結合させる材料としてカラー結合剤を堆積できる。特に、粉末材料はホワイトまたは無色であり、インクを吸収して粉末に色を付けることができる。結果的に、本発明の実施形態は、実質的にフルカラーの 3 次元造形物を造形し、造形物全体にわたって色を変化させることができる。

20

【 0 0 7 3 】

例えば、製品設計者は、表面に予め施されたさまざまな配色、ラベルおよび装飾を有する製品モデルを製作できる。さらに、外科医は患者の人体の一部の 3D カラー・プリントされたモデルを解体して、3 次元配置の臓器、腫瘍、血管などを十分認識することにより手術の準備ができる。モデルに関するデータは、コンピュータ断層撮影装置（CT）または磁気共鳴映像装置（MRI）から得られる。

30

【 0 0 7 4 】

色の付いた内部領域を必要とする造形物もあるが、表面色だけを必要とする造形物もある。目に見える表面が色付けを必要とする、造形物の一部であるため、ソフトウェアは各層の外側縁部のみに使用するカラー・インクを調整すればよい。このような場合、無色（すなわち、透明またはホワイト）あるいは単色結合剤（すなわち、ホワイト以外の単一色）が、ユーザには見えない造形物の内部に使用される。これにより、高価で、補充の面倒な着色結合剤を節減できる。

40

【 0 0 7 5 】

一定量の液体結合剤を所定量の粉末上に堆積して、正確に造形された造形物を製作できる。余分な結合剤は、造形物における所望の領域を越えて移行する結合剤を生じさせる。この作用は通常“ブリーディング（breeding）”と呼ばれる。しかし、この一定量より少ない量の結合剤では、強度の弱い造形物が製作される。色の量に関係なく十分な適正量の結合剤を使用することが望ましい。色の変化を制御した造形物を製作する方法は、以下に述べる。

【 0 0 7 6 】

第 1 に、各層の縁部（これらの縁部は、最後には、造形物の表面になる）上でプリント

50

するための最少飽和量を決定する。十分な着色剤を各着色結合剤に加えることにより、プリントするための最少飽和量で、仕上がった造形物の表面が純粋な原色になる。3原色のそれぞれで着色された結合剤をプリントする3つのプリントヘッドがある。透明結合剤をプリントする第4のプリントヘッドがある。

【0077】

各層をプリントする前に、コンピュータ・ソフトウェアは、最初に、所望の色を得るために、各プリントヘッドが各スポット内にプリントする必要のある着色結合剤の量を計算するアルゴリズムを実行する。次に、ソフトウェアは各スポットに対する最適飽和度（例えば、前述のように、内部にトラス構造を有する各層の外周部上の増加した飽和度）を決定するアルゴリズムを実行する。次にソフトウェアは、3色のプリントヘッド全てによりすでにプリントされた結合剤の総量を減算し、その後、第4プリントヘッドにより、透明な、したがって色に影響を与えない結合剤の残量を供給する。このように、各スポットは正しい量の各色と正しい量の結合剤とを供給される。

10

【0078】

ディザリング (dithering) およびハーフトーン化したバックグラウンドを得るには、最初に、モノクロ・モードにおけるバックグラウンドについて理解することがすることが有効である。プリンタはホワイト粉末上にプリントし、2組のジェットアレイを有している。一方の組のジェットアレイはブラック結合剤を堆積し、他方の組のジェットアレイは、粉末がホワイトであるため、ホワイトで表われる透明結合剤を堆積する。造形される造形物各位置で、2種類の結合剤がある比率で堆積され、造形物のある領域で所望のグレー、ホワイトまたはブラックの陰影を生成する。このように、造形物の全ての領域は、強化の高い部分を生成するのに必要な総結合剤量を受け取る。ただし、この方法は、制御された大きさの液滴を生成できるプリントヘッドを必要とする。

20

【0079】

インク・ジェット・プリントヘッドを選択して、制御された大きさの範囲の液滴を生成できるが、最新のプリントヘッドは、1種類の大きさの液滴だけを生成するように使用される場合に最適動作する。したがって、液滴が層全体にわたり均一に分布する場合、造形物の断面の各位置に、ブラックの液滴または透明の液滴のどちらかが衝突する。ディザリングまたはハーフトーン化に対しては、これらの液滴を、十分に離れて見るときにはグレーに認識されるが、拡大したときにはドット・パターンに見えるように分布させることができる。

30

【0080】

ディザリングまたはハーフトーン化の従来の方法を各層に使用して、各結合剤の液滴を滴下する場所を決定できる。またアルゴリズムはディザリングまたはハーフトーン化方法に対しても機能して、仕上がった造形物の表面に滴下する液滴の最適配置を決定する。

