

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6625752号
(P6625752)

(45) 発行日 令和1年12月25日(2019.12.25)

(24) 登録日 令和1年12月6日(2019.12.6)

(51) Int. Cl.		F I
B 2 9 C 64/112	(2017.01)	B 2 9 C 64/112
B 2 9 C 64/118	(2017.01)	B 2 9 C 64/118
B 2 9 C 64/264	(2017.01)	B 2 9 C 64/264
B 2 9 C 64/30	(2017.01)	B 2 9 C 64/30
B 3 3 Y 10/00	(2015.01)	B 3 3 Y 10/00

請求項の数 13 (全 20 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2018-531482 (P2018-531482)
(86) (22) 出願日	平成28年10月17日(2016.10.17)
(65) 公表番号	特表2019-501798 (P2019-501798A)
(43) 公表日	平成31年1月24日(2019.1.24)
(86) 国際出願番号	PCT/EP2016/074867
(87) 国際公開番号	W02018/072809
(87) 国際公開日	平成30年4月26日(2018.4.26)
審査請求日	平成30年7月18日(2018.7.18)

(73) 特許権者	390008969 ワッカー ケミー アクチエンゲゼルシャ フト Wacker Chemie AG ドイツ連邦共和国 ミュンヘン ハンスー ザイデループラッツ 4 Hanns-Seidel-Platz 4, D-81737 Muenchen , Germany
(74) 代理人	110001173 特許業務法人川口国際特許事務所
(72) 発明者	エラー, クラウス ドイツ国、84489・ブルクハウゼン、 ヤーコプーシャイペルーシュトラーセ・4

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 印刷品質を高めたシリコンエラストマ物品を生産するための方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

シリコンエラストマ成形品の層毎の生産のための方法であって、下記のステップ、
1) 空間的に独立に制御可能な3D印刷装置により、x、y作業平面内で、2つ以上の印刷材料(2)が、空間的に独立に制御可能なキャリアプレート(4)に、キャリアプレート(4)上に設置された外来性の構成部品(38)に、または前もって付けられた印刷材料層に1つまたは複数の印刷ノズル(1)を介して液滴または連続的なストランドの形態で付けられ、印刷材料(2)のうちの少なくとも1つが電磁放射により硬化可能なシリコンエラストマを含む、

2) 電磁放射の少なくとも1つの空間的に独立に制御可能なソースにより、付けられた印刷材料(2)が、硬化させたまたは部分的に硬化させたシリコンエラストマ成形品の層(3)を形成するように架橋されるまたは部分的に架橋される、

3) 次の印刷材料層がx、y作業平面内に付けられることが可能であるように、3D印刷装置の印刷ノズル(1)またはキャリアプレート(4)が、決められた方式でz方向に移動される、

4) ステップ1)から3)は、シリコンエラストマ成形品が完全に構築されるまで繰り返される、
ステップを含み、

ステップ1)、2)および3)が、互いに独立に行われるまたは互いに同時にもしくは任意の順序で連続的につながられる、

10

20

層毎の生産のための方法において、

印刷ノズル(1)を離れた後の印刷材料(2)が、イオン化システムにより生成された放電領域(7)を横切ることを特徴とする、層毎の生産のための方法。

【請求項2】

シリコンエラストマ印刷材料に加えて、シリコンエラストマ成形品の完成後に除去可能な第2の印刷材料が、支持材料として付けられることを特徴とする、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

放電領域(7)が、キャリアプレート(4)の、外来性の構成部品(38)のまたは前に付けた印刷材料層の表面の一部またはすべてをカバーすることを特徴とする、請求項1または2に記載の方法。

10

【請求項4】

イオン化可能なガスの制御されたガス流が、放電領域(7)の方向にイオン化システムを元として生成されることを特徴とする、請求項1から3のいずれか一項に記載の方法。

【請求項5】

シリコンエラストマ成形品の外側境界が先ず印刷され、次いで縁取りされた内部が印刷材料(2)で完全にまたは部分的に埋められることを特徴とする、請求項1から4のいずれか一項に記載の方法。

【請求項6】

20

付けられた印刷材料(2)が、架橋することまたは部分的に架橋することに先立って機械的振動を完全にまたは部分的にかけられることを特徴とする、請求項1から5のいずれか一項に記載の方法。

【請求項7】

縁取りされた内部に存在する少なくとも1つの外来性の構成部品があることを特徴とする、請求項6に記載の方法。

【請求項8】

請求項1から7のいずれか一項に記載の方法における使用のための製造システムにおいて、製造システムが少なくとも下記の構成部品、

- 1つまたは複数の印刷材料(2)用の1つまたは複数のリザーバおよび1つまたは複数の印刷ノズル(1)を含む少なくとも1つの印刷ヘッド(19)を備える空間的に独立に制御可能な3Dプリンタ装置と、

30

- 電磁放射の空間的に独立に制御可能なソースと、

- 空間的に独立に制御可能なキャリアプレート(4)と、

- 印刷ノズル(1)とキャリアプレート(4)との間の領域内に放電領域(7)の生成のためのイオン化システムと

を備えることを特徴とする、製造システム。

【請求項9】

イオン化システムが、1つまたは複数の空間的に独立に制御可能なイオン化電極(5、11)を備えることを特徴とする、請求項8に記載の製造システム。

40

【請求項10】

イオン化システムが、イオン化可能なガス用の少なくとも1つのガス接続部および放電領域(7)に方向づけられた少なくとも1つのガスノズルを有することを特徴とする、請求項8または9に記載の製造システム。

【請求項11】

イオン化システム(5)が、印刷ヘッド(19)に対して横に傾けた方式でまたは各印刷ノズル(1)の下にリングの形態で配置されることを特徴とする、請求項8から10のいずれか一項に記載の製造システム。

【請求項12】

少なくとも1つの振動発生装置(31)を備えることを特徴とする、請求項8から11

50

のいずれか一項に記載の製造システム。

【請求項 13】

振動発生装置(31)が、キャリアプレート(4)の少なくとも1つのホルダ(30)へと組み込まれることを特徴とする、請求項12に記載の製造システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、放射線架橋シリコン材料からエラストマの成形品の生産のための付加3D印刷法に関し、上記方法は、エラストマの成形ボディが、架橋可能なシリコンエラストマ印刷材料の部分を通り返し精密に位置決めしそして電磁放射によりシリコンエラストマ印刷材料の部分を通り架橋させることによって段階的に積み上げられることで特徴付けられる。印刷材料の表面に生じる電荷は、イオン化システムにより中性化される。

10

【背景技術】

【0002】

架橋可能なシリコンゴム化合物を元とするエラストマの成形品の生産のために利用可能な数多くの処理法がある。シリコンエラストマ化合物を通り架橋することの整合性およびメカニズムによれば、成形品は、例えば、射出成形によって、圧縮法によって、押し出し成形法、鋳造、等によって生産されることが可能である。形成されたシリコン成形品の特性(硬さ、破壊強度、伸び性、色、等)は、架橋可能なシリコンゴム化合物の物理的組成により(および圧力および温度などの加工条件にもより)本質的に決定される、言い換えると、これらのプロセスは、典型的には、機械的特性および光学的特性に関して多数の主として等方性のシリコン成形品を与える。

20

【0003】

しかしながら、既存の方法は、より複雑なジオメトリの、異なる材料組成のおよび/または特性の様々なプロフィールのシリコン成形品が要求されると、ますますその限界に達してきている。目的に適している射出成形品の生産は、例えば、ますます人手がかかりコストがかかるようになってきているまたは基本的に不可能である。要求の係るプロフィールは、例えば、エクソプロテーゼおよびエンドプロテーゼならびに特にエピテーゼ(例えば、人工外耳、互いに連続的に合併する(皮膚、軟骨組織)のより柔らかい部位およびより硬い部位)の分野において存在する。そしてまた、従来型の処理方法によりバイオニクスから知られているような非常に複雑な構造を実装することが不可能である。民生品の個性化および個人適応に向けた一般的な傾向は、より少ない数の品目を加えて必要としている、これは従来型の方法がもはや効果的ではないことを意味する。同じことが、試作品の生産にも当てはまる。

