(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第6397420号
(P6397420)
(45)発行日　平成30年9月26日(2018.9.26)　(24)登録日　平成30年9月7日(2018.9.7)

(51)Int.Cl.　　F I
B29C 64/209 (2017.01)　B29C 64/209
B33Y 30/00 (2015.01)　B33Y 30/00
B33Y 10/00 (2015.01)　B33Y 10/00

請求項の数 21　(全 27 頁)

(21)出願番号　特願2015-540275 (P2015-540275)
(86)(22)出願日　平成25年11月5日(2013.11.5)
(65)公表番号　特表2016-500594 (P2016-500594A)
(43)公表日　平成28年1月14日(2016.1.14)
(86)国際出願番号　PCT/IL2013/050908
(87)国際公開番号　WO2014/068579
(87)国際公開日　平成26年5月8日(2014.5.8)
審査請求日　平成28年8月10日(2016.8.10)
(31)優先権主張番号　61/722,433
(32)優先日　平成24年11月5日(2012.11.5)
(33)優先権主張国　米国(US)

(73)特許権者　513131464
ストラタシス　リミテッド
イスラエル国　７６１２４０１　レホヴォト　ピー．オー．ボックス　２４９６　サイエンス　パーク　ホルツマン　ストリート　１
１　Ｈｏｌｔｚｍａｎ　Ｓｔｒｅｅｔ，Ｓｃｉｅｎｃｅ　Ｐａｒｋ，　Ｐ．Ｏ．Ｂｏｘ　２４９６，　７６１２４０１　Ｒｅｈｏｖｏｔ，　Ｉｓｒａｅｌ
(74)代理人　100103816
弁理士　風早　信昭
(74)代理人　100120927
弁理士　浅野　典子

最終頁に続く

(54)【発明の名称】３Ｄ物体の直接インクジェット印刷システムおよび方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
アディティブ・マニュファクチャリング・プロセスによって部品を製作する直接インクジェット印刷システムであって、
部品を製作するために画定されたパターンに基づいて、インク送達システムから複数のノズルを通してインクを分注するように動作する印刷ヘッドと、前記印刷ヘッドは、第１の通過にわたって印刷直交方向にインクの液滴間に１画素分の間隔をあけてインクの液滴の第１のセットを印刷方向に分注し、次の第２の通過にわたって前記印刷直交方向にインクの液滴間に１画素分の間隔をあけてインクの液滴の第２のセットを分注するように構成され、前記液滴の第２のセットは、前記液滴の第１のセットによって形成される前記１画素分の間隔の少なくとも一部分を充填し、前記第１の通過および前記第２の通過は、インクの単一層を形成する、
前記画定されたパターンに基づいて、前記分注されたインクを一度に１層ずつ受け取る造形テーブルと、前記部品は、前記印刷ヘッドから分注される前記インクの複数の層から形成される、
毎回前記第１および第２の通過後に加熱に基づく乾燥プロセスを実行するように動作する乾燥ステーションと、
を備え、
前記造形テーブルは、前記乾燥ステーション内に通過ごとに前進するように動作可能である、

前記システム。
【請求項２】
前記造形テーブルは、前記印刷ヘッドが前記インクを分注する間に前記複数の層を走査するために、前記印刷方向および前記印刷直交方向に可動である、請求項１に記載のシステム。
【請求項３】
前記造形テーブルは、回転可能な造形プラットホームを含む、請求項１に記載のシステム。
【請求項４】
前記造形テーブル上に位置決めされたマットを備え、前記マットは、前記分注された材料を受け取るように動作し、また、前記マットは、前記マット上に分注される前記インクの表面張力よりも高い表面張力を提供するように適合される、請求項１に記載のシステム。
【請求項５】
前記マットは、インクジェット用紙である、請求項４に記載のシステム。
【請求項６】
前記乾燥ステーションは、
ハウジングと、
前記ハウジング内に前記造形テーブルを受け取る摺動ドアと、
前記ハウジング内の空気を循環させるように動作する送風機と、
前記送風機によって循環される前記空気を加熱するように動作する加熱ユニットと、
を備える、請求項１に記載のシステム。
【請求項７】
前記乾燥ステーションは、前記造形テーブル上に分注される前記インクの液滴上に高温の空気の噴流を当てるように動作し、また、前記乾燥ステーションは、前記高温の空気を噴射するノズル板を含む、請求項６に記載のシステム。
【請求項８】
２つの乾燥ステーションを備える、請求項１に記載のシステム。
【請求項９】
造形材料を分注する第１の印刷ヘッドと、支持材料を分注する第２の印刷ヘッドとを備える、請求項１～８のいずれか一項に記載のシステム。
【請求項１０】
前記印刷ヘッドによって分注される前記インクの粘性は、分注温度で１０～２０ｃｐｓである、請求項１～８のいずれか一項に記載のシステム。
【請求項１１】
前記印刷ヘッドによって分注される前記インクは、セラミック粉末、カプセル化された金属の極微粒子、および可溶性ポリマーの少なくとも１つが配合されたインクである、請求項１～８のいずれか一項に記載のシステム。
【請求項１２】
前記印刷ヘッドによって分注される前記インクは、焼結に適している、請求項１～８のいずれか一項に記載のシステム。
【請求項１３】
前記インク送達システムは、重力に基づく循環で前記インクを循環させるように動作する、請求項１～８のいずれか一項に記載のシステム。
【請求項１４】
複数の層を一度に平坦化するように動作するローラを備え、前記ローラは、前記分注されたインクの方へ要求に応じて降下するように動作する、請求項１～８のいずれか一項に記載のシステム。
【請求項１５】
前記システムの休止期間中には前記印刷ヘッドの位置に位置合わせされ、印刷中には前

記印刷ヘッドから変位されるように動作可能な保守ステーションを備え、前記保守ステーションは、前記印刷ヘッド上に洗浄液を噴霧するように動作するノズルと、吸い取り紙とを備え、前記吸い取り紙を前記印刷ヘッドの方へ上昇させる機構を有する、請求項１～８のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項１６】

アディティブ・マニュファクチャリング・プロセスによって部品を製作する直接インクジェット印刷方法であって、

前記部品を製作するために画定されたパターンに従って、インクの液滴を層単位で分注するステップと、層は、２ステップ・プロセスで印刷され、また、前記インクは、セラミック粉末、カプセル化された金属の極微粒子、および可溶性ポリマーの少なくとも１つが配合されている、

造形テーブルを乾燥ステーション内に層ごとに前進させるステップと、

毎回前記２ステップ・プロセスの第１および第２のステップ後に前記乾燥ステーションにおいて前記インクの液滴を加熱させるステップと、前記加熱は、インクの液滴を乾燥させるように構成されている、

を含み、

前記２ステップ・プロセスの前記第１のステップは、印刷直交方向にインクの液滴間に１画素分の間隙をあけて前記液滴の第１のセットを印刷方向に分注することを含み、前記２ステップ・プロセスの前記第２のステップは、前記第１ステップの間に確立された乾燥されたインクの液滴間に１画素分の間隙をあけて前記液滴の第２のセットを前記印刷方向に分注し、前記インクの液滴の第２のセットを乾燥することを含む、

前記方法。

【請求項１７】

製作中に前記部品を支持するために画定されたパターンに従って、支持材料の液滴を層単位で分注するステップを含み、前記支持材料の液滴の層は、前記部品を製作するための前記インクの液滴の対応する層を形成した後に分注される、請求項１６に記載の方法。

【請求項１８】

次の層を印刷する前に前記層を９０度回転させるステップを含む、請求項１６または１７に記載の方法。

【請求項１９】

前記インクの液滴は、ノズルのアレイを含む印刷ヘッドによって分注され、前記印刷ヘッドは、次の層を印刷する前に、前記印刷直交方向に画素距離の２分の１変位される、請求項１６または１７に記載の方法。

【請求項２０】

複数の層のそれぞれを一度に平坦化するステップを含む、請求項１６または１７に記載の方法。

【請求項２１】

前記部品を焼結するステップを含む、請求項１６または１７に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、そのいくつかの実施形態において、アディティブ・マニュファクチャリングおよび／または３Ｄ印刷に関し、より詳細には、限定されるものではないが、高速製造のための３Ｄ印刷に関する。

【背景技術】

【０００２】

３Ｄ印刷によって固体の物体を製作する複数の異なるプロセスが知られている。典型的には、これらの処理は、物体の３Ｄモデルに基づいて、異なる形状の材料層を連続して印刷する。これらの異なるプロセスは、典型的には、層が堆積される方法および使用できる材料の点で異なる。

【０００３】
内容が参照により本明細書に組み込まれている「Mass production of dental restorations by solid free-form fabrication methods」という名称の特許文献１は、歯科用修復物を製造するプロセスについて記載している。１つのプロセスは、順次堆積させた粉末層の選択された領域内に結合剤をインクジェット印刷することを含む。各層は、粉末の土台の表面の上に薄い粉末層を塗布することによって作られる。各層に対する指示は、修復物のＣＡＤ表現から直接導出することができる。それぞれの層が敷設されると、これらの層は硬化し、または少なくとも部分的に硬化するが、所望の最終的な形状の構成が実現され、積層プロセスが完了した後、応用例によっては、型およびその内容物を適切に選択された温度で加熱または硬化して、粉末粒子の結合をさらに促進することが望ましいことがある。別のプロセスは、粉末材料を結合剤中に分散させた混合物を提供することと、その混合物を分注装置からプラットホーム上へ分注することとを含む。溶融堆積モデリング機械に類似した機械を使用して、ポリマーまたはセラミックの粉末のスラリまたはペーストと担体を混合し、歯科用修復物の多層の最終形状であるコーピングを形成する。この機械は、液化した熱可塑性材料を放出する溶融堆積モデリング機械とは対照的に、玉状のスラリを放出または噴霧する。

【０００４】
内容が参照により本明細書に組み込まれている「Rapid Prototyping Apparatus」という名称の特許文献２は、物体を画定するデータに応答して、薄い光ポリマー材料層を重ね合わせて順次形成することによって物体を作製するインクジェット型の装置について記載している。この装置は、それぞれ複数の出力オリフィスが形成された表面を有し、他のオリフィスとは無関係に各オリフィスを通して構築材料を分注するように制御可能な複数の印刷ヘッドと、印刷ヘッドが取り付けられたシャトルとを含む。コントローラにより、シャトルを支持表面の上で前後に動かし、シャトルが動くと、データに応答して構築材料を分注して支持表面上に第１の層を形成し、その後他の層を順次形成するように、印刷ヘッドを制御する。典型的には、ＵＶ放射を使用して、それぞれの光ポリマー材料層を硬化させる。

【０００５】
内容が参照により本明細書に組み込まれている非特許文献１に公開された論文には、融点の低いワックス中に分散されたセラミック粒子を含有する固体を作製する方法が記載されている。パラフィン・ワックス中の細かいアルミナ粉末の懸濁液を、市販の印刷機を使用してインクジェット印刷を可能にするのに十分な低い粘性値で配合し、最高４０体積パーセントの粉末が添加された懸濁液を、インクジェット印刷機ヘッドに通し、直接インクジェット印刷プロセスを、ワックス中に配合された懸濁液で固体を製作するために使用するものである。