【0081】

別の色の結合剤を堆積する別のノズルを追加することにより、前述の方法はフルカラーの造形物を製作できる。プリントされる物体の境界面に異なる色の表面が接する場合、アルゴリズムをプリントされる領域に適用して、各層の外周部にカラー・バンドを形成する（図9参照）。最も簡単なアルゴリズムは単純な半直角の面である。造形物は完全な不透明ではなく、したがって、造形物の観察者の認識する色は、色がプリントされる造形物の表面における濃度に依存する。したがって、広いカラー・バンド (color band) が細いカラー・バンドの色に比べて濃い色に見える。

40

【0082】

異なる色の2つの表面が接する部分の内側のカラー・バンドに対するすべての着色方法の持つ問題点は、少なくとも1つの色がその部分の表面より淡くプリントされるのが避けられないことである。したがって、この色はその部分の観察者には淡い色に見える。この色を標準濃度を持つ着色領域と同一レベルまで復元するために、物体の表面の縁部に、高濃度の着色剤をプリントする。

【0083】

50

造形部分がわずかに半透明であるため、１つの表面に関連するカラー・バンドは、隣接する表面から知覚される色に影響を与えることがある。例えば、図９では、色２がブラックで、色１がホワイトである場合、観察者はホワイトだと考えられた表面を通してブラックを見ることになる。この影響を最少にするには、隣接する表面のそれぞれのカラー・バンドを斜めに切り、造形物体の縁部からその物体に延びるホワイトまたは無色のストライプを残す必要がある。

【００８４】

例えば、図１０を参照すると、第１の色のバンド９２は第２の色のバンド９４とコーナーで接している。先細の領域９６は透明結合剤から形成されているため、バンド９２、９４の色は正確に知覚され、各色の知覚は“バックグラウンド”内の別の色の存在による影響が少ない。

10

【００８５】

十分に着色された造形物を製作するのに必要な着色結合剤の量が、正確な形状の造形物を製作するのに必要な着色結合剤の量より多い場合には、問題が生じる。この場合には、着色の精度または許容されるブリーディング（breeding）量のどちらかにおいて、妥協点を見出す必要がある。着色液が結合剤として作用しない場合、造形物の機械的特性に影響を与えずに、多量の着色液を堆積できる。

【００８６】

結合剤の供給

図１１Ａは圧力制御されたコンジット８７Ａ - １４５Ｄにより供給されるプリントヘッド１４５Ａ - １４５Ｄのシステムの概略ブロック図である。図に示すように、結合剤供給システムは複数のプリントヘッド１４５Ａ、１４５Ｂ、１４５Ｃ、１４５Ｄを含み、これらプリントヘッドは、複数の結合剤供給リザーバ１７５、１１２、１１４、１１６および廃液収容器１５５に接続されている。図のように、イエロー結合剤供給リザーバ１１２はイエローに指定されたプリントヘッド１４５Ｂに接続され、マゼンタ結合剤供給リザーバ１１４はマゼンタに指定されたプリントヘッド１４５Ｃに、またシアン結合剤供給リザーバ１１６はシアンに指定されたプリントヘッド１４５Ｄに接続されている。透明結合剤供給リザーバ１７５は透明色に指定されたプリントヘッド１４５Ａおよび色の指定されたプリントヘッド１４５Ｂ、１４５Ｃ、１４５Ｄのそれぞれに接続されている。すべてのプリントヘッド１４５Ａ～１４５Ｄは廃液収容器１５５に接続されている。詳細は以下に述べる。

20

30

【００８７】

図１１Ｂは、図１１Ａの、透明（無色）結合剤溶液をプリントするように指定されているプリントヘッド１４５Ａに対する結合剤溶液供給装置を示す。通常の動作モードでは、バルブ１２２Ａが開いて溶液を流し入れ、バルブ１２８Ａが閉じて溶液をブロックする。ポンプ１８５Ａはフィルタ１１８Ａを通して透明結合剤溶液をリザーバ１７５から吸引し、この液を加圧して、コンジット８７Ａおよびバルブ１２２Ａを通してプリントヘッド１４５Ａに供給する。圧力スイッチ１２１Ａは予め設定された圧力レベル（例えば、 $3 \text{ psi} (2.1 \times 10^4 \text{ Pa})$ ）に達すると、ポンプ１８５Ａの作動を停止するように構成されている。この機構により、プリントヘッド１４５Ａの透明結合剤溶液の圧力はほぼ設定圧力レベルに維持される。