30

【0004】

成形品の生産にとってますます重要になってきている方法は、成形品の自動化された付加層積み上げの共通要因を持つ数多くの異なる技術を備える付加製造法(3D印刷法)である(A. Gebhardt, Generative Fertigungsverfahren [Additive Manufacturing Methods], Carl Hanser Verlag, Munich 2013)。すべての付加製造法についての必要事項は、成形品の仮想モデルとして考えられることが可能なデジタル3Dデータセットの形態での所望の成形品のジオメトリおよび任意のさらなる特性(色、材料組成)の表現である。このモデル化は、様々な3D-CAD(computer-aided design(コンピュータ支援設計))構築法により好ましくはもたらされる。3D-CADモデルの創作のために使用されることが可能な入力データはまた、例えば、CT(computer tomography(コンピュータトモグラフィ))測定またはMRT(magnetic resonance tomography(磁気共鳴トモグラフィ))測定を元とする3D測定データでありうる。3D-CADデータセットは、その後、インターフェースを介して、適したフォーマット(例えば、STL、CLIP/SLIC、PLY、VRML、AMFフォーマット)で付加製造ソフトウェアパッケージに

40

50

3D-CADデータセットをエクスポートすることによりもたらされる材料固有のデータ、プロセス固有のデータおよびシステム固有のデータによって補足されなければならない。このソフトウェアは、最終的には、構築空間、支持構造、等における構成部品の最適な向きを考慮して、幾何学的情報から仮想スライスを生成する。完全なデータセットは、最終的には、付加製造用に使用される機械(3Dプリンタ)の直接作動を可能にする。

【0005】

ソフトウェア手順は、例えば、下記の通りである：

1. CADフォーマットで構成部品を構築
2. STLデータフォーマットへとエクスポート
3. 印刷平面に平行な層への3Dモデルの分割およびGコードの生成
4. 印刷コントローラへGコードを送信

10

【0006】

付加製造法は、数多くの材料およびそれらの組み合わせ(例えば、金属、プラスチック、セラミック、ガラス)に対して利用可能である。例えば、工作物の付加製造に関して、

- プラスチックおよび特定の合成樹脂に対する熱溶解樹脂法(FDM)
- 液体合成樹脂に対するステレオリソグラフィ
- 金属、ポリマおよびセラミックに対するレーザ焼結法
- 金属に対する電子ビーム溶解法

などの複数の確立された方法が既に存在する。

【0007】

FDM印刷のケースでは、固体プラスチックが押出成形機により溶解され、工作物がシートに積み上げられる。この部類の機器の例は、German Reprap NEOである。

20

【0008】

ステレオリソグラフィのケースでは、液体合成樹脂が、レーザによって層毎に硬くされる。この設計のプリンタの1つの例は、3D Systemsという製造業者からのProject Jetシリーズである。レーザ焼結法および電子ビーム溶解法は、似たような原理によって加工する。両方の方法では、粉末形態の材料が、層毎に溶解され、よって工作物が積み上げられる。違いは、単に、レーザまたは電子ビームによって、どのように材料が溶解されるかである。

30

【0009】

WO2015/059502A1は、シリコンベース材料の槽を元としてシリコン部品を生産するための方法を記述している。この槽内では、針の形状をしたノズルによって点毎に付けられる第2の構成部品が、シリコン系の材料を局所的な方式で硬化させることを可能にする。ノズルの動きは、CADデータによって三次元空間内で制御される。印刷が終わった後で、生成した素子は、槽から取り出され、まだ硬化されていないベース材料から解放される。この方法の欠点は、低い印刷速度であり、そして架橋していない印刷材料が付着することを取り除くために印刷した構成部品をその後洗浄することは、時間がかかる。

【0010】

DE202013011396U1は、エレクトロフォトグラフィの原理を応用する付加装置を記述している。これは、成形品へと層毎に画像キャリアロールを用いて帯電した粒子/液体を付けることを含む。層の固化または硬化させることは、熱溶解またはUV光架橋によって実現される。アンダーカットまたは自己支持層は、支持材料を有する別の領域の挿入を通して可能になる。この方法は、シリコンに対しては実装可能ではない。

40

【0011】

DE202016000367U1は、油圧マルチレベルプレス用の合成プレスパッドの生産および構築を記述している。このケースでは、シリコンのパッド層が、3D印刷法により金属支持織布によって付けられる。生産方法では、UV光で架橋されるまたは十分に硬化される架橋用のプラチナを触媒としたシリコンが、引用されている。UV光源

50

は、印刷ヘッドと同様に実行されるようにここでは記述されている。

【0012】

GB2508204Aは、体に合わせた靴インソールを作る方法を記述している。これは、最適な形状を作るために足からのスキャンした3Dデータを使用することを含む。追加で述べられたことは、異なる硬さの様々なシリコン、および可変の硬いゾーンをともなうデザインで印刷することである。同様に、記述されたものは、外に向けた延性が異なる幾何学的形状により変えられることがあり得るストラテジである。

【0013】

ここで特に強調されるべきものは、シリコン印刷における使用である。印刷材料としてのシリコンの使用は、追加の拡張または技術的修正を必要とする。

10

【0014】

WO2015/107333は、シリコンエラストマ物品を印刷するための装置および方法を記述している。このケースでは、様々なノズルによって、多成分シリコンが、3Dプリンタへと組み込まれたミキサチャンバ内で混合され、ストランドが成形品を付加製造するために使用される。

【0015】

先行技術において知られているプロセスは、単にシリコン成形品の生産に関係するが、シリコン成形品の3D印刷中の望ましくない効果の補償および回避による、印刷精度の向上および印刷材料のより精密な堆積には関係しない。

【0016】

シリコン3D印刷では、印刷材料が例えば、(ジェットイングと呼ばれる)液滴適用によってまたは(ディスペンシング法と呼ばれるものでは)ストランドの連続的な押し出しによって形成するように、印刷材料は、成形品の上に堆積されることが可能である。異なるタイプのシリコンエラストマを使用することが可能である。液滴適用による3Dシリコン印刷法のより詳細な記述は、WO2016/071241A1に明記されている。

20

【0017】

シリコン印刷材料の堆積のための3D印刷/付加製造において述べた2つの適用プロセスでは、望まない効果が、ジェットイング適用法およびディスペンス適用法の両者において静電気帯電の結果として生じることがある。適用中のせん断エネルギー入力の増加で、この摩擦電気効果の増加がある。適用動作中に、印刷材料およびこれゆえやはり既に堆積した印刷ボディが、摩擦電気のために適用プロセスにおいて帯電するようになる。この静電気帯電は、特に高いスループットを有するジェットイングプロセスにおいて認知できるようになる。

30

【0018】

摩擦電気効果は、印刷材料および構成部品の静電気帯電をもたらす。これは、同様に、10g/hよりも大きい印刷材料スループットを超える高い程度の、30g/hを超える高い程度の、および50g/hを超える特に高い程度の、ディスペンシングプロセスにおいて生じる。ディスペンシングプロセスでは、静電気帯電の効果は、堆積した成形品の上へと押し出した印刷材料を付けることが異常になることである。直線方向に印刷材料を直線的に付けることは、そのときには不可能であり、成形品の表面上に新たに堆積する印刷材料の波打った線および横へのうねりをもたらす。

40

【0019】

理論に束縛されずに、摩擦電気効果についての可能性のある物理的説明は、下記の通りである：

ノズル内の液体印刷材料のせん断移動または質量移動が、電荷の分離という結果をもたらす。そしてすべての吐出された液滴またはストランドが、ある種の知られていない電荷を帯びる。液滴またはストランドは、印刷ボディに当たり、これが再び電荷の分離という結果をもたらす。層毎に積み上げられた成形品は、一連の帯電したプレートに匹敵する方式で振る舞い、層キャパシタに匹敵する方式で、非常に高い電位まで帯電するようになる

50

【0020】

帯電することが、堆積した成形品から発せられる電場を生み出す。この電場は、適用ノズルから出てそして成形品の上へと堆積される液滴またはストランド上の電磁力につながる。流体粘性の新たに適用した架橋していないシリコン印刷材料の弛緩特性（流れ特性／溶化特性）は、影響を受けるおよび／または部分的に変形される。

【0021】

この発明の文脈では、「弛緩」は、硬化させることに先立って堆積したシリコン材料の溶化を意味することが理解される。「弛緩時間」、または文献では「弛緩時定数」としばしば呼ばれる時間は、配置した印刷材料が定常状態に達するまで、配置した印刷材料が拡散するおよび／または互いに溶け合う特性時間を記述している。