【０００６】
インクジェット印刷機はまた、用紙上に情報を印刷するために使用されることが知られている。用紙上に印刷するために使用されるインクジェット印刷機の動作障害の１つの原因は、ノズルおよび／またはオリフィスを通って分注されるインク中の成分が沈殿および蒸発することによって引き起こされる可能性がある。たとえば、使用されていない期間中、印刷ヘッド内に保持されているインクは、劣化して固体粒子の沈殿を招くことがある。インク中に含有されている成分の蒸発もインクの劣化のひとつであることがある。成分が蒸発すると、ノズル近傍でインクの粘性の変化がおこることがあり、噴射特性に悪影響を与えることがある。沈殿および蒸発は、場合によっては、ノズルの脱落またはノズルの閉塞を招くことがある。

【０００７】
内容が参照により本明細書に組み込まれている「Ink jet print head with improved reliability」という名称の特許文献３は、印刷ヘッドのノズルを通って放出するために使用されるインクを回復させる方法について記載している。この方法は、印刷ヘッドから放出された滴を補充するために必要とされる量を超えてインク流を生じさせることと、ノズ

ルの内側端部に沿って印刷ヘッドのノズル板内のインク経路にそのインク流を通すことと
を含む。このインク流は、ノズルを通って放出するために使用されるインクを回復させる
。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００８】
【特許文献１】米国特許第６，３２２，７２８号明細書
【特許文献２】米国特許第７，８９６，６３９号明細書
【特許文献３】米国特許第８，０９１，９８７号明細書
【特許文献４】カナダ特許出願公開第ＣＡ２３５５５３３号明細書
【非特許文献】
【０００９】
【非特許文献１】the Journal of the American Ceramic Society、85 [110 2514-20 (2001)、「Ink-Jet Printing of Wax-Based Alumina Suspensions」
【発明の概要】
【課題を解決するための手段】
【００１０】
本発明のいくつかの実施形態の一態様によれば、直接インクジェット印刷プロセスを使用してセラミック、金属、および／または高品質ポリマーの部品を製造するシステムおよび方法が提供される。本発明のいくつかの実施形態によれば、セラミック、金属、および／または高品質ポリマーの部品は、高い体積百分率の高密度の顔料および／もしくはセラミック粉末などの粒子、カプセル化された金属の極微粒子、ならびに／または可溶性ポリマーが配合されたインクで製作される。インクは、水性インクまたは溶剤性インクの１つでありうる。本発明のいくつかの実施形態によれば、典型的には高い粘性、不十分な分散安定性、および／または高い溶剤蒸発率を有するようなインクによる直接インクジェット印刷のためのシステムおよび方法を提供する。本発明のいくつかの実施形態によれば、直接インクジェット印刷プロセスによって形成されるセラミックおよび／または金属の部品は、焼結に適している。
【００１１】
本発明のいくつかの実施形態の一態様は、アディティブ・マニュファクチャリング・プロセスによって部品を製作する直接インクジェット印刷システムを提供し、このシステムは、インクを循環させるように動作するインク送達システムと、インク送達システムに付随し、画定されたパターンに基づいて、インク送達システムから複数のノズルを通してインクを分注するように動作する印刷ヘッドと、画定されたパターンに基づいて、分注されたインクを一度に１層ずつ受け取り、印刷ヘッドから分注されるインクの複数の層から部品が形成される造形テーブルと、印刷ヘッドから分注されるインクの層に対して層ごとに乾燥プロセスを実行するように動作する乾燥ステーションと、を備える。
【００１２】
造形テーブルは、印刷ヘッドがインクを分注する間に複数の層を走査するように、印刷方向および印刷直交方向に可動であってもよい。
【００１３】
造形テーブルは、回転可能な造形プラットホームを含んでもよい。
【００１４】
造形テーブルは、乾燥ステーション内に層ごとに前進するように動作可能であってもよい。
【００１５】
造形テーブルは、焼結炉内に配置されるように適合された取り外し可能なトレーを含んでもよい。
【００１６】
システムは、造形テーブル上に位置決めされたマットを含んでもよく、マットは、分注

された材料を受け取るように動作する。
【００１７】
マットは、マット上に分注されるインクの表面張力より高い表面張力を提供するように適合されてもよい。
【００１８】
マットはインクジェット用紙であってもよい。
【００１９】
乾燥ステーションは、ハウジングと、ハウジング内に造形テーブルを受け取る摺動ドアと、ハウジング内の空気を循環させるように動作する送風機と、送風機によって循環される空気を加熱するように動作する加熱ユニットとを備えていてもよい。
【００２０】
乾燥ステーションは、造形テーブル上に分注されるインク層上に高温の空気の噴流を当てるように動作してもよい。
【００２１】
乾燥ステーションはノズル板を含んでもよく、高温の空気はノズル板を通って噴射される。
【００２２】
システムは、２つの乾燥ステーションを含んでもよい。
【００２３】
システムは、造形材料を分注する第１の印刷ヘッドと、支持材料を分注する第２の印刷ヘッドとを含んでもよい。
【００２４】
印刷ヘッドによって分注されるインクの粘性は１０～２０ｃｐｓであってもよい。
【００２５】
印刷ヘッドによって分注されるインクは、セラミック粉末、カプセル化された金属の極微粒子、および可溶性ポリマーの少なくとも１つが配合されたインクであってもよい。
【００２６】
インクは水性インクであってもよい。
【００２７】
インクは溶剤性インクであってもよい。
【００２８】
印刷ヘッドによって分注されるインクは、焼結に適していてもよい。
【００２９】
インク送達システムは、重力に基づく循環でインクを循環させるように動作してもよい。
【００３０】
システムは、複数の層を一度に平坦にするように動作するローラを含んでもよい。
【００３１】
ローラは、分注されたインクの方へ要求に応じて降下するように動作してもよい。
【００３２】
システムは、システムの休止期間中には印刷ヘッドの位置に位置合わせされてもよく、印刷中には印刷ヘッドから変位されるように動作可能な保守ステーションを含んでもよく、保守ステーションは、印刷ヘッド上に洗浄液を噴霧するように動作するノズルと、吸い取り紙とを備えてもよく、吸い取り紙を印刷ヘッドの方へ上昇させる機構を有してもよい。
【００３３】
本発明のいくつかの実施形態の一態様は、アディティブ・マニュファクチャリング・プロセスによって部品を製作する直接インクジェット印刷方法を提供し、この方法は、部品を製作するように画定されたパターンに従って、セラミック粉末、カプセル化された金属の極微粒子、および可溶性ポリマーの少なくとも１つが配合されたインクの液滴を層単位

で分注するステップと、乾燥ステーション内でインクの液滴を層ごとに乾燥させるステップと、を含む。

【００３４】

この方法は、２ステップ・プロセスで層を印刷することを含んでもよく、２ステップ・プロセスの第１のステップは、印刷直交方向に１画素分の間隙をあけて、液滴の第１のアレイを印刷方向に走査することを含み、２ステップ・プロセスの第２のステップは、印刷直交方向に１画素分の間隙をあけて、液滴の第２のアレイを印刷方向に走査することを含み、第２のアレイは、第１のアレイによって形成される１画素分の間隙の少なくとも一部分を充填する。

【００３５】

この方法は、第１のステップおよび第２のステップのそれぞれの後に乾燥ステーション内でインクの液滴を乾燥させるステップを含んでもよい。

【００３６】

この方法は、画定されたパターンに従って、製作中に部品を支持するための支持材料の液滴を層単位で分注するステップを含んでもよく、支持材料の液滴の層は、部品を製作するための対応するインクの液滴の層を形成した後に分注される。

【００３７】

この方法は、次の層を印刷する前に層を９０度回転させるステップを含んでもよい。

【００３８】

インクの液滴は、ノズルのアレイを含む印刷ヘッドによって分注されてもよく、印刷ヘッドは、次の層を印刷する前に、印刷直交方向に画素距離の２分の１だけ変位される。

【００３９】

この方法は、複数の層のそれぞれを一度に平坦にするステップを含んでもよい。

【００４０】

この方法は、部品を焼結するステップを含んでもよい。

【００４１】

別途定義しない限り、本明細書で使用されるすべての技術的および／または科学的用語は、本発明が関係する当業者によって一般に理解される意味と同じ意味を有する。本明細書に記載するものに類似または同等の方法および材料を、本発明の実施形態を実行または試験する際に使用することができるが、例示的な方法および／または材料について後述する。矛盾のある場合、定義を含む本特許明細書が有効である。なお、材料、方法、および例は単なる例示であり、必ずしも限定しようとするものではない。

【００４２】

本発明のいくつかの実施形態について、添付の図面を参照しながら例示のみを目的として本明細書に記載する。次に図面を具体的に詳細に参照すると、図示の詳細は例示によるものであり、本発明の実施形態について例示的に議論することを目的とすることが強調される。この点で、図面とともに説明を読めば、本発明の実施形態をどのように実行することができるかが当業者には明らかである。