40

【００８８】

別の動作モードでは、バルブ１２８Ａが開いて溶液を流し入れ、リザーバ１７５からの結合剤溶液を、供給装置を通して循環させ、廃液収容器１５５に戻す。この構成により、例えば、プリンタが長時間にわたりアイドル状態のときに、供給装置内の結合剤溶液を定期的に入れ替えることができる。さらに別の動作モードでは、バルブ１２２Ａが閉じて溶液をブロックし、例えば、プリンタが作動していないときに、プリントヘッド内の溶液が透明結合剤供給リザーバ１７５に戻るのを防ぐ。

【００８９】

図１１Ｃは図１１Ａの、イエロー結合剤溶液をプリントするように指定されているプリ

50

ントヘッド 1 4 5 B に対する結合剤溶液供給装置を示す。この供給装置の図 1 1 B に示す透明結合剤供給装置と異なる点は、この供給装置にバルブ 1 2 0 B が追加されている点であり、このバルブ構成により、ポンプ 1 8 5 B が必要に応じて、透明結合剤溶液供給リザーバ 1 7 5 またはイエロー結合剤供給リザーバ 1 1 2 の一方から結合剤溶液を吸引できる。他のプリントヘッド 1 4 5 C、1 4 5 D は、イエローのプリントヘッド 1 4 5 B と同様に、透明結合剤溶液か、または関連する着色結合剤溶液リザーバ 1 1 4、1 1 6 からの着色結合剤溶液のどちらかを供給される。

【 0 0 9 0 】

前述の供給装置では、バルブ 1 2 0 B ~ 1 2 0 D をすべて、透明結合剤をそれぞれのプリントヘッドに供給するように構成して、例えば、高速の造形速度でモノクロの造形物をプリントできる。これとは別に、各ヘッドに異なる色を供給して、着色された造形物をプリントできる。カラー・モードとモノクロ・モード間で切り替えが必要なとき、バルブ 1 2 8 B ~ 1 2 8 D を開いて、カラー・プリントヘッド供給装置から廃液収容器 1 5 5 に不要な結合剤溶液を流し出す。

【 0 0 9 1 】

均等物

3 次元物体の模型を製作する方法および装置を、その特定の実施形態に関して図示し、説明してきたが、当業者には、添付の特許請求の範囲に定義された本発明の精神と範囲から逸脱することなく、形態または細部に各種の変更を加えるのが可能であることは理解されるであろう。これらおよび他のすべての均等物も特許請求の範囲に包含されるものとする。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 9 2 】