10

【0022】

これは、係る成形品の外側境界のところで特に明らかである。係る帯電した成形品のエッジのところで、特徴的な過剰な場の増大は、成形品から遠くへ動くシリコンスレッドの形成を結果としてもたらし、シリコンスレッドは成形品から外に向かって突き出し、「ヘッジホッグ構造」に相応する。空気中に存在する印刷液滴またはストランドは、存在する電場により影響を受けるおよび／または同様の電荷の反発力によりその飛行経路（軌道）からもしくはそのレイニングパスウェイ（laying pathway）において偏向される。この程度は、放たれた印刷液滴が所望の位置から最大数cmまで離れて配置され、かつ印刷ストランドが動いている「投げ縄」と類似の方式で印刷ノズルの下方に撒き散った制御されていない状態で移動するようなものでありうる。加えて、サテライト液滴と呼ばれる液滴の小さな帯電した部分、またはストランドの部分、および液滴が当たったときに飛散される少量のシリコンも、電場または電荷反発力により偏向され、成形品から遠くへ移動する。これは、成形品のそばの粒子のミストとしてまたは汚れた印刷物として明らかである。その上、これは、極端なケースでは、ジェットインク印刷ノズルのスティッキング、これゆえ印刷動作の中断をもたらすことがある。

20

【0023】

生じるこれらの静電効果は、適用ノズルにおけるスループットを増加させることとともに常により重要になり、適用した印刷材料に堆積エラーを生じさせる。ジェットインク法では、大きくなる適用スループットは、増加するジェットインク周波数と同等である。これらの効果は、したがって、適用した液滴が成形品上に堆積される前に適用した液滴のかなりの軌道エラー（誤った飛行経路）を生じさせる。ディスペンシング法では、静電効果は、スループットを増加させた状態で堆積したストランドのますます精密でなく正常でないレイニングパスウェイを生じさせ、そのため生成した印刷ボディの変形を生じさせる。

30

【0024】

ディスペンシング法では、プロセスの結果として、堆積した成形品の角およびエッジのところで連続する印刷材料ストランド適用の規則的な停止および中断がある。

【0025】

特にそれらの点では、静電荷が、印刷材料ストランドの外に向かった飛び散りおよび不規則な途絶を生じさせ、これが成形品上のランズ（runs）、空気のトラッピング、バルジ状の隆起の形成をもたらす。

40

【0026】

加えて、互いに成形品の表面上に堆積したシリコン材料液滴もしくはストランドの弛緩特性（相互融合）についておよび／または外来性の構成部品との界面のところでシリコン印刷材料の流れ特性についての有害な効果がある。固定させた印刷材料上のおよび界面のところで局所電荷は、生じる電場のためにおよび／または同様の電荷の反発のために、固定させた未硬化の印刷材料の流れ特性および溶化特性に影響を及ぼす。このケースでは、未硬化の印刷材料体積は、電荷の反発の結果として不完全にもしくは不十分に弛緩する（流れる）および／または相互に離れるように移動し、これゆえ成形品を変形させる。これは、エッジ領域の流れにより示され、局所的な欠陥（空洞、気泡）の形成をもたら

50

すことがある。さらにその上、適用スループットの増加とともに、生じる表面電荷は、実現可能な表面品質を常に不適切にさせる。結果は、拡大した弛緩時間（流れ時間／溶化時間）の後でさえ平らにならない高度に構造化された表面である。固定した材料の弛緩時間の効果は、

$$e_{ff} = s + i_o - v_{ibr}$$
により与えられる。

この式では、

e_{ff} は実効弛緩時間であり、

s はいかなる静電的影響または機械的影響もない印刷液滴／印刷材料ストランドの自己弛緩時間であり、

i_o は静電気帯電に起因する弛緩時間の拡大であり、

v_{ibr} は機械的振動の効果に起因する弛緩時間の減少である。

【0027】

印刷液滴／印刷材料ストランドの形状の変化は、

$$u(t) = u + (u_0 - u) \exp(-t / e_{ff})$$

により与えられることが可能である。

【0028】

この式では、

$u(t)$ は位置決めした印刷液滴／印刷材料ストランドの時間に依存する形状であり、

u は印刷液滴／印刷材料ストランドの十分に弛緩した形状であり、

u_0 は固定させた直後の印刷液滴の形状であり、

t は印刷液滴／印刷材料ストランドの固定させた後の時間であり、

e_{ff} は実効弛緩時間であり、

$\exp(\dots)$ は e 関数（自然指数関数）である。

【0029】

シリコン材料の局所化した電荷および高い電気絶縁特性は、結果的に i_o についての非常に大きな値、例えば2、3時間から数日までの範囲になる。産業的に適切であり、経済的に実行可能であり、そして同時に形状適合した3D印刷法は、高い適用スループットおよび速い3D印刷速度を必要とする。付加製造または架橋可能な液体シリコン印刷材料を用いる3D印刷またはシリコンおよび他の3D印刷した材料を用いる3D印刷法は、より難しくなり、上に述べた静電効果の結果として事実上実装不可能になる。

【0030】

原因は、摩擦を介した静電気帯電に対するシリコンの本来の高い性質にある。架橋していないシリコンおよび架橋したシリコンの電気的特性は、基本的には変わらない。この現象はまた、「摩擦電気効果」とも呼ばれる。これは、ポリマの文献から長く知られてきている効果である。シリコンおよびシリコンから作られた3D印刷材料は、これを非常に起こしやすい。シリコンは、例えば、Deanna M. Jacobsによる「Electrostatic discharge - understanding and controlling the phenomenon: A handbook for packaging professionals」という名称の修士論文の21頁に記載されているように摩擦電気系列表と呼ばれるものの負の端のところにある。

【0031】

イオン化のためまたは粒子の飛行経路（軌道）に影響を与えるためのプロセスおよび装置は、原理的に、他の技術分野で、例えばインクジェットプリンタ（「連続インクジェット法」）または噴霧装置において知られているが、本発明と比較して異なる内在する技術的問題を解決するために使用されている。

【0032】

DE69808104T2は、適用した液滴の電氣的帯電が所望の方法に対して技術的に要求され必要であるインクジェット印刷法を記述している。これは、導電性の液体を制

10

20

30

40

50

御することおよび吐出することのためのシステムである。液体またはインクジェットは、所望のサイズの液滴へと静電気力によりシステム内で小部分化される。その上、印刷液滴は、電氣的に帯電され、後に電場によって順に偏向され、そして液滴の移動経路が制御された方式で影響される。

【0033】

DE68910459T2は、静電インクジェット印刷装置の様々な拡張を記述している。液滴の印刷パラメータは、インクの変化を補正するためにここでは印刷中に決定される。やはり言及したものは、インク液滴の小部分化用のおよび静電気帯電用の装置である。

【0034】

DE102005000983A1は、噴霧装置用のイオン化アタッチメントを記述している。このケースでは、圧縮空気により移動する液滴または固体粒子は、イオン化され、これゆえ反対のポテンシャルを有するターゲットに向けてより選択的な方式で移動される。静電気力は、ターゲットに向けて粒子または液滴を引きつけ、噴霧損失を最小にする。

【0035】

これらの上に述べた方法のどれ1つとして、架橋可能なシリコーン印刷材料の3D印刷にとって技術的に実装可能ではない。さらにその上、これらの方法のどれ1つとして、3D成形品の印刷品質を向上させるために今日まで使用されてきていない。

【0036】

さらにその上、上に記述した適用法では、50mPa・s以下の粘性範囲の低粘性印刷材料だけが使用される。これらの方法は、例としてWO16071241に記述されているように、(100000mPa・sを超える)より高い粘性のシリコーン印刷材料に対して適していない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0037】

【特許文献1】国際公開第2015/059502号

【特許文献2】独国実用新案出願公開第202013011396号明細書

【特許文献3】独国実用新案出願公開第202016000367号明細書

【特許文献4】英国特許出願公開第2508204号明細書

【特許文献5】国際公開第2015/107333号

【特許文献6】国際公開第2016/071241号

【特許文献7】独国特許出願公開第69808104号明細書

【特許文献8】独国特許出願公開第68910459号明細書

【特許文献9】独国特許出願公開第102005000983号明細書

【非特許文献】

【0038】

【非特許文献1】A. Gebhardt, Generative Fertigungsverfahren「Additive Manufacturing Methods」、Carl Hanser Verlag, Munich 2013