【図面の簡単な説明】

【００４３】

【図１】本発明のいくつかの実施形態による例示的な直接インクジェット印刷システムの簡略化された断面図である。

【図２】本発明のいくつかの実施形態による２つの乾燥ステーションを含む例示的な直接インクジェット印刷システムの簡略化された断面図である。

【図３】本発明のいくつかの実施形態による例示的な乾燥ステーションの簡略化された概略図である。

【図４】本発明のいくつかの実施形態による印刷された材料層を乾燥させる例示的な方法の簡略化された流れ図である。

【図５】本発明のいくつかの実施形態による印刷ヘッドを支持する例示的なＹ軸ステージの簡略化された概略図である。

【図６】本発明のいくつかの実施形態による例示的な回転可能な造形トレーの簡略化された概略図である。
【図７】本発明のいくつかの実施形態による印刷された層を平坦にする例示的なローラの簡略化された概略図である。
【図８】それぞれ本発明のいくつかの実施形態による印刷ヘッドの奇数のノズルから分注されたインク液滴の簡略化された斜視図および簡略化された正面図である。
【図９】本発明のいくつかの実施形態による印刷ヘッドの奇数のノズルから分注されたインク液滴の乾燥プロセス後の簡略化された正面図である。
【図１０】それぞれ本発明のいくつかの実施形態による印刷ヘッドの偶数のノズルから次に分注された追加のインク液滴の簡略化された斜視図および簡略化された正面図である。
【図１１】それぞれ本発明のいくつかの実施形態による乾燥プロセス後の例示的な印刷された完全な層の簡略化された斜視図および簡略化された正面図である。
【図１２】本発明のいくつかの実施形態による印刷ヘッドの横移動を施すことに応答する複数の例示的な印刷された層を示す簡略化された概略図である。
【図１３】本発明のいくつかの実施形態による造形プラットホームの回転を施すことに応答する複数の例示的な印刷された層を示す簡略化された概略図である。
【図１４】本発明のいくつかの実施形態による例示的な保守ステーションの簡略化された概略図である。
【図１５】本発明のいくつかの実施形態による３Ｄ物体を印刷する例示的な方法の簡略化された流れ図である。
【図１６】本発明のいくつかの実施形態による交換可能なインク・カセットを有するインク循環ユニットの簡略化された概略図である。
【図１７】本発明のいくつかの実施形態による交換可能な洗浄カセットを有するインク循環ユニットの簡略化された概略図である。
【図１８】本発明のいくつかの実施形態による印刷ヘッドのノズルを洗浄するパージ・デバイスの簡略化された概略図である。
【発明を実施するための形態】
【００４４】
本発明は、そのいくつかの実施形態において、アディティブ・マニュファクチャリングおよび／または３Ｄ印刷に関し、より詳細には、限定されるものではないが、高速製造のための３Ｄ印刷に関する。
【００４５】
いくつかの例示的な実施形態によれば、直接インクジェット印刷プロセスを使用して３Ｄ物体を製作するシステムおよび方法が提供される。本明細書では、３Ｄ物体を製作する直接インクジェット印刷プロセスは、３Ｄ物体の計算モデルに基づいて、構築および／または造形材料としてインクの液滴を一度に１層ずつ選択的に分注することによって３Ｄ物体を製作するプロセスに関する。本発明のいくつかの実施形態によれば、高い体積百分率のセラミック粉末および／またはカプセル化された金属の極微粒子のため、インクの粘性は高く、たとえば１０～２０ｃｐｓである。別法として、構築材料は、可溶性ポリマーを含む粘性インクである。印刷中に部品の幾何構造を支持する支持材料もまた、３Ｄ物体の計算モデルに基づいて分注されてもよい。いくつかの例示的な実施形態では、支持材料は、専用の印刷ヘッドから分注される。
【００４６】
本発明者は、ノズル板の周りを低速で流れるインクの循環に対応するインクジェット印刷ヘッド技術の現在の進歩により、本明細書に記載する高い粘性のインクによる印刷にも対応することができることを見出した。典型的には、本明細書に記載するセラミックおよび／または金属のインクは、粒子の体積百分率が高いため、分散安定性が不十分であり、本明細書に記載するポリマーのインクは、溶剤蒸発率が高く、加熱の影響を受けやすい。本発明者は、循環がインクジェット印刷中にインクを加熱する典型的なプロセスに取って代わることができることを見出した。加熱は、典型的には、分散の不安定性および溶剤の

蒸発の増大を伴う。

【００４７】

本発明のいくつかの実施形態によれば、システムは、高い粘性のインクを循環させてインクの分散安定性を維持し、印刷ヘッド内部の沈殿を回避し、かつ／または粒子が沈むことによるノズルの目詰まりを防止するインク送達システムを含む。本発明のいくつかの実施形態によれば、インク送達システムは、循環の生成に重力を使用する。インク送達システムは、カートリッジとして機能してもよく、洗浄液カートリッジまたは異なる色のインクを含む代替カートリッジと交換することができる。インク送達システムによって提供される印刷ヘッドごとのインクの循環は、２０～６５ｃｃ／分、たとえば５０ｃｃ／分に到達することができてもよい。典型的には、循環中、インク内に閉じ込められた空気は除去される。いくつかの例示的な実施形態では、重力を使用して循環を生成するとき、ノズル洗浄用の圧力を提供するためにパージ・デバイスが含まれる。

【００４８】

本発明者は、本明細書に記載する直接インクジェット印刷が、印刷による周知の製作方法に優る利点をもたらすことができることを見出した。たとえば、粉末層の中へ結合剤を印刷する周知のプロセスでは、物体の表面品質が比較的粗いことが知られているが、本明細書に記載する直接インクジェット処理は、研磨および／またはバフ仕上げプロセスを必要とすることなく、平滑で光沢のある表面を提供することができる。歯科用修復物向けの応用例など、応用例によっては、典型的には、非常に磨き上げられた仕上がりが必要とされる。

【００４９】

本発明はまた、低い粘性の構築材料、たとえばワックス中のセラミック粉末懸濁液による直接インクジェット印刷を使用し、次いで焼結を施す周知の製作プロセスに優る利点をもたらすことができる。低い粘性の構築材料を使用するインクジェット印刷プロセスでは、通常、焼結中の収縮度が非常に大きく、かつ／または予測不能である。逆に、本発明者は、本明細書に記載するように、高密度の粒子および／または内容物の体積百分率が高いインクを使用するとき、造形される部品をほとんどまたはまったく収縮させることなく、焼結を施すことができることを見出した。本発明者はまた、本明細書に記載するシステムおよび方法に基づいて、結合剤の除去に起因する多孔度を最小にすることができ、したがって結合剤の除去後も部品の機械特性を維持することができることを見出した。

【００５０】

本発明のいくつかの実施形態によれば、本明細書に記載する直接インクジェット印刷プロセスはまた、光ポリマーとは対照的に、溶剤溶性ポリマー、たとえばポリアミドを使用することによって、高品質のプラスチック部品を製作するために使用することができる。本発明者は、本明細書に記載する直接インクジェット印刷によって印刷されたときのこれらのプラスチック部品の品質、たとえば機械特性は、射出成形によって製作された同様の部品に同等とすることができることを見出した。応用例によっては、直接インクジェット印刷による製造コストを、射出成形の場合より大幅に低くすることができる。

【００５１】

本発明のいくつかの実施形態によれば、印刷されたそれぞれの層に乾燥プロセスが施される。典型的には、乾燥プロセスは、印刷された層の中の水および／または沸点の低い溶剤を蒸発させるために施される。乾燥プロセスはまた、インク中の湿潤剤および沸点の高い溶剤を蒸発させ、かつ／または結合剤を活性化するために施されてもよい。いくつかの例示的な実施形態では、乾燥プロセスは造形材料とともに分注される支持材料の乾燥および／または凝固のためにも使用される。

【００５２】

本発明のいくつかの実施形態によれば、このシステムは、乾燥プロセスを実行する少なくとも１つの乾燥ステーションを含む。典型的には、各層が印刷および／または走査された後、分注された材料を支持する造形トレーを乾燥ステーション内に前進させる。いくつかの例示的な実施形態では、各層は、偶数のノズルによってインクを分注する第１の走査

ステップと、次いで奇数のノズルによってインクを分注する第２の走査ステップとを含む２つのステップで印刷される。走査は、まず一方向に実行され、次いで逆の方向に実行されてもよい。各ステップ後に乾燥が施されてもよい。システムは、システムの両端に２つの乾燥ステーションを含んでもよく、造形トレーをそれぞれの乾燥ステーション内に交互に前進させてもよい。

【００５３】

本発明のいくつかの実施形態によれば、モデル内で垂直方向、たとえばＺ軸方向に蓄積した誤差を補償するために、複数の層ごとに、たとえば数十層ごとに、平坦化が施される。本発明のいくつかの実施形態によれば、システムは、これらの層を平坦にする平坦化圧力ローラを含む。

【００５４】

本発明のいくつかの実施形態によれば、インク中の水または溶剤を吸収する湿潤表面が使用され、したがって、乾燥プロセスが開始されるまで、造形表面上でインクの液滴の構造が安定する。典型的には、湿潤表面は、部品が製作されるインクの表面張力より高い表面張力を有するように選択される。いくつかの例示的な実施形態では、インクジェット用紙および／または受容コーティング、たとえばポリビニルピロリドン（ＰＶＰ）のコーティングで被覆された用紙が、湿潤表面として使用される。典型的には、インクジェット用紙などは、システムの造形トレー上に位置決めされ、部品の造形が完了した後に除去され、かつ／または焼結後に燃え尽きる。

【００５５】

本発明者は、インク液滴の層を印刷して部品を形成する際、液滴の構造のため、印刷された層（複数可）の頂面上に印刷方向に沿って溝が現れる可能性があることを見出した。本発明のいくつかの実施形態によれば、システムは、次の層を印刷する前に、システムの印刷ヘッドを画素距離の２分の１および／または奇数ラインと偶数ラインとの間の距離の２分の１だけ横方向に移動させるように動作可能である。別法および／または追加として、漸進的な印刷ヘッド運動を施して、ノズルの密度、たとえば印刷ヘッド内のノズルの数を低減させることができ、印刷ノズルの数（価格）とモデルの造形速度（処理量）との間の兼ね合いを提供することができる。たとえば、各層は、２ステップ・プロセスで印刷することができ、第１のステップですべてのノズルによって層を走査し、ノズルを漸進的に移動させ、次いで第２のステップですべてのノズルによってこの層を再び走査する。次いで、このプロセスを繰り返して次の層を形成することができる。システムの印刷ヘッドは、その後、画素距離の２分の１だけ横方向に移動されて、次の層を印刷してもよい。

【００５６】

いくつかの例示的な実施形態によれば、印刷システムは、１つまたは複数の次の層を印刷する前に、その中心の周りを９０度回転するように動作可能な回転可能な造形テーブルを含み、したがって部品は十文字に造形される。十文字に造形することで、層の表面上で溝の形成を回避してもよい。

【００５７】

本発明のいくつかの実施形態によれば、印刷システムは、印刷ヘッドが休止している間に印刷ヘッドと位置合わせされて保守動作に従事および／または対応するように動作可能な保守ステーションを含む。

【００５８】

本発明の少なくとも１つの実施形態について詳細に説明する前に、本発明は、その応用例に関して、以下の説明に記載しかつ／または図面および／もしくは実施例に図示する構成要素の構造および配置ならびに／または方法の詳細に必ずしも限定されるものではないことを理解されたい。本発明は、他の実施形態が可能であり、または様々な方法で実行もしくは実施することが可能である。

【００５９】

図面を次に参照すると、図１は、本発明のいくつかの実施形態による例示的な直接インクジェット印刷システムの簡略化された断面図を示す。本発明のいくつかの実施形態によ

れば、直接インクジェット印刷システム１００は、インク印刷ヘッド１０２および支持材料印刷ヘッド１０４を含む。これらのヘッドは、印刷中に静止している。任意選択で、支持材料印刷ヘッド１０４は必要とされず、かつ／または含まれない。いくつかの例示的な実施形態では、システムは保守ステーション１０６を含み、保守ステーション１０６は、休止時間中にはインク印刷ヘッド１０２および／またはインク印刷ヘッド１０２と支持材料印刷ヘッド１０４との両方の下に位置合わせされ、印刷手順中には脇へ移動および／または摺動するように動作可能である。本発明のいくつかの実施形態によれば、システム１００は造形テーブルおよび／またはトレー１０８を含み、造形テーブル１０８は、２つの方向に可動であり、たとえばＸ軸に沿って印刷方向および／または走査方向と、たとえばＺ軸に沿って垂直方向および／または層造成方向とに可動である。別法として、造形テーブルは、１つまたは複数の方向に静止しており、印刷ヘッド１０２および１０４が、走査方向および／または走査直交方向に動くように動作する。

【００６０】

本発明のいくつかの実施形態によれば、層５０が走査された後、分注された材料を支持する造形テーブル１０８が、乾燥ステーション１１６の方へ動かされて乾燥ステーション１１６内に挿入される。挿入は、乾燥ステーション１１６のばね荷重式の乾燥トレー１１４を押し開けることによって行われてもよい。典型的には、乾燥ステーション１１６は、本明細書に詳細に記載する空気循環および空気加熱デバイスを含む。