【図 1】ラピッド・プロトタイピング用装置の概略図である。

【図 2】図 1 の 3 次元プリンタの実施形態の平面図である。

【図 3 A】図 1 の 3 次元プリンタの実施形態を通る空気流れを調整および利用する基本構成要素の斜視図である。

【図 3 B】使用済み造形材料を回収するシステムの使用を示す図である。

【図 3 C】図 1 の 3 次元プリンタで使用するプレナムの斜視図である。

【図 3 D】図 1 のプリンタの材料供給チャンバおよび造形チャンバを通る空気流れの制御を示す概略図である。

【図 4 A】図 1 の 3 次元プリンタの実施形態の斜視図である。

【図 4 B】図 4 A のプリンタのガントリの斜視図である。

【図 4 C】図 4 A および 4 B のキャリッジの斜視図であり、そのカバーが開いている状態を示す。

【図 4 D】プリント・ジェットを清浄化するのに使用されるクリーニング・アセンブリの斜視図である。

【図 4 E】図 4 D に示されるクリーニング・アセンブリの内部コンポーネントを示す部分斜視図である。

【図 5 A】プリント媒体を制御する工程の概略図である。

【図 5 B】プリント媒体を制御する工程の概略図である。

【図 5 C】プリント媒体を制御する工程の概略図である。

【図 5 D】プリント媒体を制御する工程の概略図である。

【図 6】複数のプリントヘッドを使用する装置の概略図である。

【図 7】不完全な結合剤ジェットを有するプリントヘッドの概略図である。

【図 8】不完全な結合剤ジェットで 2 つの層をプリントする方法を示す概略図である。