【非特許文献2】Deanna M. Jacobsによる修士論文、名称「Electrostatic discharge - understanding and controlling the phenomenon: A handbook for packaging professionals」の21頁

【非特許文献3】DIN EN ISO3219:1994

【非特許文献4】DIN53019

【非特許文献5】DIN ISO25178-1:2016-04

【非特許文献6】DIN EN ISO25178-2:2012-09

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0039】

本発明により扱われた問題は、そのため、高いスループットと組み合わせて最小の印刷時間で高品質印刷物をもたらすシリコンエラストマ成型物用の付加3D印刷法を提供する方法であった。とりわけ、目的は、印刷材料が軌道エラーなしに意図したターゲット位置のところに位置決めされることが可能であることを確実にすることであった。

【課題を解決するための手段】

【0040】

この問題は、本発明による方法および本発明による装置によって驚くほどに解決され、これが、高いスループットでおよび著しく高めかつ一様な印刷品質でシリコンエラストマ成形品の印刷を可能にする。

10

【図面の簡単な説明】

【0041】

【図1】縦のイオン化電極を有する本発明による製造システムの側面図である。

【図2】環状のイオン化電極を有する本発明による製造システムの側面図である。

【図3】縦のイオン化電極を有する本発明による製造システムの上面図である。

【図4】外来性の構成部品上でエッジフィリング法にしたがって動作中の本発明による製造システムの側面図である。

【図5】本発明による印刷プロセスの説明の流れ図である。

【発明を実施するための形態】

20

【0042】

本発明は、下記のステップを有するシリコンエラストマ成形品の層毎の生産のための方法であって：

1) 空間的に独立に制御可能な3D印刷装置により、 x 、 y 作業平面内で、2つ以上の印刷材料が、空間的に独立に制御可能なキャリアプレートに、キャリアプレート上に設置された外来性の構成部品に、または前もって付けられた印刷材料層に1つまたは複数の印刷ノズルを介して液滴または連続的なストランドの形態で付けられ、ここでは印刷材料のうちの少なくとも1つが電磁放射により硬化可能なシリコンエラストマを含む、

2) 電磁放射の少なくとも1つの空間的に独立に制御可能なソースにより、付けられた印刷材料は、硬化させたまたは部分的に硬化させたシリコンエラストマ成形品の層を形成

30

するように架橋されるまたは部分的に架橋される、

3) 次の印刷材料層が x 、 y 作業平面内に付けられることが可能であるように、3D印刷装置の印刷ノズルまたはキャリアプレートは、決められた方式で z 方向に移動される、

4) ステップ1)から3)は、シリコンエラストマ成形品が完全に構築されるまで繰り返される、

ステップを有し、

ステップ1)、2)および3)は、互いに独立に行われるまたは互いに同時にもしくは任意の順序で連続的につながられる、

40

【0043】

好ましくは、本発明による方法において使用されるシリコンエラストマは、付加架橋性シリコンゴム化合物である。ステップ2)では、これが、いずれか、熱的および/またはUV光もしくはUV-VIS光により架橋されることが可能である。この種のシリコンゴム化合物は、例えば、W02016/071241A1からおよびこれにおいて引用した出版物において知られている。

【0044】

好ましくは、印刷材料は、25 でおよび 0.5 s^{-1} のせん断速度で、好ましくは少なくとも $40 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 、より好ましくは少なくとも $100 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ そして特に好ましくは

50

少なくとも200 Pa・sの粘性を有する。

【0045】

印刷材料は、5 g/hを超える質量スループットで、より好ましくは10 g/hより大きい質量スループットで、そして特に20 g/hより大きい質量スループットで好ましくは堆積される。

【0046】

シリコンゴム化合物の粘性は、例えば、以降に説明する試験方法：、DIN EN ISO 3219：1994およびDIN 53019によるGraz、オーストリアのAnton Paarからの「MCR 302」レオメータを使用して、2°の開き角を用いるコーン-プレートシステム（CP 50-2コーン）を使用して決定されることが可能である。計器は、National Metrology Institute of Germany、Brunswick、ドイツからの10000標準オイルを用いて較正される。測定温度は、25.00 + / - 0.05 であり、測定時間は3分である。粘性値は、3つの独立に行った個々の測定値の算術平均である。動粘性の測定不確定性は、1.5%である。

10

【0047】

好ましくは、本発明による方法は、シリコンエラストマ印刷材料に加えて、シリコンエラストマ成形品の完成後に除去可能な第2の印刷材料が、支持材料として付けられることで特徴付けられる。この文脈では、任意の所望の知られている支持材料が使用可能である。

20

【0048】

印刷材料上の電磁放射の作用は、好ましくは位置選択的であるまたは全域にわたり、パルス方式でまたは連続的に、そして一定強度または可変強度である。

【0049】

加えて、本発明による方法は、放電領域が、キャリアプレートの、外来性の構成部品のまたは前に付けた印刷材料層の表面の一部またはすべてをカバーすることで好ましくは特徴付けられる。とりわけ、印刷材料の帯電に加えて、印刷領域全体および/または外部ボディもしくは外来性の構成部品の全体にわたる電荷が中性化されるときには、これは有利である。例えば、この目的のために、能動イオン化電極は、印刷の前に、印刷領域を横切ってそして外部ボディおよび外来性の構成部品の全体にもわたり移動されうる。

30

【0050】

本発明による方法は、イオン化可能なガスの制御されたガス流が、放電領域の方向にイオン化システムを元として生成されることで、さらに好ましくは特徴付けられる。好ましくは、イオン化可能なガスは圧縮空気であるが、他のガスまたは窒素もしくは希薄空気（すなわち、窒素富化空気）などの混合ガスもやはり使用可能である。ガス流は、方向づけられ、そしてよりうまく画定された放電領域を生成できる。さらにその上、塵埃除去効果、すなわち粒子入量の削減が可能である。これは、特にクリーンルーム条件を要求する成形品、例えば医療用物品に特に関係するものである。

【0051】

本発明による方法は、シリコンエラストマ成形品の外側境界がまず印刷され、次いで縁取りされた内部が印刷材料で完全にまたは部分的に埋められることで、さらに好ましくは特徴付けられる。

40

【0052】

付けられた印刷材料は、架橋することまたは部分的に架橋することに先立って、好ましくは機械的振動を完全にまたは部分的にかけられる。好ましくは、縁取りされた内部の中にここでは少なくとも1つの外来の構成部品がある。外来の構成部品は、この方法により形状適合した方式でシリコンエラストマ成形品へとインプリントされることが可能である。

【0053】

好ましくは、印刷中に、キャリアプレートおよび印刷ボディに存在する機械的な動き /

50

振動が測定され、評価される。

【 0 0 5 4 】

許される許容範囲を超えると、例えば、メッセージが生成されることがあるおよび/または印刷動作が終了されることがある。これは、印刷領域内のキャリアプレート上への、作業員の何らかの機械的な侵入の認識のための安全対策としても使用されることが可能である。

【 0 0 5 5 】

加えて、本発明は、上に説明した方法における使用のための製造システムに関し、ここでは製造システムが少なくとも下記の構成部品：

- 1つまたは複数の印刷材料用の1つまたは複数のリザーバおよび1つまたは複数の印刷ノズルを含む少なくとも1つの印刷ヘッドを備える空間的に独立に制御可能な3Dプリンタ装置、
 - 電磁放射の空間的に独立に制御可能なソース、
 - 空間的に独立に制御可能なキャリアプレート、および
 - 印刷ノズルとキャリアプレートとの間の領域内に放電領域の生成のためのイオン化システム、
- を備える。

【 0 0 5 6 】

シリコン印刷用の好適な印刷ノズルは、「NORDSON CORP. / USA」および「VERMES MICRODISPENSING GMBH / Germany」などの会社によって製造される。これらの印刷ノズルは、kbar範囲内の圧力蓄積を可能にし、これは p_1 から n_1 範囲内の液体の量が、 $1 - 100 \text{ m/s}$ の速度で 50 と $500 \mu\text{m}$ との間の直径を有するノズルを通り $1 - 100 \mu\text{s}$ 内に吐き出されうることを意味する。この動作は、数 100 Hz に至るまでの周波数で繰り返される（これらは、個々のケースでかなり異なることがある典型的なパラメータ範囲である）。