【００６１】

典型的には、造形トレー１０８は、各層が印刷および乾燥されるたびに層造形方向に降下させられ、したがって次の層を設けることができる。降下は、造形テーブル１０８が乾燥ステーション１１６から取り出されるときに行われてもよい。造形トレー１０８は、層が印刷された後に造形トレー１０８の表面を９０度回転させるように動作可能な回転板１１０を含んでもよい。回転板１１０は、本明細書により詳細に記載するように、十文字の造形を提供してもよい。本発明のいくつかの実施形態によれば、インク印刷ヘッド１０２および支持材料印刷ヘッド１０４は、Ｙ軸ステージ１１２上に取り付けられる。インク印刷ヘッド１０２および支持材料印刷ヘッド１０４はそれぞれ、異なる層を印刷するとき、これらの層の上に溝パターンが形成されるのを回避するために、Ｙ方向に、たとえばＹ軸ステージ１１２に沿って、移動および／または増分させることができてもよい。

【００６２】

本発明のいくつかの実施形態によれば、乾燥ステーション１１６内で乾燥させた後、いくつかの層、たとえば数十層に１回、圧力ローラ１１８が作動される。典型的には、圧力ローラ１１８は、Ｘ軸方向に静止しているが、Ｚ方向に可動である。典型的には、造形テーブル１０８は、ローラ１１８が降下される間にＸ方向に乾燥ステーション１１６からローラ１１８の方へ前進し、したがってローラ１１８は、層（複数可）５０の頂面に係合する。典型的には、造形テーブル１０８が走査方向に前進し続けると、インク印刷ヘッド１０２および支持材料印刷ヘッド１０４は引き続き追加の層を設ける。インク印刷ヘッド１０２および支持材料印刷ヘッド１０４はそれぞれ連続して動作してもよく、たとえば、まずインク印刷ヘッド１０２が動作して層を走査し、次いで支持材料印刷ヘッド１０４が動作してその層を走査してもよい。

【００６３】

典型的には、インク印刷ヘッド１０２および支持材料印刷ヘッド１０４はそれぞれ、ノズルのアレイを含む。いくつかの例示的な実施形態では、各層は、それぞれの印刷ヘッドの奇数のノズルで層を交互に走査してから乾燥させ、次いでそれぞれの印刷ヘッドの偶数のノズルで印刷および乾燥プロセスを繰り返すことによって印刷される。別法として、まず偶数のノズルが使用され、次いで奇数のノズルが使用される。本発明者は、テーブルの寸法が２００ｍｍの場合、典型的な印刷／乾燥サイクルに２．５秒前後を要することがあり、したがって約５秒で完全な層を印刷することができることを見出した。任意選択で、典型的な造形速度は、時速３．６ｍｍ前後とすることができる。任意選択で、造形速度は、テーブルの寸法および／または他のパラメータに応じて、２ｍｍ／時～５ｍｍ／時で変

動させることができる。

【００６４】

図２を次に参照すると、図２は、本発明のいくつかの実施形態による２つの乾燥ステーションを含む例示的な直接インクジェット印刷システムの簡略化された断面図を示す。本発明のいくつかの実施形態によれば、印刷システム１０１内に２つの乾燥ステーション１１６を含むことによって造形速度を改善することができる。第１の乾燥ステーション１１６は、走査方向に沿ってインク印刷ヘッド１０２および支持材料印刷ヘッド１０４の右側に位置し、第２の乾燥ステーション１１６は、走査方向に沿ってインク印刷ヘッド１０２および支持材料印刷ヘッド１０４の左側に位置する。造形テーブル１０８は、インク印刷ヘッド１０２および支持材料印刷ヘッド１０４の奇数のノズルが層５０の第１の部分を印刷している際に左へ進んでもよい。第１の部分が完成したとき、層５０は造形テーブル１０８とともに、左側の乾燥ステーション１１６内に挿入されてもよい。本発明のいくつかの実施形態によれば、左側の乾燥ステーション１１６による乾燥後、造形トレー１０８は、インク印刷ヘッド１０２および支持材料印刷ヘッド１０４の偶数のノズルが層５０の第２の部分を印刷する際に走査方向に右の方へ進む。第２の部分が完成した後、層５０は造形テーブル１０８とともに、右側の乾燥ステーション１１６内に挿入されてもよい。典型的には、第２の部分が印刷および乾燥された後、この層は完成する。このプロセスは、典型的には、追加の層を印刷するために繰り返される。ローラ１１８は、右側の乾燥ステーション１１６を出たときには完全な層が準備できているため、印刷ヘッド１０２および１０４と右側の乾燥ステーション１１６との間に位置決めされた状態にあることに留意されたい。造形テーブル１０８が右の方へ動く際にこの層の第１の部分が印刷される場合、ローラ１１８は左側に配置されてもよい。別法として、２つのローラ１１８を使用することができ、それぞれの乾燥ステーションに１つのローラが隣接する。本発明者は、本明細書に記載する２つの乾燥ステーション１１６を使用するとき、テーブルの寸法が２００ｍｍの場合、典型的なサイクルでは、完全な層に対して約２．６秒かかることがあることを見出した。これは、造形速度が時速約６．９ｍｍであることを表す。

【００６５】

図３を次に参照すると、図３は、本発明のいくつかの実施形態による例示的な乾燥ステーションの簡略化された概略図を示す。本発明のいくつかの実施形態によれば、乾燥ステーション１１６が熱伝達を提供し、印刷された物体の層を、これらの層上に高温の空気の噴流を当てることによって乾燥させる。本発明のいくつかの実施形態によれば、送風機１５４は、乾燥ステーション１１６のハウジング１６５から高温の空気を吸い込む送風機入口１５６と、ハウジング１６５内に空気を吹き込む送風機出口１５８とを含む。送風機１５４は、２２０℃前後の温度で空気伝達が可能であってもよく、これは典型的には、湿潤剤の蒸発に必要とされることがある温度である。いくつかの例示的な実施形態では、高温の空気を実質上継続的に循環させて、乾燥ステーション１１６の消費電力を低減させ、また、乾燥ステーション内に形成される溶剤の蒸気を収容し、したがって蒸気は、印刷システムの周辺環境、たとえば印刷システムが設置されている室内に分散しない。

【００６６】

本発明のいくつかの実施形態によれば、送風機出口１５８を通ってハウジング１６５内に吹き込まれた空気は、加熱要素１６２によって電気的に加熱されたフィン式の熱交換器１６０を通過する。本発明のいくつかの実施形態によれば、熱交換器１６０を離れる高温の空気は、乾燥ステーション１１６内に位置決めされたとき、空気ノズル板１６４を通って造形テーブル１０８の方へ高速で噴射される。ノズル板１６４は、丸いノズルのアレイ、たとえば丸いノズル・アレイ、および／または細長いノズルのアレイを装備してもよい。

【００６７】

本発明のいくつかの実施形態によれば、造形テーブル１０８がない場合、摺動カバーおよび／またはドア１６６が閉じられ、ノズル板１６４を通って吹き出す高温の空気は、摺動カバー１６６に周期的に当たり、次いで送風機入口１５６の方へ吸い戻される。本発明

のいくつかの実施形態によれば、造形テーブル１０８が摺動カバー１６６を押し開け始めると、送風機の速度および／または流量が増大する。さらに摺動カバー１６６が押し開けられると、新鮮な空気がハウジング１６５内に貫入し、ハウジング１６５の内部圧力を増大させる。本発明のいくつかの実施形態によれば、圧力が増大することで、空気は送風機出力１５８を通ってルーバ１７０から空気分散器１７２へ流れる。典型的には、荷重式ルーバ１７０はばね荷重式であり、空気が送風機出力１５８から流れ出ることによって圧力が印加されることにのみ応答して開く。本発明のいくつかの実施形態によれば、ルーバ１７０を通る流れにより、大量の湿った空気が環境内に解放される。典型的には、空気の交換により、乾燥ステーション１１６の内部で安定した露点の維持を提供する。いくつかの例示的な実施形態では、専用の弁および／または配管を通して大量の湿った空気を凝縮器へ通気し、蓄積したあらゆる蒸気を液化する。いくつかの例示的な実施形態では、乾燥ステーション内の空気も定期的に通気して、分注されたインクの乾燥プロセスのために乾燥ステーション内に蓄積した蒸気の飽和を回避する。典型的には、通気された空気は、蒸気を液化するために凝縮器へ誘導され、したがって蒸気が印刷システムの周辺環境内に排出されることはない。

【００６８】

本発明のいくつかの実施形態によれば、造形テーブル１０８（図１）が乾燥ステーション１１６の方へ前進して摺動カバー１６６を押すと、摺動カバー１６６は摺動して開き、造形テーブル１０８は乾燥ステーション１１６に入る。典型的には、造形テーブル１０８は、乾燥ステーション１１６に入ると減速し始め、次いで停止し、逆方向に加速して乾燥ステーション１１６から出る。典型的には、造形テーブル１０８がステーション１１６内に位置するとき、摺動カバー１６６の両側に位置決めされた１対のばね１６８が、カバー１６６を摺動させて閉じる。いくつかの例示的な実施形態では、推定される必要な乾燥時間および／または造形テーブル１０８が乾燥ステーション１１６内に位置決めされる期間は、典型的には、０．５秒～１秒の範囲内、たとえば０．７秒である。

【００６９】

本発明のいくつかの実施形態によれば、造形テーブル１０８が乾燥ステーション１１６を出た後、乾燥された層は５０～７０℃の温度で維持される。典型的には、層の温度が高いため、その層の上に分注された次の層の中でもわずかな蒸発が実現される。さらに高温により次の層との結合が改善されるようになってもよい。典型的には、層の温度は、インクの粒子の熱容量に依存する。外部からの熱を加えて、次の層が分注されている間も印刷された層の高い温度を維持してもよい。

【００７０】

図４を次に参照すると、図４は、本発明のいくつかの実施形態による印刷された材料層を乾燥させる例示的な方法の簡略化された流れ図を示す。本発明のいくつかの実施形態によれば、造形テーブルが乾燥ステーション１１６の外側に位置する間、送風機１５４の流量は公称流量で維持され（ブロック２０５）、加熱器１６０は公称温度で維持される（ブロック２１０）。本発明のいくつかの実施形態によれば、造形テーブル１０８が受け取られると（ブロック２１５）、送風機１５４はその流量を加速させ（ブロック２２０）、新鮮な空気が受け取られる。本発明のいくつかの実施形態によれば、流量の加速および新鮮な空気の流入による圧力の増大に応答して、ルーバ１７０を通して排気が追い出される（ブロック２２５）。本発明のいくつかの実施形態によれば、送風機１５４は、造形テーブル１０８が乾燥ステーション１１６の内側に位置する間、高速で動作し続ける。本発明のいくつかの実施形態によれば、造形テーブル１０８が乾燥ステーション１１６から出た後（ブロック２３０）、乾燥ステーションは十分に空気が交換されるまで待機し（ブロック２３５）、次いで送風機の流量を公称速度まで低減させる（２０５）。加熱器は、乾燥ステーションが動作している限り一定の温度で維持されてもよい。