【図 9】少なくとも 2 つの異なる色から形成される物体の部分破断図である。

【図 1 0】異なる色が接する箇所の外観を制御する方法を示す部分的な破断図である。

【図 1 1 A】図 1 1 A - 1 ~ 4 の関連を示す図である。

【図 1 1 A - 1】圧力制御された結合剤溶液供給システムの概略ブロック図である。

10

20

30

40

50

【図 1 1 A - 2】圧力制御された結合剤溶液供給システムの概略ブロック図である。

【図 1 1 A - 3】圧力制御された結合剤溶液供給システムの概略ブロック図である。

【図 1 1 A - 4】圧力制御された結合剤溶液供給システムの概略ブロック図である。

【図 1 1 B】透明の結合剤溶液の部分を示す図 1 1 A の詳細図である。

【図 1 1 C】着色された結合剤溶液の部分を示す図 1 1 A の詳細図である。

【符号の説明】

【 0 0 9 3 】

22 上部デッキ

2 4 材料供給チャンバ

25 供給ピストン

26 造形チャンバ

27 造形テーブル

28 オーバーフロー・シュート

3 1 フィルタ

3 4 ブロワ -

8 1 バケツト

8 2 取付け台

8 3 上部プレート

10

【 図 1 】

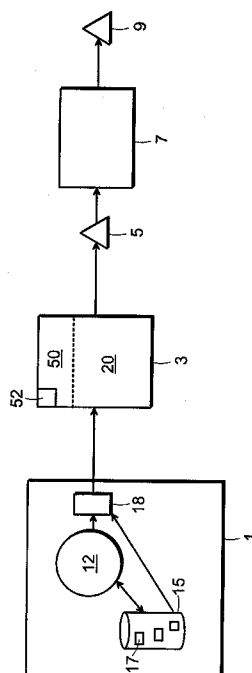


FIG. 1

【圖 2】

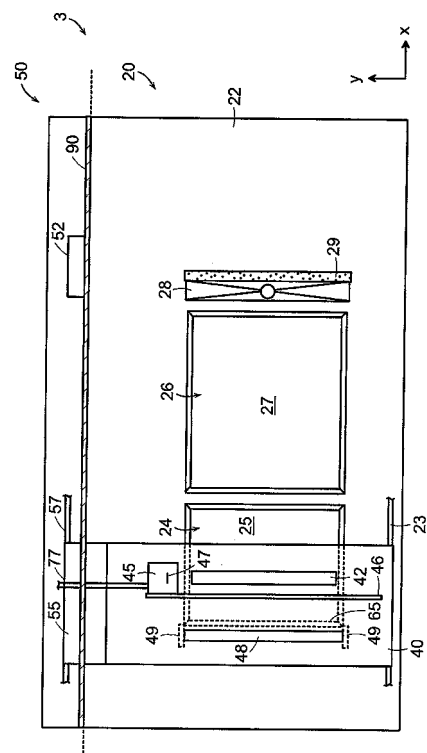


FIG. 2

【図 3 A】