【 0 0 5 7 】

3Dプリンタ装置および電磁放射のソースの両者、ならびにキャリアプレートも、空間的に独立に制御可能である。

【 0 0 5 8 】

本発明の文脈では、「空間的に独立に制御可能」は、対応する装置が、位置選択的な方式で、すべての3つの空間方向 x 、 y および z に、すなわち三次元的に移動されることが可能であることを意味する。

【 0 0 5 9 】

本発明による製造システムは、イオン化システムが1つまたは複数の空間的に独立に制御可能なイオン化電極を備えることで、好ましくは特徴付けられる。

【 0 0 6 0 】

好ましくは、イオン化電極の傾きは、位置に敏感な方式で調節されることが可能である。これは、エッジが比較的大きな構成部品内の電極によって最適にカバーされ放電されることを可能にする。

【 0 0 6 1 】

好適なイオン化システムは、例えば、「Haug Ionisationsysteme GmbH & Co. KG / Germany」社から入手可能である。この種のシステムは、放電電源および放電装置、イオン化電極とも呼ばれる、へと典型的には分割される。放電電源は、利用可能な主電圧($120 / 230 \text{ V}$)を数千ボルトに至るまでの高電圧へと変圧する。イオン化電極は、いくつかの形態を想定することができる。ここで述べられるべき例は、細長いロッド電極、手動装置の形態でのイオン化電極または環状電極を含む。すべてのイオン化電極は、高電圧下に置かれる金属部品(尖端部)を有し、そこでは周囲のガス分子が印加した電圧により帯電される。

【 0 0 6 2 】

静電荷を避けるための好適なイオン化電極ユニットの具体的な例は、電源(付属の主ケ

10

20

30

40

50

ケーブルを有するH a u g E N S L L C 2 3 0 V / 5 0 - 6 0 H zユニバーサル電源)およびV Sシリーズからの1つまたは2つの電氣的に接続されたH a u gイオン化ロッド(イオン化電極)(例えば、V S 0 2 8 3 0 0イオン化ロッド)から構成されるH a u gからの装置構成物である。

【0063】

本発明は、記述した電極タイプには限定されない。やはり使用可能なものは、他の製造業者からのシステムおよび他の構成に基づくイオン化システムおよび/またはイオン化電極である。

【0064】

電極は、図に説明したような印刷装置に載置され、その結果電極が印刷材料に関してノズル出口の周りの領域を脱イオン化させる。

10

【0065】

本発明による製造システムは、イオン化システムがイオン化可能なガス用の少なくとも1つのガス接続部および放電領域に方向づけられた少なくとも1つのガスノズルを有することで、さらに好ましくは特徴付けられる。

【0066】

少なくとも1つのイオン化電極は、印刷ノズルとキャリアプレートとの間の領域の全域をカバーするように、印刷ヘッドに対して横に傾けた方式で好ましくは配置される。あるいは、イオン化電極は、各個別の印刷ノズルの下の領域をカバーするために各印刷ノズルの下にリングの形態に配置されることがある。

20

【0067】

横に載置されたイオン化システムとの傾きの角度(キャリアプレートの平面とイオン化電極の主軸との間の角度)は、好ましくは10°から80°までの範囲内、より好ましくは20°から60°までの範囲内、特に25°から35°までの範囲内である。

【0068】

加えて、イオン化電極の先端部とノズルの先端部との間の距離は、好ましくは10cm未満の範囲内、より好ましくは5cm以下、特に3cm以下である。

【0069】

イオン化電極は、空間的な観点からそして好ましくは傾きの観点から独立に制御可能であり、その結果、印刷材料だけでなく好ましくはキャリアプレートおよび外来性の構成部品もまた中性化されることが可能である。

30

【0070】

イオン化電極は、計量装置の近くに載置されることがあり、計量装置とは無関係に構築空間全体を任意選択でやはり扱うことができ、その結果、構築空間内のいずれかの所望の点が脱イオン化されうる。

【0071】

本発明の製造システムは、少なくとも1つの振動発生装置を好ましくはさらに備える。振動発生装置は、キャリアプレート内の少なくとも1つのホルダへと好ましくは組み込まれる。振動発生装置は、任意の所望の機械的振幅および周波数の振動が発生され得るよう好ましくは設定される。

40

【0072】

加えて、本発明による製造システムは、3D印刷装置が1つまたは複数の共焦点レンズを有する少なくとも1つの共焦点測定システムを備えることで、好ましくは特徴付けられる。好ましくは、共焦点レンズおよび印刷ノズルは、リニアアクチュエータのキャリッジ上に一緒に載置され、これらの全体で3D印刷装置の印刷ヘッドを形成する。

【0073】

加えて、本発明による製造システムは、共焦点システムにより得られた測定信号が評価されさらに処理されることが可能な少なくとも1つの制御ユニットを、製造システムが有することで、好ましくは特徴付けられる。上に記述したように、キャリアプレートのまたは印刷ボディの振動および動きを、例えば測定し、必要な場合にはさらに処理することが

50

このようにして可能である。

【 0 0 7 4 】

好ましくは、本発明による製造システム内に、キャリアプレート上に、または前に付け架橋させた印刷材料層の上へと載置した少なくとも1つの外来性の構成部品の位置決めのための1つまたは複数の位置決めジオメトリがある。これらの位置決めジオメトリは、好ましくは、キャリアプレート自体の上に取り付けられているもしくは載置されているまたは以前の印刷によりキャリアプレートから作られてきているスペーサまたは位置決め点である。

【 0 0 7 5 】

3D印刷装置は、x、y作業面に対する移動システムを好ましくは備え、ここでは移動システムが、y方向に移動可能な移動軸と、x方向に移動可能な移動軸と、位置決めユニットとを備える。好ましくは、イオン化システム用のホルダおよびx方向に移動可能な移動軸上に載置された電磁放射のソースがある。

10

【 0 0 7 6 】

本発明は、上に記述した方法により生産されてきているシリコンエラストマ成形品にさらに関する。好ましくは、形状適合した方式で、このシリコンエラストマ成形品へと完全にまたは部分的に埋め込まれた少なくとも1つの外来性の構成部品がある。

【 0 0 7 7 】

本発明によるシリコンエラストマ成形品は、高めた印刷品質、平滑なエッジおよび小さな変形を特徴とする。外来性の構成部品は、利用することが難しく不十分な表面構造であってさえ、形状適合した方式で最適に埋め込まれ、取り囲まれることが可能である。

20

【 0 0 7 8 】

その上、シリコンエラストマ成形品は、CADモデルと一致する高い品質ならびにCADモデルと比較してエッジ面の位置公差および平坦性公差の改善を示している。加えて、より優れた表面粗さが可能である(例えば、平均粗さ： $R_A < 100 \mu m$)。表面粗さは、例えば、DIN ISO 25178-1:2016-04およびDIN EN ISO 25178-2:2012-09による試験方法により決定されうる。

【 0 0 7 9 】

図は、本発明の実用例を示している、とはいえ、これらは本発明の主題を単に模式的に図示している。図を参照して以降に示され説明される実用例は、本発明の主題を限定するものとは見なされるべきではない。特許請求の範囲の範囲内で可能な多数の修正形態は、当業者には明かだろう。

30

【 0 0 8 0 】

図1は、本発明による製造システムの構成を示している。側面図(10)では、任意の所望のシリコンエラストマ成形品が、キャリアプレート(4)の上に層毎に積み上げられる。このキャリアプレートは、ホルダ(30)によって支えられる。成形品の層(3)は、硬化ストラテジにしたがって、それぞれの層の印刷直後にまたはn番目の層の印刷の後で硬化される。硬化させることは、電磁放射(UV、IR、等)により行われる。印刷ノズル(1)の横に、キャリアプレートの平面から角度だけ傾いて、高電圧電極(5)は、イオン化領域(放電領域)(7)を形成する。対応する電圧源とともに高電圧電極は、イオン化システムを形成し、これは先行技術において十分に良く知られている。印刷ノズル(1)を離れた直後に、印刷ストランドとしてのまたは印刷液滴の形態で印刷材料(2)は、高電圧電極(5)により生成される放電領域(7)を通過する。放電領域(7)では、付着電荷が、イオン化されたガス、例えば空気により電氣的に中性化される。中性化は、印刷材料の衝突領域を好ましくは含む。印刷ボディは、結果として帯電せず、電氣的に中性のままである。電荷中性化のさらなる改善のために、イオン化システム内に供給されるガス流の制御も好ましく、ガス流は、印刷ノズル(1)の方向に高電圧電極(5)の先端部(6)の周りを通る。これは、例えば、ガス接続部(例えば、加圧ガスまたはいずれかの他のイオン化可能なガス)およびイオン化電極(5)のところに方向づけられたノズルを用いて実現されることが可能である。流れて通過するガスは、イオン化され、