【００７１】

図５を次に参照すると、図５は、本発明のいくつかの実施形態による印刷ヘッドを支持する例示的なＹ軸ステージの簡略化された概略図を示す。本発明のいくつかの実施形態に

よれば、印刷ヘッド１０２および１０４は、２分の１の画素位置と完全な画素位置との間で印刷ヘッド１０２および１０４の移動を提供するＹ軸ステージ１１２上に取り付けられる。たとえば、１インチ当たりの印刷分解能が２６０ドットである場合、Ｙ軸ステージ１１２は、３５マイクロメートルずつ印刷ヘッドの移動を提供する。Ｙ軸ステージ１１２は、１画素当たり３つ以上の位置への印刷ヘッド１０２の移動を提供するようにしてもよい。本発明のいくつかの実施形態によれば、Ｙ軸ステージ１１２は、レール１２４、線形軸受１２６、およびアクチュエータ１２８を含む。本発明のいくつかの実施形態によれば、Ｙ軸ステージ１１２は、印刷された次の各層に対して画素距離の２分の１だけ印刷ヘッド１０２および１０４の位置を前後に移動させるように動作する。いくつかの例示的な実施形態では、Ｙ軸ステージ１１２の動作は、典型的には印刷ラインに沿って形成される溝を平滑にすることを提供する。Ｙ軸ステージ１１２の動作は、印刷ノズルの数（価格）とモデルの造形速度（処理量）との間の兼ね合いを提供するようにしてもよい。印刷ヘッドごとのノズルの数が２分の１低減されたとき、その層の最初の半分が、すべてのノズルを使用することによって印刷され、その後、印刷ヘッドは画素距離の２分の１だけ移動され、その層の残りの半分が、すべてのノズルを使用することによって印刷されるようにしてもよい。そうすることによって、２分の１の数のノズルによって、同じ画素密度を実現することができる。

【００７２】

図６を次に参照すると、図６は、本発明のいくつかの実施形態による例示的な回転可能な造形トレーの簡略化された概略図を示す。本発明のいくつかの実施形態によれば、テーブル・プラットホーム１３２が、歯車モータ１３６によって中心軸１３４の周りを９０度ずつ回転するように動作可能である。本発明のいくつかの実施形態によれば、造形テーブル１０８および／またはテーブル・プラットホーム１３２は、テーブル・プラットホーム１３２の縁部の位置合わせを提供する１つまたは複数の止め具１３８を含む。縁部を位置合わせする上で高い精度を得るために、差動ねじを使用してもよい。本発明のいくつかの実施形態によれば、テーブル・プラットホーム１３２はトレー１４０を含み、トレー１４０上に物体２８０が造形される。典型的には、トレー１４０は、物体２８０とともに抜き出されて焼結炉へ移送されるように動作可能である。典型的には、トレー１４０は、焼結炉内に配置するのに適したセラミック材料または他の材料から作られる。いくつかの例示的な実施形態では、トレー１４０は、摺動部１４１を使用してテーブル・プラットホーム１３２上に位置決めされる。いくつかの例示的な実施形態では、複数のばね荷重式のボール１４２、たとえば４つのボールが、テーブル・プラットホーム１３２上でトレー１４０の縁部付近に位置決めされ、トレー１４０を上方へ押して、造形テーブル１０８の移動および／またはテーブル・プラットホーム１３２の回転中のトレー１４０のあらゆる相対的な運動を防止する。ボール１４２は回転可能であってもよい。典型的には、ボールはセラミック材料から作られる。

【００７３】

本発明のいくつかの実施形態によれば、トレー１４０は、分注されたインクからの水および／または溶剤を吸収する主親水性表面として使用されるマット１４８で覆われ、したがってマット１４８上で粉末、粒子、および／またはポリマーを安定させ、液滴の合体を回避することができる。典型的には、マット１４８は、インクの表面張力より高い表面張力を提供するように選択される。マット１４８は、インクジェット用紙および／または受容コーティング、たとえばＰＶＰで被覆された層であってよい。マット１４８は、焼結前に物体２８０から分離されてもよい。マット１４８は、約２３５℃の温度で燃え尽きてもよい。

【００７４】

図７を次に参照すると、図７は、本発明のいくつかの実施形態による印刷された層を平坦にする例示的なローラの簡略化された概略図を示す。いくつかの例示的な実施形態では、ローラ・ユニット１１８は、造形テーブル１０８上に固定されて枠１５３に連結されるが、旋回機構１４６に連結されたローラ１４４を含み、したがってローラ１４４は、使用

されていない際は、ソレノイド１５１およびばね１４９によって引き上げることができる。典型的には、ローラ１４４は、造形テーブル１０８上に取り付けられ、トレー１４０の幅全体にわたって延びる。典型的には、ローラ１４４は、印刷された層を平坦にするために降下させられ、印刷された層をローラ１４４の下へ進めることによって動作する。いくつかの例示的な実施形態では、ローラ１４４が使用中である間、造形テーブル１０８上に取り付けられて事前に位置合わせされた２つの止め具１５０が、旋回機構１４６のアームを支持し、トレー１４０の上の画定された高さでローラ１４４を維持する（図６）。ローラ１４４は、相対的な大きい力を提供しながら、ローラ１４４の下を進むテーブルの速度が相対的に速いことに応答して、ローラおよび／または表面が挟まるのを回避するように動作してもよい。ローラ１４４は、２００ｍｍの造形テーブル１０８上に位置決めされた物体の印刷された層を平坦にするために、５０～３００Ｎ、たとえば２００Ｎの力を提供するようにしてもよい。典型的には、直線のテーブル速度は、１００～１０００ｍｍ／秒である。

【００７５】

図８Ａおよび図８Ｂを次に参照すると、図８Ａおよび図８Ｂはそれぞれ、本発明のいくつかの実施形態による印刷ヘッドの奇数のノズルからかつ／または１画素分の間隙で分注されるインク液滴の簡略化された斜視図および簡略化された正面図を示し、図９を次に参照すると、図９は、本発明のいくつかの実施形態による奇数のノズルから分注され、乾燥プロセス後のインク液滴を示す正面図を示す。本発明のいくつかの実施形態によれば、印刷ヘッド１０２および１０４は、連続するインクの液滴３９０のラインを、印刷方向に沿って、たとえばＸ軸の方向に沿って、たとえば液滴間に１画素分の離隔距離をあけて連続して分注し、液滴３９０を、印刷直交方向に、たとえばＹ軸の方向に沿って、液滴３９０間に１画素分の間隙および／または液滴３９０間に２画素分の離隔距離をあけて分注するように動作する。いくつかの例示的な実施形態では、液滴３９０間の１画素分の間隙は、奇数のノズルまたは偶数のノズルのいずれかで印刷することによって提供される。別法として、１画素分の間隙は、より低密度のノズルのアレイで印刷することによって提供される。本発明のいくつかの実施形態によれば、印刷ヘッドが液滴３９０間に１画素分の間隙をあけて印刷するように動作するとき、１画素分の間隙をあけて走査直交方向に走査する第１のステップと、次いで走査直交方向に間隙を充填するように再び走査するステップとを含む２ステップ・プロセスで層が完成する。

【００７６】

典型的には、液滴３９０の寸法は、印刷された層の所望の厚さに基づいて選択される。いくつかの例示的な実施形態では、５マイクロメートルの層が望ましいとき、体積８０ピコリットルおよび直径５３マイクロメートルの液滴を使用することができる。典型的には、滴が着地した後の造形表面、たとえばトレー１４０上の液滴３９０の寸法は、８５マイクロメートル前後とすることができ、ドット比（ドットと滴の直径との間の比）は１．６前後を呈することができる。液滴の高さは、１４マイクロメートル前後であってもよい。本発明者は、液滴３９０が典型的には、表面の濡れのため、Ｘ－Ｙ平面内では表面寸法、たとえば直径を維持し、乾燥による体積の損失は主に垂直軸、たとえばＺ軸の寸法に影響することを見出した。典型的には、乾燥プロセス後、水、湿潤剤、または溶剤の蒸発のために体積の６０％～８０％を蒸発させることができ、乾燥された液滴３９５の高さは、濡れおよび乾燥ステーション１１６内の乾燥のため、３～５．７マイクロメートル低減させることができる。

【００７７】

図１０Ａおよび図１０Ｂを次に参照すると、図１０Ａおよび図１０Ｂはそれぞれ、本発明のいくつかの実施形態による印刷ヘッドの偶数のノズルからかつ／または１画素分の間隙で次に分注される追加のインク液滴の簡略化された斜視図および簡略化された正面図を示す。本発明者は、印刷される物体内のパターンの歪みおよび／または細部の損失を回避するように、近傍または付近の液滴間の合体要件を考慮するべきであることを見出した。本発明者はまた、同じノズルから連続して分注されて印刷方向に、たとえばＸ軸の方向に

沿ってラインを生成する液滴の合体挙動と、印刷ヘッドを印刷直交方向に、たとえばＹ軸の方向に沿って連続して通過する際に分注される液滴の合体挙動との間には、違いがあることを見出した。

【００７８】

本発明者は、印刷方向における液滴の連続する分注間の間隔時間を比較的短くすると液滴が安定するのに対して、印刷直交方向における印刷ヘッドの連続する通過間の間隔時間を比較的長くすると、前の通過で印刷された液滴のラインと新しい液滴のラインとの間の継ぎ目に歪みが生じる可能性があることを見出した。たとえば、走査速度が約１０ＫＨｚの場合、印刷方向における連続する液滴間の間隔期間は約１００マイクロ秒になり、これは典型的には、連続する液滴を安定化させるには十分である。この時間枠について考えると、典型的には、現在の液滴が前に分注された液滴と合体する前に新しい液滴が分注され、新しい液滴が存在することで、現在の液滴の移動度が抑制される。他方では、印刷ヘッドの異なる通過に対して、連続する液滴の分注間の時間間隔は数ミリ秒となる可能性がある。この場合、第１の組の液滴は部分的な乾燥のためにその位置に固定されることがあり、前の通過の境界に沿って分注される連続する次の組の液滴は、第１の組の液滴と合体することがある。第１の組の液滴が、次の連続する組の片側にしかない場合、通過間の境界に沿って位置する液滴は、固定された液滴の方へ動き、歪みを引き起こす。本発明のいくつかの実施形態によれば、２ステップ・プロセスで層を印刷することによって歪みが回避される。本発明のいくつかの実施形態によれば、第１のステップ中、走査直交方向で液滴間に画素間隙をあけて第１の組の液滴を分注して乾燥させ、乾燥した液滴３９５を作製する。本発明のいくつかの実施形態によれば、次のステップ中、第１のステップ中に確立された１画素分の間隙内に、第２の組の液滴３９０が印刷される。本発明者は、乾燥した２つの液滴３９５間に第２の組の液滴を印刷することによって、液滴３９０の合体挙動が対称に維持され、歪みが回避されることを見出した。本発明のいくつかの実施形態によれば、第１の組の液滴と第２の組の液滴との両方を含む完成した層が乾燥ステーション内で乾燥された後、追加の層が印刷される。本発明のいくつかの実施形態によれば、この層は、乾燥プロセス中に５０～７０℃に加熱される。いくつかの例示的な実施形態では、層の加熱を施して、十分な量の蒸発を起こし、それによって液滴の移動度を低減させた後、たとえば乾燥ステーション１１６内で層を乾燥プロセスにかける。本発明者は、層を５０～７０℃に加熱することで、連続する層内で液滴の移動度が低減され、印刷ヘッド１０２および１０４のノズル板上に著しい凝結という悪影響を引き起こさないことを見出した。液滴の不安定化を回避するために、印刷装置の周囲温度を加熱してもよい。