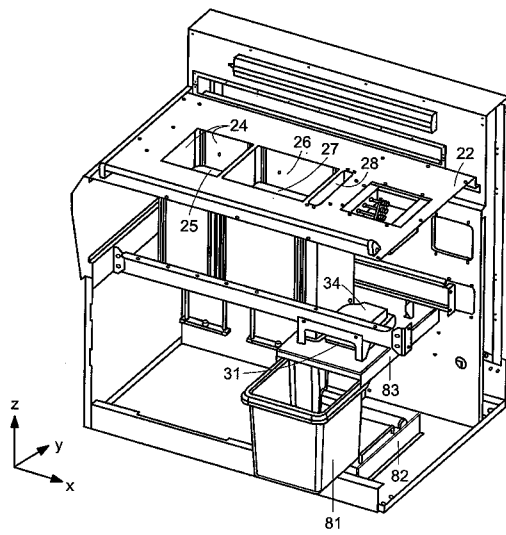


FIG. 3A

【図 3 B】

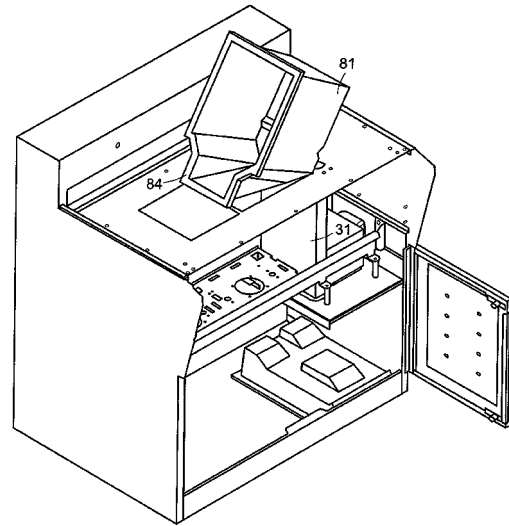


FIG. 3B

【図 3 C】

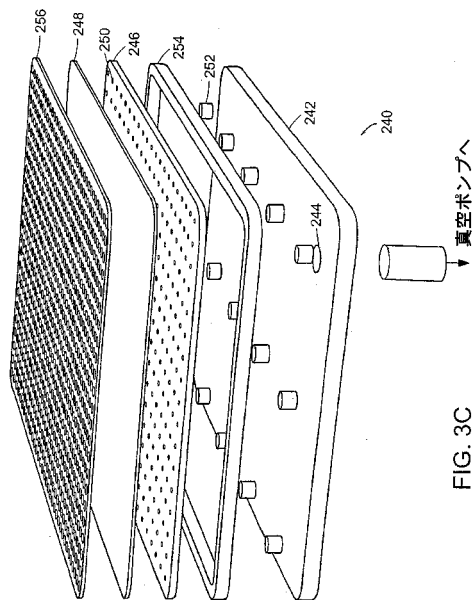


FIG. 3C

【図 3 D】

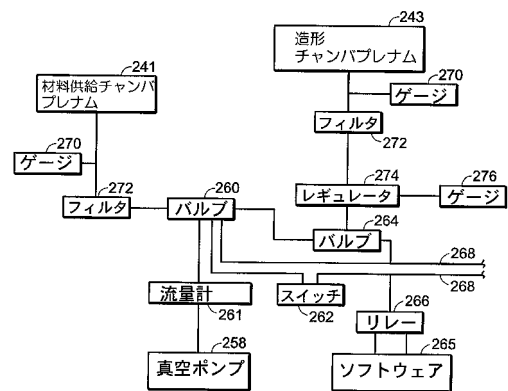


FIG. 3D

【図 4 A】

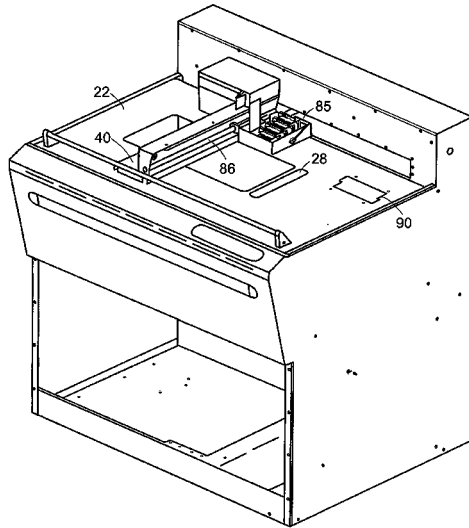


FIG. 4A

【図 4 B】

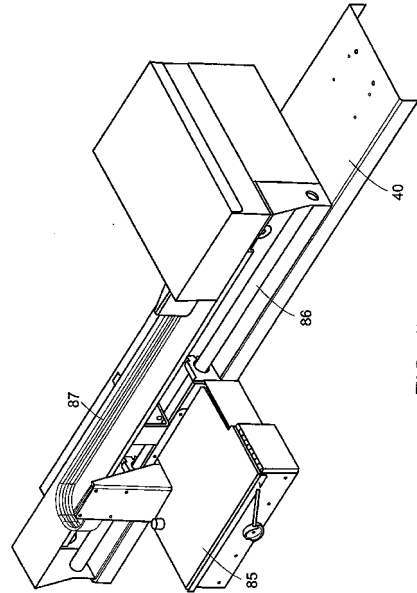


FIG. 4B

【図 4 C】

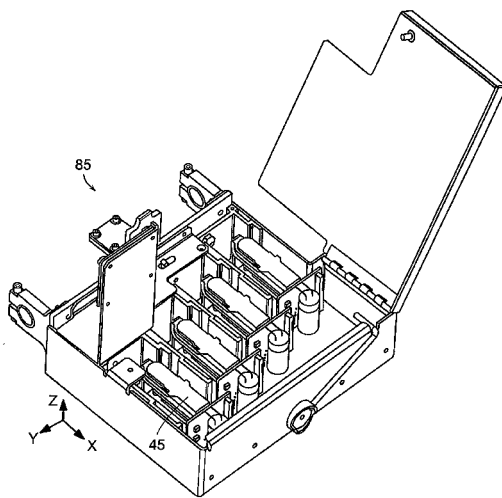


FIG. 4C

【図 4 D】

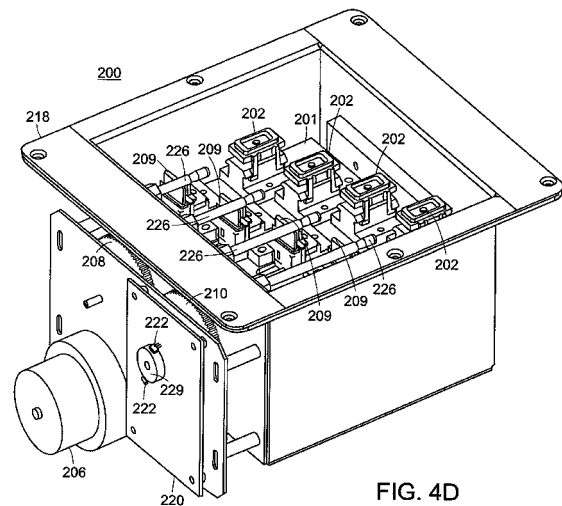


FIG. 4D

【図 4 E】

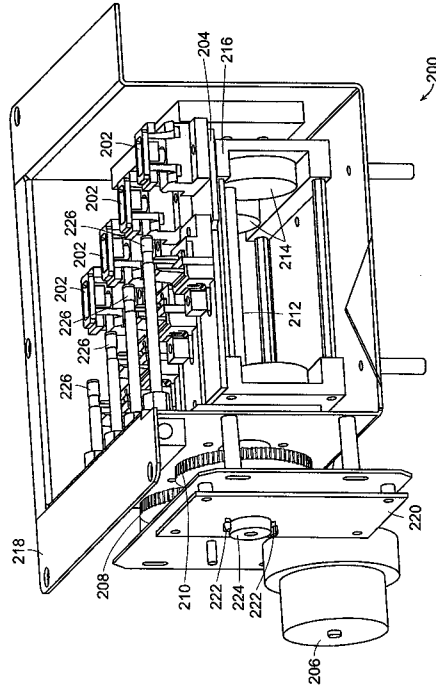


FIG. 4E

【図 5 A】

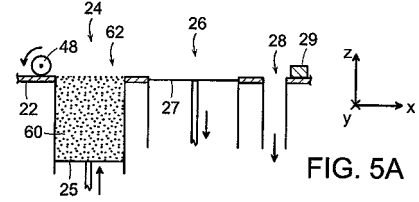


FIG. 5A

【図 5 B】

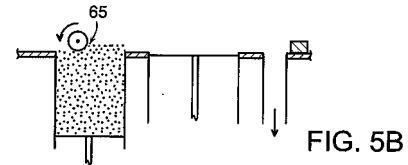


FIG. 5B

【図 5 C】

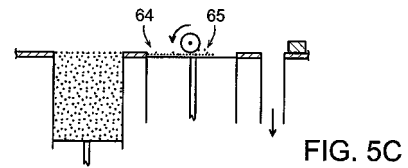