40

50

次いで層(3)の上のまたは飛行中の印刷材料に結び付けられた電荷を中性化する。流れは、方向づけられ、そしてよりうまく画定された放電領域(7)を生成できる。

【0081】

さらなる実施形態が、図2に描かれている。図1に関して上に既に説明してきているものと同じ詳細が、図2に当てはまる。図1に描かれた実施形態から離れて、図2の側面図(15)は、印刷ノズル(1)の下に配置され、かつ印刷材料(2)のジェットが案内される環状高電圧電極(11)を示している。帯電した印刷液滴またはストランドが、リングの中心を通過し、放電領域(7)内の層(3)の最上部および成形品に当たるので、帯電した印刷液滴またはストランドは、放電される。成形品および層(3)上に形成しそして既に存在する電荷は、直ちに中性化される。高電圧電極の先端部(6)の周りを流れる方向づけられたガス流は、局所的に画定された放電領域(7)を確保する。

10

【0082】

特定の印刷プロセスのケースでは、印刷層および/または成形品は、存在するボディの上に(塗布印刷)または周囲の頂部に(埋め込み印刷)生成される。これらの存在する/外部ボディ(外来性の構成部品)が静電的に帯電されることがある場合には、印刷液滴またはストランドの偏向が、上に述べた静電効果に起因して生じることがある。これを排除するために、塗布印刷および埋め込み印刷に先立ち、イオン化電極全体が、すべての存在する電荷を中性化するために全体の印刷領域および外部ボディの全体にわたって移動される。印刷することに先立つ放電の強さおよび期間は、カバーされる表面のサイズおよび物理的特性に依存する。

20

【0083】

図3は、製造システムの上面図(27)を示している。このケースでは、印刷ヘッド(19)が、x移動軸(24)上でx方向に移動できるように配置される。位置決めユニット(26)とともに2つの軸(23、24)は、x-y平面に関する調整された移動システムを形成する。様々な印刷ノズル(1)または共焦点測定システムのレンズ(20)が、印刷ヘッド(19)のキャリアプレート(21)の上に載置される。x移動軸(24)の上にやはり堅固に載置されたものは、高電圧電極(5)およびUV光源(17)を運ぶホルダ(25)である。y移動軸(23)を移動することにより、キャリアプレート(4)上の作られている成形品(18)または外部の構成部品を放電させることが可能である。このケースでは、高電圧電極(5)は、そのイオン化領域で全ボディ(18)を横切る。

30

【0084】

図3にしたがって説明する設定および手順は、非常に帯電しやすい外来性の構成部品上の塗布印刷のケースでは極めて重要である。電気活性ポリマ(EAP)と呼ばれる高い誘電率を有するシリコンエラストマをここで、特に記述すべきである。これらの特定のシリコンエラストマは、制御された移動を生じさせるために印加した電場によって利用されることがある。薄いシリコン膜は、その表面上に導電性カソードおよびアノードをここでは設けられる。システム設定は、キャパシタの設定と同様である。静電気力は、結果的にシリコン膜の圧縮をもたらし、シリコン膜は横方向の機械的な動きを受ける。この動きの制御された利用により、アクチュエータを作ることが可能である。この効果は、反対にやはり利用されることがあり、エネルギー回収のためにまたはセンサ技術のために利用されることが可能である。係るシステムのための構築のモードは、ここでは当業者には十分に良く知られている。ある種の部門では、3D印刷された構成部品との組み合わせが利用可能である。例は、ポンプ効果を有する管移植、補聴器、アクティブレンズ、アクティブ眼鏡(視覚補助)、アクティブマッサージ装具(リンパドレナージュ)、アクティブプロテーゼ、動作(歩行の困難さ、等)の支援をともなう胴体支持装具、プロテーゼおよび装具内の組み込み型センサ、高純度物質のポンプ適用、等を含む。

40

【0085】

その上、印刷した支持スケルトンへの超薄シリコン膜のボンディングまたは浸透性メンブレンとして超薄シリコン膜の直接組込みが利用される。例は、血液用の保管容器(

50

血液バッグ)、印刷した支持スケルトンを有する火傷用の創傷被覆材(フェースマスク、ボディモルディング、等)およびコールドプラズマ(プラズマ消毒)と組み合わせた支持スケルトンを有する創傷被覆材をここでは含む。

【0086】

上の段落で既に記述したように、外部から付加した物品、特にシリコン物品は、静電的に帯電されるようになる。この効果は、電気活性ポリマ(EAP)または超薄シリコン膜のケースでは高められた程度に観察される。外部シリコン物品の位置決め先立ち、作業領域の全体にわたりイオン化電極を動かすこと、そして事前に外部EAPまたはシリコン物品を中性化させることが、ここではこのように必要である。これは、本発明にしたがってプリンタに据え付けられたイオン化システムを用いて行われることが可能である。

10

【0087】

シリコンエラストマを用いる3D印刷では、エッジ層または外来性の構成部品のボンディングおよび相互融合ならびにノまたは完全な濡れは、極めて重要である。特に比較的大きな構成部品の印刷のケースでは、特定の印刷ストラテジが、印刷時間を短縮できる。このケースでは、しかしながら、形状適合した方式で埋め込まなければならないエッジ層の出現の増加がある。しかしながらシリコンエラストマの粘性は、迅速で信頼性の高い濡れまたは弛緩(セルフレベリング/溶化)のために常に最適であるとは限らない。外来性の構成部品上の印刷のケースでは、アンダーカット(空隙、非常に粗い表面、穴、等)を有する表面上の従来の印刷(ジェットイング、ディスペンシング)は、いくつかのケースでは問題があり不適切である。陰になった凹部、垂直のテクスチャ加工のエッジおよびアンダーカットは、構築目的のために要求されるように、上方から来る液滴またはストランドによっては埋められない。代わりに、シリコンエラストマは、ここでは横から材料エッジまで弛緩し(流れ)なければならず、そして材料エッジを濡れさせなければならない。これは、いくつかのケースでは、プリンタにとってかなりの待ち時間または受け入れられないアイドル時間にのみ関係付けられる。大きな弛緩量または長い弛緩経路は、長い自己弛緩時間 t_s を生じさせる。ボディおよびノまたは印刷材料が帯電されているときでさえ、妥当な濡れが妨げられる(非常に大きな i の結果として非常に大きな e_f)。様々な印刷法および拡張が、これを補うために以降に説明される。

20

【0088】

フィル印刷法および振動弛緩:

本発明による3D印刷法の具体的な実施形態は、フィル印刷法である。これは、多数の印刷ストラテジおよび方法の組み合わせで比較的大きなボディを生成する。この方法では、外側境界が通常のジェットイング法またはディスペンシング法により印刷され、そして中空の内部が引き続いて埋められる。フィリングは、ディスペンシング法に似た移動ストラテジによって実行される。内部は、任意の所望の点から点毎にまたはストランド毎に埋められる。フィリングおよびフィリングストラテジでは、壁領域を適切に濡らすことが保証されなければならない。これは、ストランド毎の印刷のケースでは特に重要なものである。高い粘性を有する大きなストランド(直径 $> 1\text{ mm}$)または大きな液滴(直径 $> 1\text{ mm}$)は、エッジ領域(固体/フィリング材料遷移部)のところで空気のトラッピングを生じさせる材料フロントの形成という結果になり得る。その上、弛緩は、ある時間期間を必要とする。印刷材料の粘性を下げることでこの期間を短縮することが可能であるはずであるが、これは、同じ質量で置かれたボクセルがエッジ領域のところでより早く変形し拡散するという欠点を有する。明確な方式で上に述べた効果に影響を与える1つの方法は、機械的振動を印刷ボディにかけることである(v_{ibr} による e_{ff} の低減)。振動は、より早いレベリングを確実にし、最適化したフィリングストラテジが与えられると、エッジ領域の最適な濡れをもたらす。振動を発生させるためのピエゾ素子、圧縮空気振動装置または振動モータを使用することに、ここでは選択が与えられる。例は、超音波領域の標準振動発生装置を含む。例えば、機械的振動は、ホルダ(30)内に組み込まれた振動発生装置(31)によってキャリアプレート(4)へと伝達されることが可能である。図

