

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号

特表2022-549914

(P2022-549914A)

(43)公表日 令和4年11月29日(2022.11.29)

(51)国際特許分類

F I

テーマコード (参考)

B 2 9 C 64/153 (2017.01)

B 2 9 C 64/153

4 F 2 1 3

B 2 9 C 64/40 (2017.01)

B 2 9 C 64/40

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全29頁)

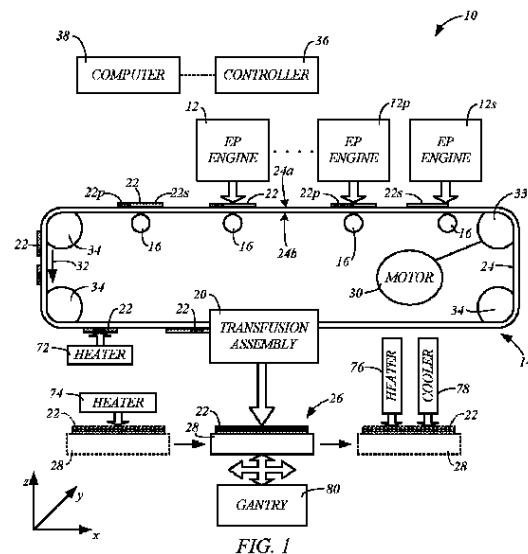
(21)出願番号 特願2022-519456(P2022-519456)
 (86)(22)出願日 令和2年9月30日(2020.9.30)
 (85)翻訳文提出日 令和4年5月10日(2022.5.10)
 (86)国際出願番号 PCT/US2020/053563
 (87)国際公開番号 WO2021/067450
 (87)国際公開日 令和3年4月8日(2021.4.8)
 (31)優先権主張番号 62/908,087
 (32)優先日 令和1年9月30日(2019.9.30)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 米国(US)
 (81)指定国・地域 AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA
 ,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(
 AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,A
 T,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR
 ,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,
 最終頁に続く

(71)出願人 520233249
 エボルブ アディティブ ソリューション
 ズ, インコーポレイテッド
 アメリカ合衆国 5 5 3 4 3 ミネソタ
 ミネトンカ ロウランド ロード 5 6 0 0
 スイート 1 8 0
 (74)代理人 110000796弁理士法人三枝国際特許事
 務所
 (72)発明者 バッチェルダージェイ. サミュエル
 アメリカ合衆国 1 0 5 8 9 ニューヨー
 ク サマーズ キャンベル ドライブ 2
 (72)発明者 ブルグ マニシュ
 アメリカ合衆国 5 5 4 1 4 ミネソタ
 ミネアポリス サウススイスト ブルック
 アベニュー 1 2 2 0 ユニット 1 1 7
 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 表面仕上げが改善された付加製造システム及び方法

(57)【要約】

本明細書における実施形態は3Dプリントに関する。
 一実施形態では、選択的トナー電子写真プロセス(「STEP」)を使用して物品をプリントする方法は、部品材料及びサポート材料の複数の層を連続して堆積させることであって、層は第1の平面に略平行して堆積し、a)部品材料及びサポート材料の複数の層は、第1の平面に垂直する方向に延び、b)部品材料及びサポート材料の層の少なくとも幾つかは、互いから分離されて、層内に部品材料とサポート材料との間にギャップを形成する、連続して堆積させることと、部品材料及びサポート材料の一部分が部品材料とサポート材料との間のギャップに流入して少なくとも部分的にギャップを充填するように、部品材料及びサポート材料に熱及び圧力を印加することを含む。



10

20

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

選択的トナー電子写真プロセスを使用して物品をプリントする方法であって、

部品材料及びサポート材料の複数の層を連続して堆積させることであって、前記層は第 1 の平面に略平行して堆積し、

a) 前記部品材料及び前記サポート材料の複数の層は、前記第 1 の平面に垂直する方向に延び、

b) 前記部品材料及び前記サポート材料の層の少なくとも幾つかは、前記第 1 の平面において互いから分離されて、層内に部品材料とサポート材料との間にギャップを形成する、連続して堆積させることと、

前記部品材料及び前記サポート材料の複数の層の少なくとも幾つかの間にエッジ強化層を堆積させることであって、前記エッジ強化層は、前層の前記ギャップに隣接して選択的にプリントされる部品材料の層又はサポート材料の層を含む、堆積させることと、

前記部品材料及び前記サポート材料の一部分が前記部品材料と前記サポート材料との間の前記ギャップに流入して少なくとも部分的に前記ギャップを充填するように、前記部品材料及び前記サポート材料に熱及び圧力を印加することと、を含む方法。

【請求項 2】

前記第 1 の平面は X-Y 平面を含む、請求項 1 及び 3～13 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 3】