FIG. 5C

【図 5 D】

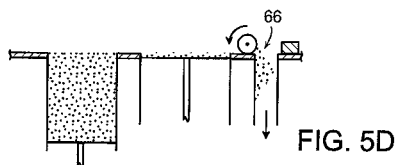


FIG. 5D

【図 6】

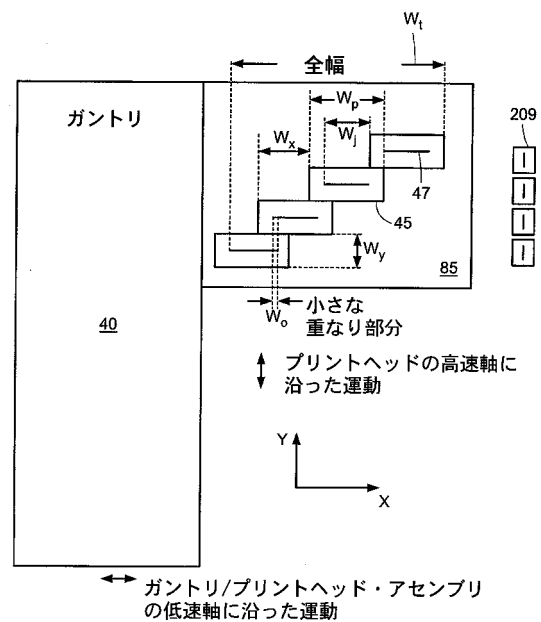


FIG. 6

【図 7】

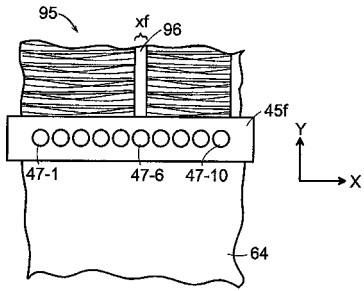


FIG. 7

【図 8】

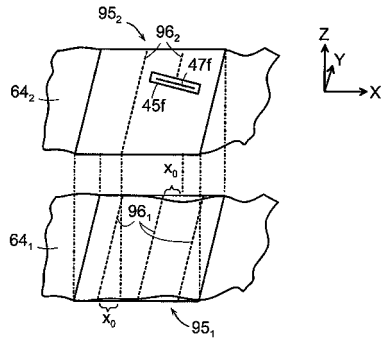


FIG. 8

【図 11 A】

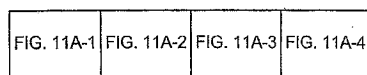


FIG. 11A

【図 9】

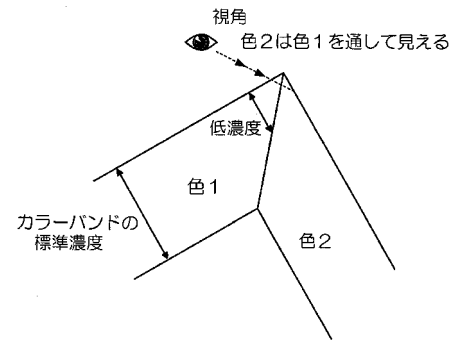


FIG. 9

【図 10】

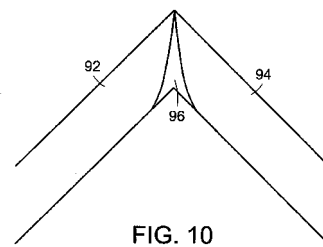


FIG. 10

【図 11 A - 1】

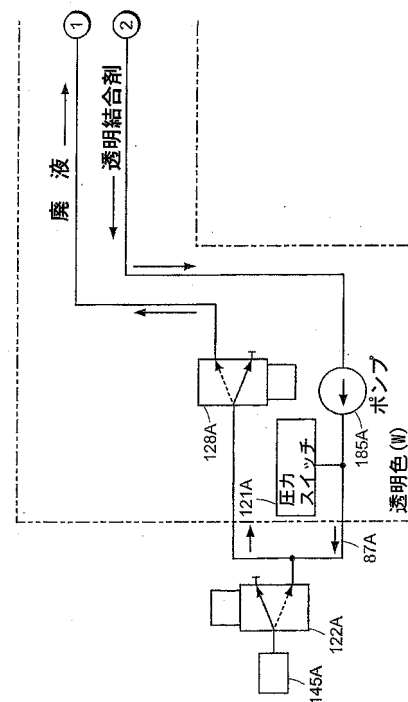


FIG. 11A-1

【図 11A-2】

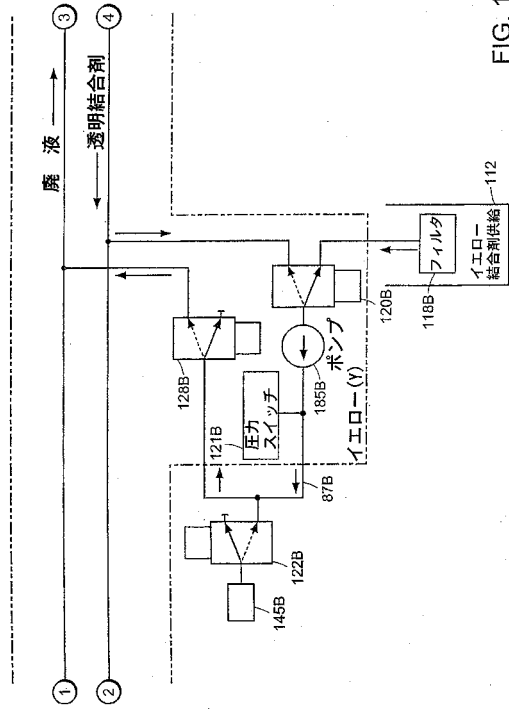


FIG. 11A-2

【図 11A-3】

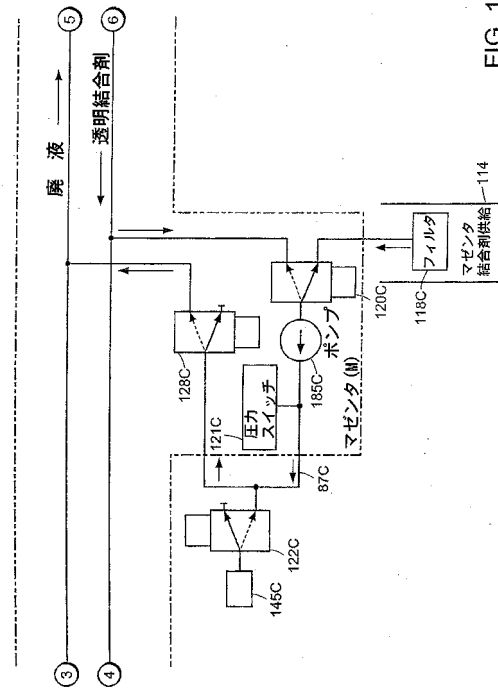


FIG. 11A-3

【図 11A-4】

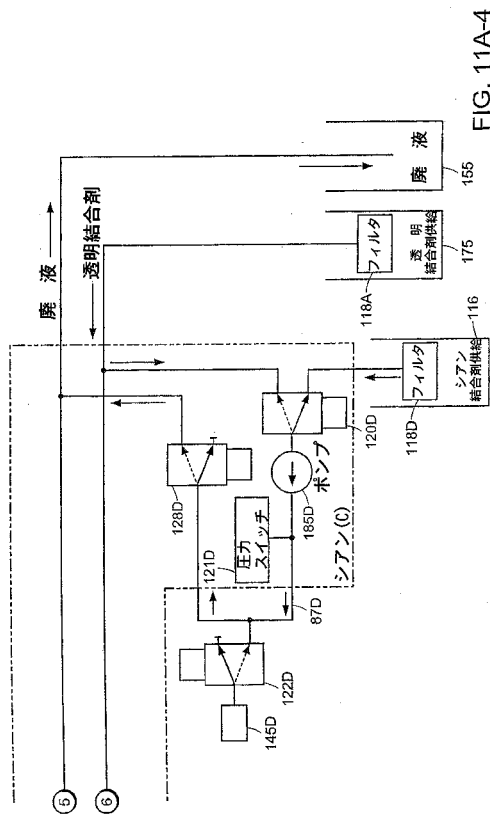


FIG. 11A-4

【図 11B】