30

40

50

5 は、イオン化、フィル印刷および弛緩を含んでいる 3D 印刷のプロセス手順を示している。振動弛緩のさらなる応用例は、支持材料上に印刷することである。支持材料のケースでは、高いジェットング周波数でまたは大きな運動エネルギーで支持材料上に印刷材料を配置することまたは置くことが、負荷に耐える支持材料表面の変形をもたらすことがある。これは続いて、支持材料に面している印刷材料の側の望まれない粗さまたは構造化をもたらす。振動弛緩の結果として、下に硬化されていない印刷材料層を有する圧縮できない支持材料は、自発的に平らになり、そしてより平坦で滑らかな相境界を形成する。

【0089】

エッジフィリング法：

エッジフィリング法によって、外来性の構成部品をその全域にわたって完全に濡らしかつインプリントすることが可能である。図 4 は、側面図 (37) でこのエッジフィリング法を示している。このケースでは、印刷ノズル (1) からの印刷液滴または印刷ストランド (2) が、固定のパターンで外来性の構成部品 (38) のそばに堆積される。放出された印刷材料 (2)、存在する印刷層 (3) および外来性の構成部品 (38) は、高電圧電極 (5) によって電氣的に中性化される。構成部品ジオメトリおよび必要条件にしたがって、外来性の構成部品は、位置決めジオメトリ (29) のところに設置される。この位置決めジオメトリ (29) は、センタリングもしくは固定のためにおよび/またはスペーサとして使用されることが可能である。堆積した印刷材料 (32) は、機械的振動によって弛緩され、線 (33) および (34) にしたがって材料フロントを形成する。これが、横からシリコンを流すことによって完全に濡れる状態で外来性の構成部品の周りのエリアを埋める。上記のアンダーカットまたはテクスチャ加工の表面などの横から印刷可能でない領域は、取り囲んでいるエッジから上昇性フィリングによってシリコンエラストマに最適に結合される。高電圧電極 (5) によるエッジ面 (28) での外来性の構成部品 (38) および印刷材料 (2) の完全な電氣的な中性化は、ここでは極めて重要である。側面のところのおよび/または堆積した印刷材料 (32) を局所的に帯電させるケースでは、外来性の構成部品 (38) のエッジ (28) までの印刷材料 (32) の所望の弛緩が妨げられ、空気含有物が形成しうる。イオン化領域 (7) は、外来性の構成部品 (38) のすべてのエッジ領域 (28) をしたがってカバーしなければならず、印刷材料 (2) を恒久的に取り囲まなければならない。位置決めし弛緩させた印刷材料を硬化させることが、所望の硬化ストラテジにしたがった放射により再び行われる。機械的振動は、キャリアプレートのホルダ (30) へと組み込まれた振動発生装置 (31) によりキャリアプレート (4) へと伝達されることが可能である。共焦点高さ測定によって、材料フロント (33)、(34) および (35) は、測定されることが可能であり、平坦なフロント (表面) のためにまだ必要とする印刷材料が、計算されることが可能である。最後に、最上部の印刷フロント (36) が、基準平面として取られ、必要なフィリング体積がフロント (36) および構成部品の上端部について計算され、そしてまだ必要とされる印刷材料が、適切なスキームにしたがって量および場所の点から配置される。

【0090】

本発明の下記の利点は、先行技術に対して明らかである：

- (1) シリコンエラストマを用いる 3D 印刷における静電効果の補償
- (2) 3D 印刷の前および期間中に外来性の構成部品の脱イオン化
- (3) 1つのステップにおける放電 (イオン化) と UV 硬化との組み合わせ
- (4) 印刷材料のより迅速で、定義されかつ完全な弛緩のための振動の取込み
- (5) フィル印刷法の助けを借りて、特にエッジフィリング法の助けを借りてアンダーカットおよび/またはテクスチャ加工の表面を有する帯電可能なまたは帯電できない構成部品のインプリンティング。

【0091】

(例)

高電圧電極および下流の水冷式 UV - LED パーを有する本発明による製造システムにおける本発明にしたがった方法についての具体的な例の説明が続く。印刷空間は、完全に

閉じられ、安全スイッチ付きのハッチを介してのみ出し入れ可能である。イオン化は、印刷動作の開始でアクティブ化され、印刷動作の終わりに非アクティブ化される。プロセス手順は、図5に示した手順に対応する。イオン化は、5000Vに至るまでの範囲内の50Hz AC電圧により行われる。イオン化システムは、直接接触が作業員に対して何のリスクをも構成しないように設計されている。可能性のある迷走電流は、システムが使用にとって安全であるように分類される程度($< 0.05\text{mA}$)まで最小化される。その上、印刷プロセス中のスイッチ-オンおよびオフならびにドア回路が、不快な電気ショックの可能性を回避する。イオン化の結果として形成されたオゾンは、プリンタから直接外へ導かれ、そのためプリンタの周りの作業空間の曝露が回避される。イオン化電極は、プリンタのxアクチュエータに固定方式で接続され、したがって印刷ノズルから常に同じ距離のところにある。組み立てたシステム内での最適な距離は、約30mmである。飛行中の液滴のより優れたイオン化のために、イオン化ロッドが、印刷ノズルに対して 25° から 35° までの範囲内で傾けられる。イオン化バーを越えたところにあるUV-LEDバーは、使用されたシリコンエラストマを硬化させるように働く。UV-LEDバーは、印刷動作中には非アクティブ化され、硬化動作の間だけアクティブ化される。すべての個々の層の印刷の後で、UV硬化プロセスが行われる。UV-LEDバーは、ここでは構成部品表面の上方の低い高さのところをx方向に移動する。このケースでは、イオン化バーは、完全な印刷品の完全に全体にわたって同様に移動する。その結果、完全な脱イオン化および硬化がすべての個々の層の印刷の後で1つの動作で行われる。印刷空間へのアクセスドアが開けられると、UV-LEDバーは、安全スイッチにより同様に非アクティブ化される。UV不透明Makrolonから作られた印刷空間ハウジングは、UV放射による環境の汚染を防止する。キャリアプレートの機械的振動は、印刷プロセス中に据え付けられた共焦点測定システムにより認識され、必要であれば、印刷プロセスは、キャリアプレートの過剰な振動の場合には中断されるまたは終わらせられる。これは、印刷領域内の印刷プレートへの、作業員の機械的な侵入の認識のための安全対策としても使用される。

【符号の説明】

【0092】

- 1 印刷ノズル(例えば、ジェットイング弁またはディスペンシング適用ユニット)
- 2 (例えば、示したような液滴の形態のまたは押し出されたストランドの形態の)印刷材料
- 3 成形品の(個々の)層
- 4 キャリアプレート
- 5 イオン化システムの高電圧電極(例えば、ロッド形状のイオン化電極)
- 6 イオン化システムの高電圧電極の先端部
- 7 イオン化領域(放電領域)
- 10 約 30° だけ傾いた縦の電極を有する製造システムの側面図
- 11 環状高電圧電極(イオン化電極)
- 15 リング電極を有する製造システムの側面図
- 17 UV光源
- 18 付加的に製造した成形品または外来性の構成部品
- 19 印刷ヘッド
- 20 (共焦点測定ユニットの)共焦点レンズ
- 21 x軸のキャリアプレート移動キャリッジ
- 23 y移動軸(例えば、リニアモジュール)
- 24 x移動軸(例えば、リニアモジュール)
- 25 ホルダ(例えば、UVソースおよび/またはイオン化電極および/または共焦点レンズ用の堅固なホルダ)
- 26 位置決めユニット(例えば、センサ付きのステップモータ)
- 27 製造システムの上図
- 28 外来性の構成部品のエッジ領域