前記ギャップ内の前記部品材料又は前記サポート材料のフローベクトルの少なくとも一部分は、前記第 1 の平面外の成分を含む、請求項 1 又は 2 及び 4～13 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 4】

前記エッジ強化層のプリントされる総部品材料又はサポート材料は、前記ギャップの容積に略等しい体積を有する、請求項 1～3 及び 5～13 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 5】

前記エッジ強化層は平均で 2 層ごと、3 層ごと、4 層ごと、5 層ごと、6 層ごと、7 層ごと、8 層ごと、9 層ごと、又は 10 層ごとに堆積する、請求項 1～4 及び 6～13 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 6】

前記エッジ強化層は平均幅 5～15 ピクセルを有する、請求項 1～5 及び 7～13 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 7】

前記部品領域と前記サポート領域との間の前記ギャップの前記平均幅は 6～12 ピクセルである、請求項 1～6 及び 8～13 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 8】

前記ギャップは幅 6～12 ピクセルで、前記エッジ強化層の前記平均幅は幅 10～20 ピクセルである、請求項 1～7 及び 9～13 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 9】

前記部品材料と前記サポート材料との間の前記ギャップの前記平均幅は 5～25 ピクセルである、請求項 1～8 及び 10～13 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 10】

構築面を再加熱し、圧縮し、再冷却して、前記ギャップを消失させ、前記部品領域面を徐々に平滑化させることを更に含む請求項 1～9 及び 11～13 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 11】

垂直部品面の表面粗度は 8 μm 未満である、請求項 1～10 及び 12～13 のいずれか一項に記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 1 2】

垂直部品面の表面粗度は $4\text{ }\mu\text{m}$ 未満である、請求項 1 ～ 1 1 及び 1 3 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 1 3】

垂直部品面の表面粗度は $2\text{ }\mu\text{m}$ 未満である、請求項 1 ～ 1 2 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 1 4】

選択的トナー電子写真プロセスを使用して物品をプリントする方法であって、

部品材料及びサポート材料の複数の層を連続して堆積させることであって、前記層は $X-Y$ 平面に略平行して堆積し、

a) 前記部品材料及び前記サポート材料の複数の層は、 $X-Y$ 平面に垂直な Z 方向に延び、

b) 前記部品材料及び前記サポート材料の層の少なくとも幾つかは、前記 $X-Y$ 平面において互いから分離されて、層内に部品材料とサポート材料との間にギャップを形成する、連続して堆積させることと、

前記部品材料及び前記サポート材料の複数の層の少なくとも幾つかの間にエッジ強化層を堆積させることであって、前記エッジ強化層は、前層の前記ギャップに隣接して選択的にプリントされる部品材料の層及び／又はサポート材料の層を含む、堆積させることと、

前記部品材料及び前記サポート材料の一部分が前記部品材料と前記サポート材料との間の前記ギャップに流入して少なくとも部分的に前記ギャップを充填するように、前記部品材料及び前記サポート材料に熱及び圧力を印加することと、を含む方法。

【請求項 1 5】

前記部品材料及び／又はサポート材料の少なくとも一部分は、前記ギャップ内で前記 $X-Y$ 平面に対して垂直な成分を有する Z 方向において上方に流れる、請求項 1 4 及び 1 6 ～ 2 6 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 1 6】

前記部品材料又は前記サポート材料の少なくとも一部分は、前記 $X-Y$ 平面外のフローベクトル成分を有する、請求項 1 4 又は 1 5 及び 1 7 ～ 2 6 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 1 7】

前記エッジ強化層の総部品材料又はサポート材料は、前記ギャップの体積に略等しい体積を有する、請求項 1 4 ～ 1 6 及び 1 8 ～ 2 6 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 1 8】

前記エッジ強化層は平均で 2 層ごと、3 層ごと、4 層ごと、5 層ごと、6 層ごと、7 層ごと、8 層ごと、9 層ごと、又は 1 0 層ごとに堆積する、請求項 1 4 ～ 1 7 及び 1 9 ～ 2 6 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 1 9】

前記エッジ強化層は平均幅 5 ～ 1 5 ピクセルを有する、請求項 1 4 ～ 1 8 及び 2 0 ～ 2 6 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 2 0】

前記部品領域と前記サポート領域との間の前記ギャップの前記平均幅は 6 ～ 1 2 ピクセルである、請求項 1 4 ～ 1 9 及び 2 1 ～ 2 6 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 2 1】

前記ギャップは幅 6 ～ 1 2 ピクセルであり、前記エッジ強化層の前記平均幅は幅 1 0 ～ 2 0 ピクセルである、請求項 1 4 ～ 2 0 及び 2 2 ～ 2 6 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 2 2】

前記部品材料と前記サポート材料との間の前記ギャップの前記平均幅は 5 ～ 2 5 ピクセルである、請求項 1 4 ～ 2 1 及び 2 3 ～ 2 6 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 2 3】