【００７９】

図１１Ａおよび図１１Ｂを次に参照すると、図１１Ａおよび図１１Ｂはそれぞれ、本発明のいくつかの実施形態による乾燥プロセス後の例示的な印刷された完全な層の簡略化された斜視図および簡略化された正面図を示す。本発明のいくつかの実施形態によれば、印刷ライン間の層２１０内で印刷方向、たとえばＸ軸方向に、溝および／または谷２０５が形成されることがある。場合により、５マイクロメートルの層の場合、深さ１．５～２マイクロメートルの溝が形成されることがある。典型的には、連続する層を印刷するときには類似の溝が生じ、現在の層の溝と位置合わせされる。さらに現在の層の表面の不均一性のため、次の層が現在の層内の溝を完全には充填できないことがある。本発明者は、造形プロセスにおけるこの不規則性により、寸法が不安定になり、Ｚ軸において寸法が不正確になり、またその結果得られる物体の機械強度が低減される可能性があることを見出した。

【００８０】

図１２を次に参照すると、図１２は、本発明のいくつかの実施形態による印刷ヘッドの横移動を施すことに応答する複数の例示的な印刷された層の簡略化された概略図を示す。本発明のいくつかの実施形態によれば、印刷ヘッド１０２および１０４を画素距離の２分の１だけ印刷直交方向に前後に移動させて、印刷直交方向における溝形成の影響を低減させる。場合により、第２の層２２０内では、第１の層２１５内に形成された溝２０５間に

溝２０５が形成される。たとえば、第２の層内のより浅い溝２０７を、第１の層内の溝２０５の真上に形成することもできる。典型的には、溝２０５および２０７は、層２２０および次のさらなる層内ではそれほど目立たない。それは、これらの層が前の層の溝２０５の充填を提供し、したがってわずかに薄くなるからである。いくつかの例示的な実施形態では、２分の１画素分の移動で層の縁部に歪みを引き起こすことがあり、これにより、印刷された物体にもたらされた縁部がざらざらになり、かつ／または粗くなることがある。

【００８１】

図１３を次に参照すると、図１３は、本発明のいくつかの実施形態による造形プラットホームの回転を施すことに応答する複数の例示的な印刷された層の簡略化された概略図を示す。本発明のいくつかの実施形態によれば、次の層を印刷する前に造形プラットホームをＸＹ平面内で９０度回転させることによって、蓄積した溝の影響が回避および／または低減される。回転は、複数の層が印刷された後に施されてもよい。本発明のいくつかの実施形態によれば、回転により、蓄積された溝パターンを壊し、Ｚ軸に沿って悪影響を低減させ、たとえば印刷された物体の機械特性に対する悪影響を低減させる。典型的には、造形プラットホームを９０度回転させることには、図１２を参照して論じたように縁部をざらざらにしないという利点がある。

【００８２】

本発明のいくつかの実施形態によれば、たとえば約５．１マイクロメートルの公称層厚さが得られた場合、５０の層を印刷した後にローラ１４４を施して、これらの層の高さを２５０マイクロメートルに圧縮し（平均２％の圧縮）、蓄積された高さ誤差を低減させる。約２％の圧縮が施されてもよい。本発明者は、圧延による圧縮で、粉末粒子の結合を高めることができることを見出した。可溶性ポリマー・インクの場合、本発明者は、圧延による圧縮で、より良好な層の接着を支持することができることを見出した。任意選択で、ポリマー・インクの場合、圧延中により小さい圧縮、たとえば１％の圧縮を行うことが望ましい。使用される印刷密度は、完全な層に対して３２０～３６０ｄｐｉであってもよい。

【００８３】

図１４を次に参照すると、図１４は、本発明のいくつかの実施形態による例示的な保守ステーションの簡略化された概略図を示す。本発明のいくつかの実施形態によれば、保守ステーション１０６は、システム１００の休止期間中に印刷ヘッド１０２および１０４の下に位置決めされる。本発明のいくつかの実施形態によれば、システム１００の休止期間中、保守ステーション１０６の位置決めは、保守ステーション１０６の複数のサブステーションの１つと位置合わせされるように制御される。いくつかの例示的な実施形態では、第１のサブステーションは、印刷ヘッド（複数可）の滴吐出手順および／または印刷ヘッド・パージ手順中に分注されるインクを収集するように動作可能な吐出トレー１７６である。典型的には、滴吐出手順は、インクが印刷ヘッドのノズルを通って低速で循環する場合に、ノズルの乾燥、クラスト形成、および目詰まりを回避するために必要とされる。いくつかの例示的な実施形態では、印刷ヘッドのパージは、長い休止期間後に開始される。典型的には、印刷ヘッド・パージ手順中、印刷ヘッドのノズルを通して高圧でインクを押し出して、閉塞されている可能性のあるノズルを開ける。

【００８４】

いくつかの例示的な実施形態では、第２のサブステーション１７８は、ミスティング・ステーションである。本発明のいくつかの実施形態によれば、ミスティング手順中、洗浄液、たとえば水性インクの場合は水および洗剤または溶剤性インクの場合は溶剤の細かい霧１８０が、噴霧ノズル１８２によって印刷ヘッドのノズル板上へ噴霧される。ノズル板は、疎水性の被覆で被覆されていてもよい。典型的には、ミスティング手順は、滴吐出手順および／または印刷ヘッド・パージ手順後、分注されたインクによってノズル板が濡れている間に施される。

【００８５】

いくつかの例示的な実施形態では、第３のサブステーション１８４は、吸い取りおよび

キャッピング・ステーションである。いくつかの例示的な実施形態では、このサブステーションは、印刷ヘッドの方へ延び、吸い取り紙１８６をノズル板に係合させる。吸い取り紙を、ノズル板にしっかりと取り付け、ノズル板上に残留している流体を収集してノズル板を清浄にするようにしてもよい。ノズル板を、インクがシステムから除去されない長い休止期間中に吸い取り紙で覆うようにしてもよい。吸い取り紙は、歯車モータ１９２によって用紙を供給ロール１８８から収集ロール１９０へ漸進的に送ることによって、交換および／または補充されるようにしてもよい。

【００８６】

図１５を次に参照すると、図１５は、本発明のいくつかの実施形態による３Ｄ物体を印刷する例示的な方法の簡略化された流れ図を示す。本発明のいくつかの実施形態によれば、保守ステーション１０６を造形テーブルの走査領域から変位した後、印刷手順が起動される（ブロック４０５）。本発明のいくつかの実施形態によれば、新しい層が印刷され（ブロック４１０）、これは、まずインク印刷ヘッド１０２の奇数のノズルでこの層を走査することによって行われる（ブロック４１５）。別法として、この層は、１画素分の間隙を提供するまばらな１組のノズル、たとえばノズル密度が低減されたノズル・セットを含む印刷ヘッドで走査され、すべてのノズルが使用される。２つ以上の印刷ヘッドを印刷に使用してもよく、印刷ヘッドは連続して動作してもよい。この層、たとえば不完全な層を乾燥させるてもよい（ブロック４２０）。典型的には、乾燥を施して、印刷された層内の水、湿潤剤、および／もしくは溶剤を乾燥させ、かつ／またはインク中に存在する場合は結合剤を活性化する。本発明のいくつかの実施形態によれば、同じ層が偶数のノズルで再び走査される（ブロック４２５）。偶数のノズルによる走査は、奇数のノズルによる走査とは逆の方向に実行されてもよい。別法として、印刷ヘッド（複数可）は、画素の長さだけ横方向に移動され、前の走査で欠落している画素によって形成される間隙が充填される。典型的には、乾燥を再び施して、この層の残りの部分を乾燥させる（ブロック４３０）。本発明のいくつかの実施形態によれば、インク材料が分注および乾燥された後、支持材料印刷ヘッド１０４でこの層を走査する（ブロック４３２）。

【００８７】

いくつかの例示的な実施形態では、溝パターンを回避するために、次の層を印刷する前に、現在の層が９０度回転させられ、かつ／または印刷ヘッド（複数可）が画素距離の２分の１だけ移動させられる（ブロック４３５）。閾値数の層が完了しない場合、新しい層が設けられる（ブロック４４０）。別法として、層の閾値数に到達したとき、層は、次の層を追加する前にローラ１４４で平坦にされる（ブロック４４５）。典型的には、セラミックおよび／または金属のインクで造形するとき、すべての層が設けられた後、物体は最終段階として焼結される。

【００８８】

焼結および最終生成物

【００８９】

本発明のいくつかの実施形態によれば、最終のステップとして、印刷プロセスによってセラミックおよび／または金属のインクで製作された物体は、焼結チャンバ内に挿入される。本発明者は、焼結プロセス中の焼損によるモデルの収縮に対する結合剤の寄与は、$\sqrt[3]{}$（７％）、すなわち１．９％以下であることを見出した。本発明者は、本明細書で以下により詳細に記載するように、インク中の結合剤の濃度が比較的低いために、結合剤が存在する場合でも、「粒子と粒子」の係合が可能になることを見出した。本発明者はまた、造形する際、時折ローラによって平坦にする間に外部からの圧力はほとんどないが、結合剤の除去に起因する多孔度は最小になり、最終的な物体の機械特性に対してごくわずかな影響もほとんどまたはまったく与えないことを見出した。

【００９０】

インク循環システム

【００９１】

図１６を次に参照すると、図１６は、本発明のいくつかの実施形態による交換可能なイ

ンク・カセットを有するインク循環ユニットの簡略化された概略図に示す。本発明のいくつかの実施形態によれば、印刷ヘッド１０２および１０４中のインク循環は、５０ｃｃ／分の流量に到達しうる。本発明者は、本明細書に記載する重力制御式のインク送達によって、この流量に対応することができることを見出した。本発明のいくつかの実施形態によれば、インク送達システム６００は、２つのインク・タンク、すなわち上部タンク１９８および下部タンク５００を含む。典型的には、両タンクは送達ライン５０２によって連結され、送達ライン５０２は、少なくとも蠕動ポンプ５０５に連結された管５０４を含む。典型的には、両タンクは空気口５０６によって換気され、レベルは２つのフロート・セット５０８によって制御される。本発明のいくつかの実施形態によれば、インク循環速度は、粘性値および表面張力値が一定であると仮定すると、上部タンク１９８と下部タンク５００との間の全体的な圧力差ΔＰ、および上部タンクと印刷ヘッド１０２または１０４との間の局所的な圧力差δｐによって画定される。典型的には、全体的な圧力差および局所的な圧力差は、指定のカートリッジ設計に対して一定である。典型的には、上部タンク１９８および下部タンク５００は、送達ライン５０２および蠕動ポンプ５０５とともに、交換可能なカートリッジ５５０内に収容される。典型的には、カートリッジ５５０は、カートリッジ５５０のハンドル５３６と係合および／または分離させることができる複数のクイック・コネクション５３４を介して、印刷ヘッド１０２または１０４に流体的に連結される。