10

20

30

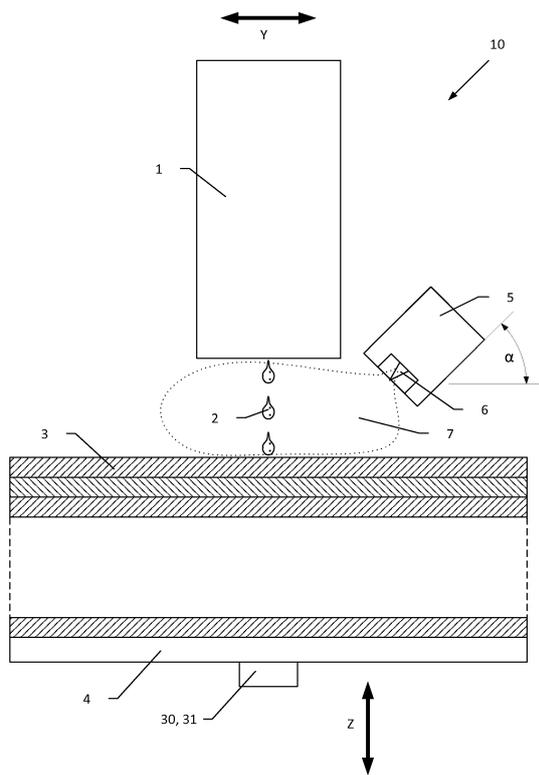
40

50

- 2 9 支持および位置決めジオメトリ
- 3 0 キャリアプレートのホルダ
- 3 1 振動発生装置
- 3 2 (例えば、ストランドまたは液滴の形態の) 堆積した印刷材料
- 3 3 材料フロント 1 (ほんの少しの弛緩)
- 3 4 材料フロント 2 (増加する弛緩)
- 3 5 材料フロント 3 (進んだ弛緩)
- 3 6 (成形品の上側に対応する) 最上部の印刷した材料層のフロント
- 3 7 エッジフィリング法の動作中の製造システムの側面図
- 3 8 外来性の構成部品

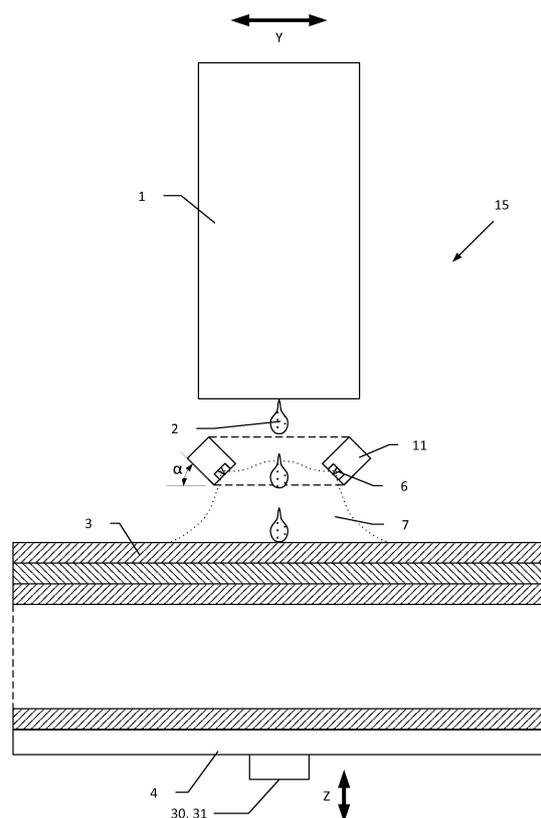
【図 1】

Figur 1



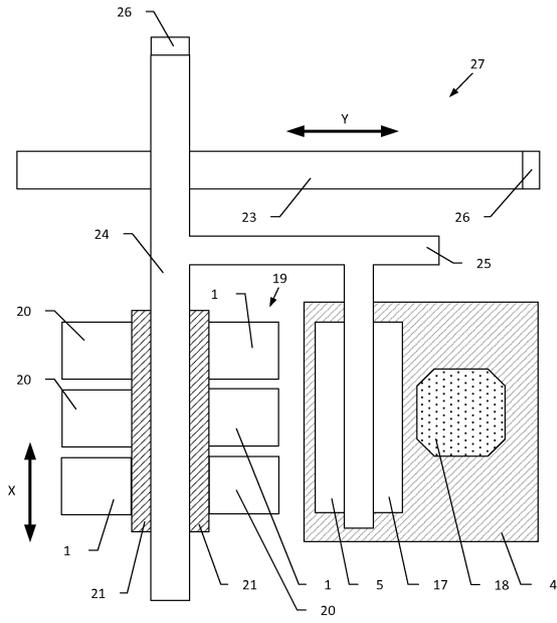
【図 2】

Figur 2



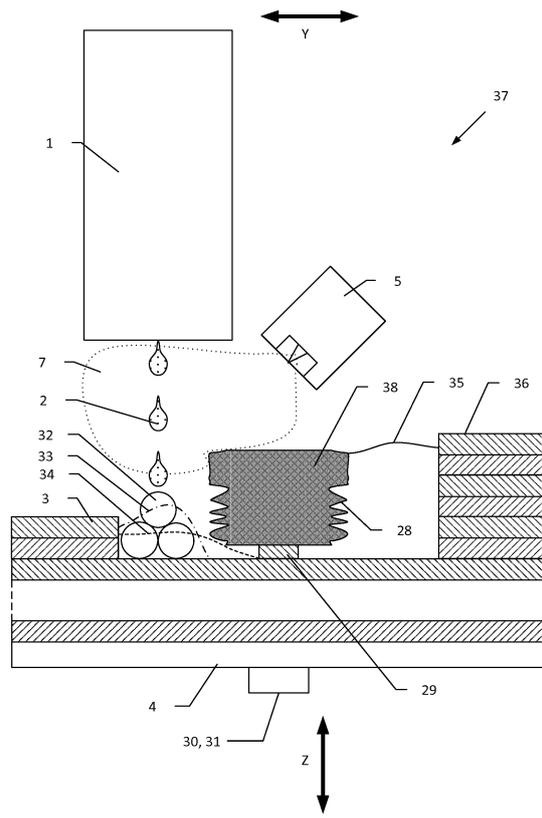
【図3】

Figur 3



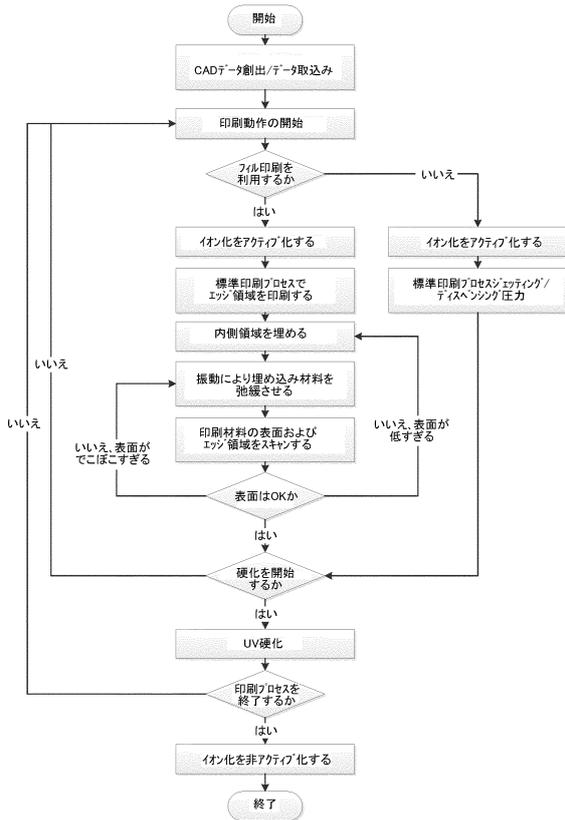
【図4】

Figur 4



【図5】

Figur 5



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
B 3 3 Y 30/00 (2015.01) B 3 3 Y 30/00
B 2 9 K 83/00 (2006.01) B 2 9 K 83:00

(72)発明者 ドルマイアー, ジークフリート
ドイツ国、9 4 1 6 6 ・シュトゥーベンベルク、ツィーゲルシュターデル・1 0
(72)発明者 ゼルベルティンガー, エルンスト
ドイツ国、8 4 4 8 9 ・ブルクハウゼン、ニーダーンバーク・1 0 ・エフ

審査官 来 田 優来

(56)参考文献 国際公開第2 0 1 6 / 0 7 1 2 4 1 (W O , A 1)
特開平 1 1 - 3 4 2 5 4 2 (J P , A)
特開2 0 1 6 - 1 1 2 5 6 0 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
B 2 9 C 6 4 / 0 0 - 6 4 / 4 0 , 6 7 / 0 0
B 3 3 Y 1 0 / 0 0 - 9 9 / 0 0
B 2 9 K 8 3 / 0 0