10

20

30

40

50

構築面を再加熱し、圧縮し、再冷却して、前記ギャップを消失させ、前記部品領域面を徐々に平滑化させることを更に含む請求項 14～22 及び 24～26 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 24】

垂直部品面の表面粗度は $8\text{ }\mu\text{m}$ 未満である、請求項 14～23 及び 25～26 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 25】

垂直部品面の表面粗度は $4\text{ }\mu\text{m}$ 未満である、請求項 14～24 及び 26 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 26】

垂直部品面の表面粗度は $2\text{ }\mu\text{m}$ 未満である、請求項 14～25 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 27】

選択的トナー電子写真プロセスを使用して物品をプリントする方法であって、部品材料及びサポート材料の複数の層を連続して堆積させることであって、前記層は X-Y 平面に略平行して堆積し、

a) 前記部品材料及び前記サポート材料の複数の層は、X-Y 平面に垂直な Z 方向に延び、

b) 前記堆積した部品材料及びサポート材料の層の少なくとも幾つかは、X 又は Y 方向において互いからオフセットされて、前記部品材料の層と前記サポート材料の層との間に部品材料及びサポート材料が略ないギャップを形成し、前記部品材料及び前記サポート材料の質量は、熱及び圧力の印加前、前記ギャップから離れた場所よりも前記ギャップに隣接する場所で高い、連続して堆積させることと、

前記部品材料及び前記サポート材料の一部が前記部品材料と前記サポート材料との間の前記ギャップに流入して少なくとも部分的に前記ギャップを充填するように、前記部品材料及び前記サポート材料に熱及び圧力を印加することと、を含む方法。

【請求項 28】

前記部品材料及び前記サポート材料の複数の層の少なくとも幾つかの間にエッジ強化層を堆積させることを更に含み、前記エッジ強化層は、前記ギャップに隣接して選択的にプリントされる部品材料の層又はサポート材料の層を含む、請求項 27 及び 29～35 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 29】

前記エッジ強化層は 2 層ごと、3 層ごと、4 層ごと、5 層ごと、6 層ごと、7 層ごと、8 層ごと、9 層ごと、又は 10 層ごとに堆積する、請求項 27 又は 28 及び 30～35 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 30】

前記エッジ強化層は平均幅 5～15 ピクセルを有する、請求項 27～29 及び 31～35 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 31】

前記部品領域と前記サポート領域との間の前記ギャップの前記平均幅は 6～12 ピクセルである、請求項 27～30 及び 32～35 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 32】

前記ギャップは 8～12 ピクセルの幅を形成し、前記エッジ強化層の前記平均幅は幅 10～20 ピクセルである、請求項 27～31 及び 33～35 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 33】

前記部品材料と前記サポート材料との間の前記ギャップの前記平均幅は 5～25 ピクセルである、請求項 27～32 及び 34～35 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 34】

10

20

30

40

50

構築面を再加熱し、圧縮し、再冷却して、前記ギャップを消失させ、前記部品領域面を徐々に平滑化させることを更に含む請求項 27～33 及び 35 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 35】

垂直部品面の表面粗度は 8 μm 未満である、請求項 27～34 のいずれか一項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願は、各国での指定出願人である米国国内企業 *Evolve Additive Solutions, Inc.* 及び各国での指定発明者である米国市民 *J. Samuel Batchelder*、米国市民 *Manish Boorugu*、米国市民 *Andrew Rice* の名において 2020 年 9 月 30 日付けで PCT 国際特許出願として出願されており、2019 年 9 月 30 日付けで出願された米国仮特許出願第 62/908,087 号明細書の優先権を主張するものであり、その内容は全体的に、参照により本明細書に援用される。

10

【0002】

本明細書における実施形態は、三次元プリント部品を形成する方法及びシステムに関し、特に表面仕上げが改善されたプリント部品に関する。

【背景技術】

20

【0003】

付加製造システムは、1つ又は複数の付加製造技法を使用して部品のデジタル表現から 3D 部品を構築するのに使用される。商業的に利用可能な付加製造技法の例には、押し出しベースの技法、インクジェット、選択的レーザ焼結、粉体／バインダー噴射、電子ビーム溶融、及びステレオリソグラフィプロセスがある。これらの各技法で、3D 部品のデジタル表現はまず、複数の水平層にデジタル的にスライスされる。スライスされた各層で、ツールパスが次いで生成され、これは、所与の層を形成するために特定の付加製造システムに命令を提供する。