【００９２】

本発明のいくつかの実施形態によれば、送出ライン５１０が、上部タンク１９８から入口弁５１２を介して、パージ・デバイス５１４を通って印刷ヘッド１０２または１０４へ進む。パージ・デバイスは、本明細書でたとえば図１８を参照して詳細に記載する。本発明のいくつかの実施形態によれば、帰還ライン５１６が、印刷ヘッド１０２または１０４を離れて、出口弁５１８を介して下部タンク５００へ進む。本発明のいくつかの実施形態によれば、インクは、ポンプ５２２によって、上部タンク１９８から多孔質の「肺」５２４を通って再び上部タンク１９８へ伝達される。いくつかの例示的な実施形態では、溶解された空気は、真空ポンプ５２６によって除去され、通気孔５２８を通って解放される。

【００９３】

本発明のいくつかの実施形態によれば、カートリッジの交換中、多孔質の「肺」５２４を通過するこのラインは、汎用の３／２方弁５３０の口を、「インクからインク」状態から通気ライン５３２を使用する「空気からインク」状態へ変更することによって排水することができる。典型的には、「空気からインク」状態中、ポンプ５２２は空気（インクではない）を吸い上げ、インクを上部タンク１９８へ押し戻す。

【００９４】

図１７を次に参照すると、図１７は、本発明のいくつかの実施形態による交換可能な洗浄カセットを有するインク循環ユニットの簡略化された概略図を示す。本発明のいくつかの実施形態によれば、カートリッジ５５０（図１６）は、非動作期間中および／または既存のカートリッジ５５０をたとえば異なる色合いおよび／またはインク・タイプの別のカートリッジに交換する前に、洗浄液カートリッジ６５０に交換されるように動作可能である。典型的には、洗浄液カートリッジ６５０によるインク循環は、図１６に関連して記載したものに類似している。本発明のいくつかの実施形態によれば、洗浄液カートリッジ６５０用の下部タンク５００は、インク・カートリッジに使用されるものより大きく、必要に応じて洗浄液を添加するための口５４６を含む。本発明のいくつかの実施形態によれば、帰還ライン５１６は排水口に連結され、インクとともに印刷ヘッド１０２または１０４へ流れる洗浄液を排水して、システムを洗浄する。

【００９５】

図１８を次に参照すると、図１８は、本発明のいくつかの実施形態による印刷ヘッドのノズルを洗浄するパージ・デバイスの簡略化された概略図を示す。本発明のいくつかの実施形態によれば、インク循環ユニットは、専用のパージ・デバイス５１４を含む。典型的には、重力に基づく循環には、パージに適用することができるポンプが含まれないため、

専用のパージ・デバイス５１４が必要とされる。本発明のいくつかの実施形態によれば、パージ・デバイスは、配管から作られたライン５１０のうち、典型的には蠕動ポンプとともに使用することができる部分を圧搾するように動作可能な１対のローラ５４２を含む。本発明のいくつかの実施形態によれば、パージ手順中、ローラ５４２は、ライン５１０に沿って閉軌道内で駆動され、所与の長さにわたって管を圧搾し、それによってパージ・プロセスを生じさせる。典型的には、入口弁５１２を閉じたまま維持し、ローラ５４２が所与の長さに実質上到達すると、その時点で弁５１２を開いてインクを追い出し、パージ手順を完了する。典型的には、印刷中、ローラ５４２はライン５１０に取り付けられていない。いくつかの例示的な実施形態では、パージ・デバイス５１４はまた、送出ライン５１０が空のときにラインのプライミングにも使用される。この場合、パージ・デバイス５１４は、ラインの充填のために吸引を開始するための蠕動ポンプとして動作してもよい。

【００９６】

インク

【００９７】

本発明者は、セラミックおよび／または金属の粒子など、高い体積百分率の高密度の顔料、粒子、および／または内容物を含有する水性インクを使用する能力により、記載の印刷プロセスを使用して３次元モデルを製作する選択肢が提供されることを見出した。本明細書に記載する直接インクジェット印刷に適した例示的なセラミックのインクを、表１に提示する。

【００９８】

【表１】

表１　セラミックの水性インクの典型的な組成

成分	体積％	重量％	機能
平均粒径２５０ｎｍのジルコニア粉末	２９％	６３％	造形材料
プロピレングリコール	２５％	１２．５％	湿潤剤
Ｈ２Ｏ	３５％	１０％	担体
ポリマー樹脂および中和組成物の結合剤	７％	３．５％	乾燥した膜を結合する
ポリアクリル酸分散剤	０．７％		分散剤
非ケイ素系界面活性剤	０．３％		表面張力制御剤

【００９９】

本発明のいくつかの実施形態によれば、金属インクは、ｐＨ感受性ポリマー・マトリックス中に金属の極微粒子をカプセル化し、カプセル化された金属の極微粒子をジルコニア粉末に置き換えることによって配合することができる。カプセル化は、ポリマーを含有する懸濁液によってなされてもよい。１マイクロメートルより小さい金属の極微粒子が使用されてもよい。

【０１００】

本発明のいくつかの実施形態によれば、ポリマー・インクには、ポリアミド系ポリマー、たとえばＮｙｌｏｎ６および／またはＮｙｌｏｎ６６が配合される。水を溶剤として使用してもよい。水は、補助溶剤、たとえばエタノールとともに、または沸点もしくは溶解力が高い追加の溶剤とともに使用されてもよい。典型的には、追加の溶剤は、経時的なインクの安定性を増大させるために使用される。例示的な水性ポリマー・インクを、表２に提示する。

【０１０１】

【表２】

表２　例示的な可溶性ポリマーの水性インク

成分	体積％	重量％	機能
Ｎｙｌｏｎ６のフレーク／水溶性ポリマー	１８－２０％	２１％	造形材料
プロピレングリコール	１０％	１２．５％	湿潤剤
Ｈ２Ｏ	５０％	５０％	１次溶剤
エタノール	１５％	１２％	２次溶剤
フルフリルアルコール	５－７％	４．５％	安定剤
非ケイ素系界面活性剤	０．３％		表面張力制御剤

【０１０２】

本発明のいくつかの実施形態によれば、水性インクの沸点は比較的低い。このインクを使用するとき、印刷ヘッドの温度は３５℃未満で維持されてもよく、典型的には湿潤剤が添加される。典型的には、湿潤剤を添加することで、より多くのポリマーを添加することが必要になり、これにより典型的にはインクの粘性が増大する。いくつかの例示的な実施形態では、インクの粘性は、印刷ヘッドの噴射能力のために、２０ｃｐｓ前後に制限される。粘性が高すぎる場合、水の代わりに代替の溶液を使用してもよい。

【０１０３】

本発明のいくつかの実施形態によれば、沸点が比較的高い、たとえば１５０℃より大きい溶剤、たとえば有機溶剤が使用される。任意選択で、沸点がより高い溶剤を使用するとき、印刷ヘッドの温度を、たとえば７５℃前後まで増大させることができ、湿潤剤の添加を不要にすることができる。したがって、このポリマー・インクの粘性は、典型的には、水性ポリマー・インクより低くすることができる。有機溶剤性ポリマー・インクの一例を、表３に提示する。

【０１０４】

【表３】

表３－可溶性ポリマーの有機溶剤性インク

成分	体積％	重量％	機能
Ｎｙｌｏｎ６のフレーク／有機溶剤可溶性ポリマー	４５％	５０％	造形材料
ＮＭＰ（Ｎ－メチル－２－ピロリドン）	４５％	４０％	１次溶剤
リモネン	１０％	１０％	２次溶剤
非ケイ素系界面活性剤	０．３％		表面張力制御剤

【０１０５】

支持材料

【０１０６】

本発明のいくつかの実施形態によれば、物体の張り出したまたは負の角をなす表面、たとえば造形テーブルまたは前に形成された層によって支持されていない表面を保持するために、支持材料が必要とされる。重力または圧力ローラのような外部からの力のため、これらの表面は崩壊することがある。本発明のいくつかの実施形態によれば、支持材料は、造形材料が印刷および／または分注される方法と同様に、層単位で印刷および／または分注される。支持材料は、造形材料層が完成された後に、たとえば奇数の印刷、第１の乾燥、偶数の印刷、第２の乾燥プロセス後に設けてもよい。別法として、支持材料は、造形材料とともに分注することができる。典型的には、支持材料の液滴の高さは、造形材料の液滴の高さに一致させることが必要である。いくつかの例示的な実施形態では、ワックスが支持材料として使用される。ワックスは、Ｘｅｒｏｘによって提供され、たとえば、内容が参照により本明細書に組み込まれている「Colorant compounds, phase change ink com

position and methods of printing」という名称の特許文献４に記載されているＸｅｒｏｘ　Ｐｈａｓｅｒ技術に類似の相変化材料印刷ヘッドを使用して添加してもよい。いくつかの例示的な実施形態では、５マイクロメートルの層に対して、体積約３０～４５ピコリットルの滴が使用される。いくつかの例示的な実施形態では、支持材料の高さを正確な層の高さまで低減させるために、ローラ１４４を層ごとに使用する必要がある。

【０１０７】

いくつかの代替の例示的な実施形態では、支持材料には、類似の溶剤組成物、および造形材料インクと実質上同じ体積の固体が配合される。本明細書に記載する直接インクジェット印刷に適した例示的な支持材料インクを、表４に提示する。

【０１０８】

【表４】

表４－液体状の「固体」を有する支持材料インク

成分	体積％	機能
グリセロール／ＰＥＧ３００	３６％	支持
Ｈ２Ｏ	６３％	担体
ポリアクリル酸分散剤	０．７％	分散剤
非ケイ素系界面活性剤	０．３％	表面張力制御剤

【０１０９】

溶剤性インクの支持インク組成物も、類似の概念に基づいて構成されてもよい。いくつかの例示的な実施形態では、印刷ヘッド１０２の後、印刷ヘッド１０４が層を走査する。典型的には、支持材料は、乾燥プロセス中に乾燥ステーション１１６内で蒸発しないで、そのまま維持される。支持層（複数可）が支持しきれない場合、追加の支持柱を追加してもよい。支持材料を支持し、かつ／または支持材料がこぼれるのを回避するために、造形材料からケージが造形されてもよい。

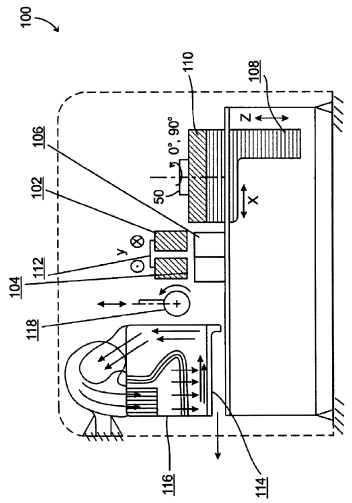
【０１１０】

いくつかの代替実施形態では、支持材料は、たとえば糖質系の溶液など、水および／または溶剤中に溶ける自己結晶化材料から配合される。典型的には、自己結晶化材料は、乾燥ステーション内で施される高速乾燥プロセスに耐えることができる。いくつかの例示的な実施形態では、次のモデル層を乾燥させる間に粉末の分散を回避するために、自己結晶材料から配合されたインクに結合剤が添加される。