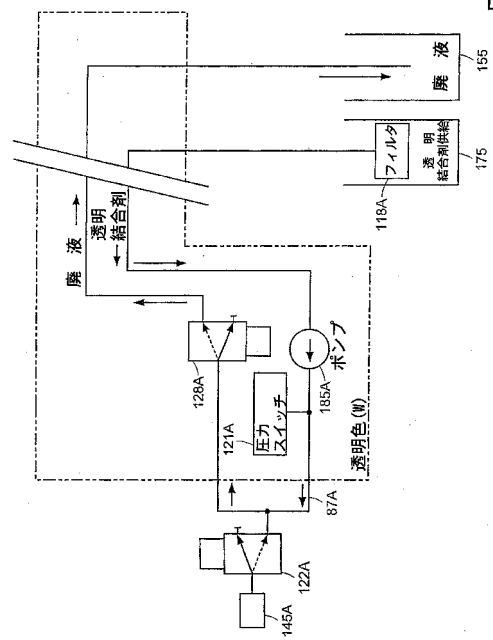


FIG. 11B

【図 11C】

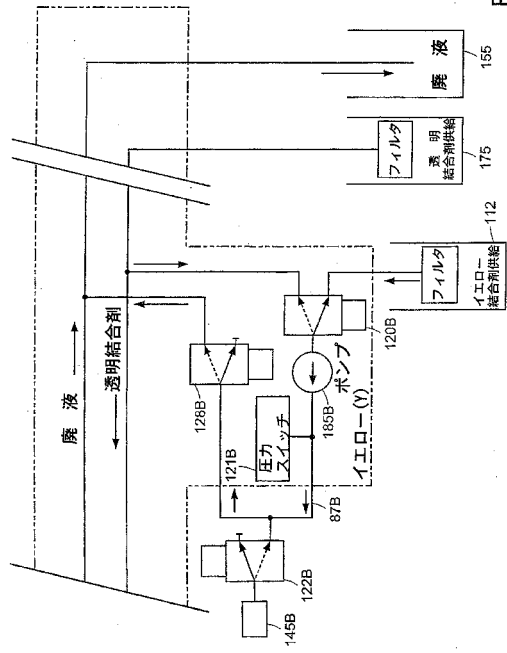


FIG. 11C

フロントページの続き

- (72)発明者 ラッセル・デイビッド・ビー
アメリカ合衆国，マサチューセッツ州 01772，サウスボロ，ウインチェスター ストリート 12
- (72)発明者 ゼンゲーレ・ウォルター・ヘンリー・ザサード
アメリカ合衆国，マサチューセッツ州 02026，デッドハム，オーク ストリート 51
- (72)発明者 コンウェイ・ピーター・チャールズ
アメリカ合衆国，マサチューセッツ州 01463，ペペレル，克蘭ベリー ストリート 37
- (72)発明者 ブレト・ジェームス・エフ
アメリカ合衆国，マサチューセッツ州 02172，ウォータータウン，テンブルトン パークウェイ 73
- (72)発明者 スウィート ブロック・ベンジャミン・ダニエル
アメリカ合衆国，マサチューセッツ州 02139，ケンブリッジ，センター ストリート 5
- (72)発明者 フィリップス・ロバート・アンソニー
アメリカ合衆国，マサチューセッツ州 01720，アクトン，ロングメドウ ウェイ 12

審査官 山本 晋也

- (56)参考文献 米国特許第06007318 (US, A)
特表2001-507295 (JP, A)
特開平06-218712 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B29C 67/00