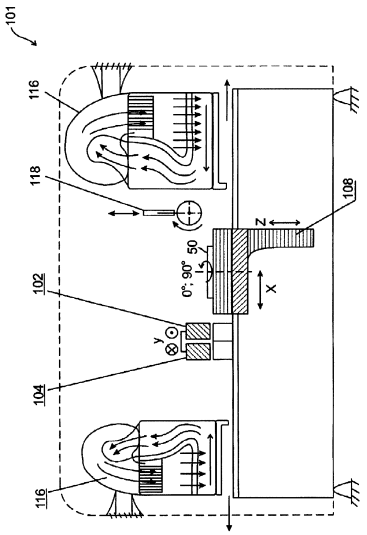
【０１１１】

分かりやすいように別個の実施形態の文脈で説明した本発明の特定の特徴は、単一の実施形態と組み合わせて提供することもできることが理解される。逆に、簡潔にするために単一の実施形態の文脈で説明した本発明の様々な特徴はまた、別個に、もしくは任意の適した下位の組合せで提供することができ、または本発明の任意の他の記載の実施形態で適宜提供することができる。様々な実施形態の文脈で説明した特定の特徴は、その実施形態がそれらの要素がなければ機能しなくなるわけではない限り、それらの実施形態の不可欠な特徴と見なされるべきではない。

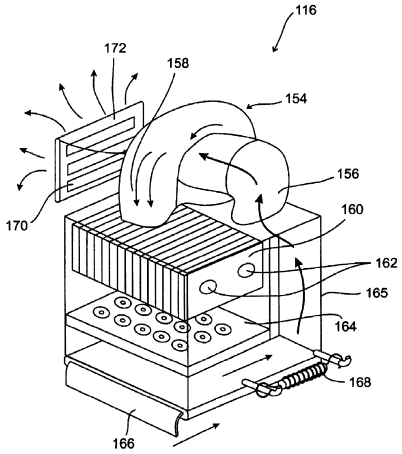
【図１】


100
110
108
106
102
112
104
118
116
114
Z
X
Y
0°, 90°
50

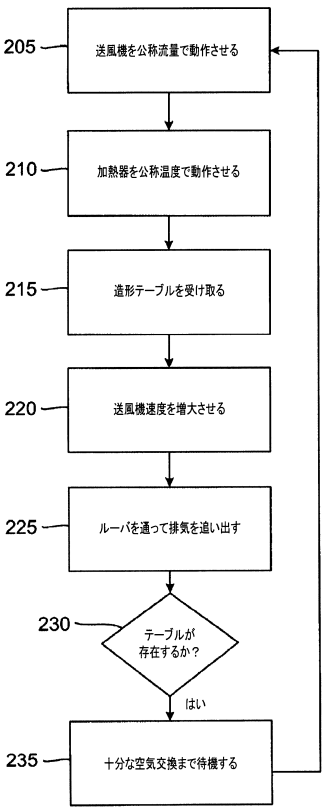
【図２】


101
116
118
108
102
104
116
Z
X
Y
0°, 90°
50

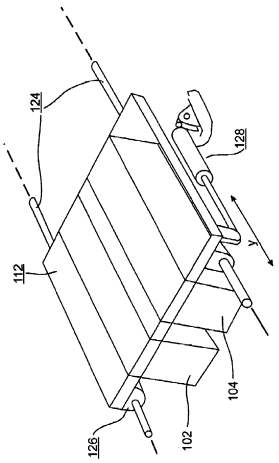
【図３】


116
172
158
154
156
160
162
165
164
168
170
166

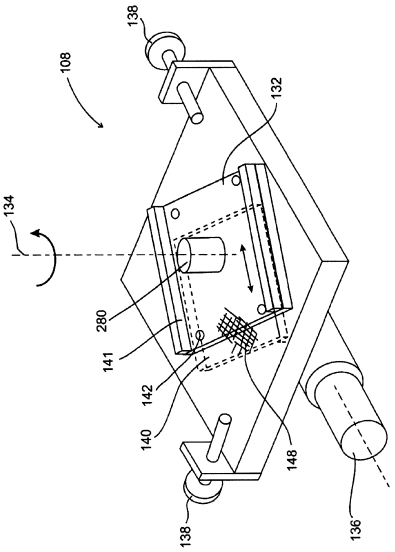
【図４】


205
送風機を公称流量で動作させる
210
加熱器を公称温度で動作させる
215
造形テーブルを受け取る
220
送風機速度を増大させる
225
ルーバを通って排気を追い出す
230
テーブルが
存在するか？
はい
235
十分な空気交換まで待機する

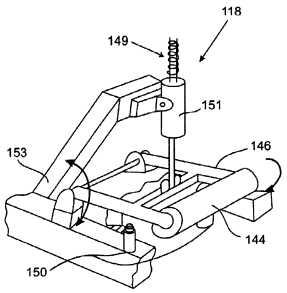
【図５】



【図６】



【図７】



【図８】

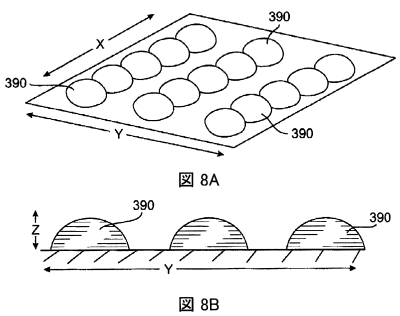
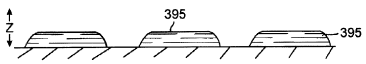


図 8A

図 8B

【図９】



【図１０】

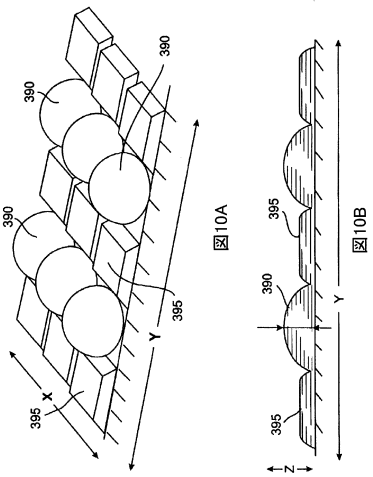
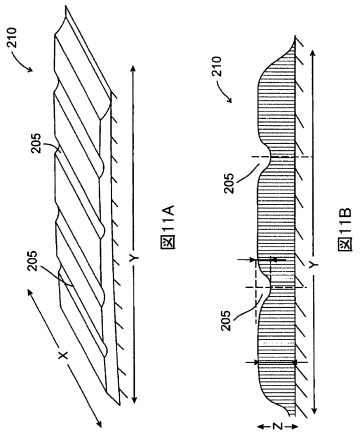


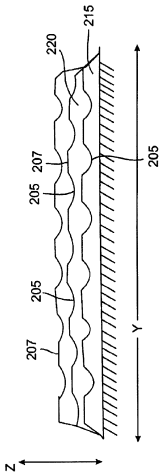
図10A

図10B

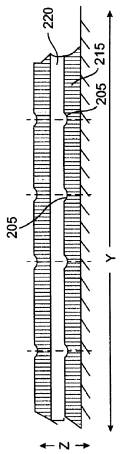
【図１１】



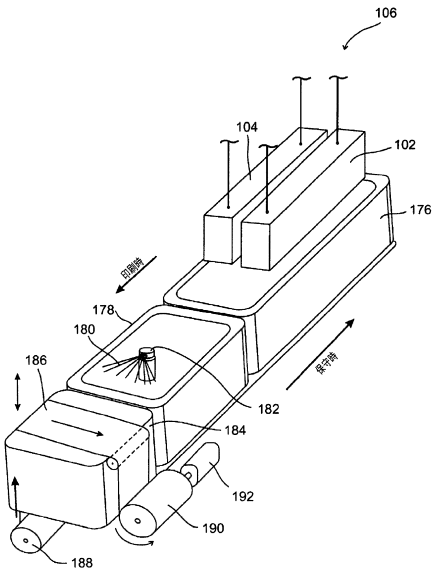
【図１２】



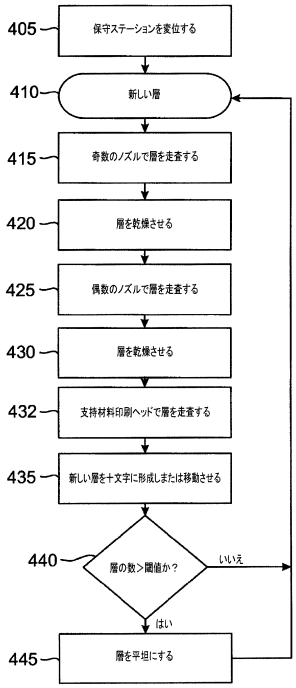
【図１３】



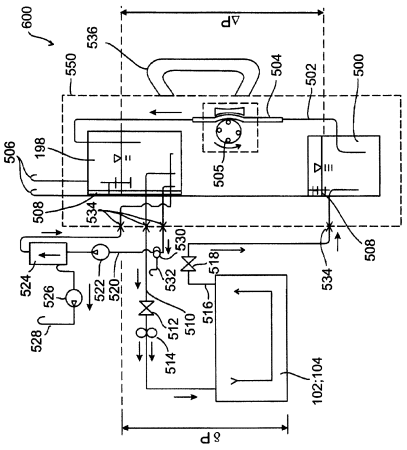
【図１４】



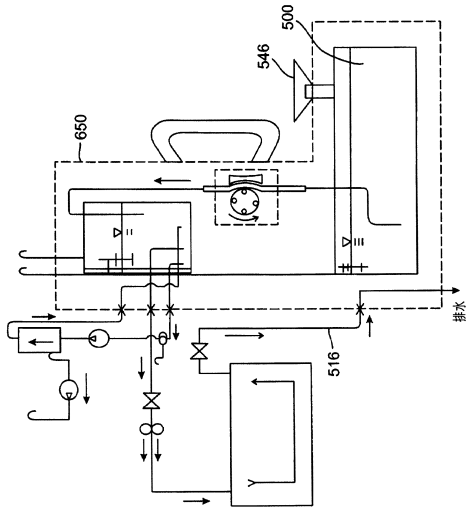
【図１５】



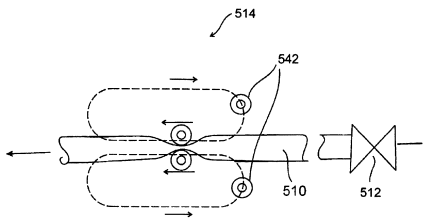
【図１６】



【図１７】



【図１８】



フロントページの続き

(72)発明者　シーンマン　イェホシュア
イスラエル国　ラアナナ　シロンスキ　ストリート　２１

審査官　田代　吉成

(56)参考文献　特開２０１２－１１１２２６（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－３０３１４（ＪＰ，Ａ）
特表２００２－５０７９４０（ＪＰ，Ａ）
特表２００８－５１３１９９（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０１２／０５８２７８（WO，Ａ２）
米国特許出願公開第２００６／００５４０３９（ＵＳ，Ａ１）
米国特許出願公開第２００３／０１６０８５２（ＵＳ，Ａ１）
米国特許出願公開第２０１０／０２７８９５２（ＵＳ，Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ２９Ｃ　６４／２０９
Ｂ３３Ｙ　１０／００
Ｂ３３Ｙ　３０／００