【0004】

1つの特に望ましい付加製造方法は、選択的トナー電子写真プロセス (STEP) 付加製造であり、高速で高品質な 3D 部品の生成を可能にする。STEP 製造は、転写媒体 (例えば回転可能なベルト又はドラム) によって電子写真 (EP) エンジンから運ばれる熱可塑性材料の層を塗布することによって実行される。層は次いで構築プラットフォームに移されて、3D 部品 (又はサポート構造) を層ごとにプリントし、連続層が一緒に定着して、3D 部品 (又はサポート構造) を生成する。層は X-Y 平面に置かれ、後続層が、X-Y 平面に垂直な Z 軸において互いに重ねられて位置決めされる。

30

【0005】

サポート材料は時に、部品材料を堆積させるものと同じ堆積技法を利用して構築される。サポート層又はサポート構造は多くの場合、部品材料自体で支持されない、構築中の部品の張り出し部分の下又はキャビティ内に構築される。作製中、部品材料はサポート材料に付着し、プリントプロセスが完了したとき、サポート材料は続けて、完成した 3D 部品から除去可能である。典型的な STEP プロセスでは、部品材料及びサポート材料の層は、共通の X-Y 平面において互いの隣に堆積する。部品材料及びサポート材料のこれらの層は各々、Z 軸に沿って互いに重ねて構築されて (部品材料の層が部品材料の他の層の上に構築され、サポート材料の層がサポート材料の他の層の上に構築される)、部品材料及びサポート材料の両方を含む複合部品を作り出す。

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

STEM 堆積は非常に高品質の部品を生成することができるが、それでもなお、更によ

50

い部品を形成することが望ましい。例えば、幾つかの実施態様では、改善された表面仕上げ、特により平滑な表面特徴等のよりよい表面特性を有することがなお望ましい。より平滑な表面等の改善された表面仕上げへの要望は、著しいZ軸成分を有する表面等のX-Y平面外の表面に関して特に当てはまり、なぜならば、これらの表面は時に、平滑な表面仕上げを得ることが最も難しいためである。著しいZ軸成分を有するこれらの表面は多くの場合、サポート材料と併せて形成され、したがって、サポート材料が部品の形成に使用される、仕上げが改善された表面が望ましい。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本願は、選択的トナー電子写真プロセス（STEP）を使用して物品をプリントする方法に関する。本方法は、部品材料及びサポート材料の隣接層間にギャップ（溝又は谷とも呼ばれる）を形成することと、次いで圧力及び熱を印加して、部品材料及びサポート材料の幾らかをギャップ内に移すことを含む。部品材料及びサポート材料は、ギャップに流入するにつれて一緒にになり、通常、これを行わない場合に得られるよりも平滑な改良された表面を形成する。この改良の一部は、本明細書では強化層と呼ばれる材料の部分層をギャップに隣接して堆積させることの結果である。これらの強化層は、ギャップに隣接した材料（部品及びサポートの両方）の量を増大させる。

【0008】

圧力がz軸（又は層に垂直な別の軸）から印加されるにつれて、これらの強化層は、その圧力をそれらの下の層に伝達するように機能する。したがって、これらの下層（及び強化層自体）を形成する材料は、増大した圧力下であり、それにより種々の実施形態では、材料の幾らかの下方流と共に材料の水平な流れ（x及びy方向）は強化層に隣接したギャップに流入することになる。ギャップに入ると、材料はギャップ内で上方に流れる。なお、他の実施態様では、層は上述したように同じ向きでは形成されないが、材料がギャップに流入して表面仕上げを改善するのと同じ原理を観測することができる。

【0009】

したがって、形成中、定着ローラによって印加される等の複合物の上部からの圧力は、強化層を有する領域に蓄積される圧力を増大させる。圧力増大は、ギャップへの材料（通常、部品材料及びサポート材料の両方）の水平引波を生じさせる。ギャップは底から徐々に材料で充填され、ギャップへの材料の新しい流れは、（z軸）において少なくとも部分的に上向きの流れ方向を有する。部品材料及びサポート材料のこの上向きの流れは、部品材料とサポート材料との間の境界面を平滑にし、それにより、より平滑な仕上げの部品を形成する。

【0010】

したがって、一実施形態例では、ギャップに沿った材料の強化壁は、定着ローラによって巻かれるとき、下に動くピストンのように有効に機能的である。ギャップのすぐ外の部品材料及びサポート材料がまず下に押される。ギャップ側壁の上部が下に押されるにつれて、トレンチ側壁の上部の下にある材料は引波で側壁をギャップ中に強制的に動かす。「引波」は、幾らかの下方流も伴う、材料としての表面下の主な水平流を指す。材料が対向するギャップ壁の下から出るにつれて、部品材料及びサポート材料はギャップに流入すると共に上方に流入して、ギャップにおいて互いと合流する。幾つかの実施形態では、層及びギャップの向きがこの例で説明されるものと異なるが、同様の流れの特性及び表面改良が観測されることが理解されよう。幾つかの実施形態では、強化層の寸法が同じであり、且つ部品材料及びサポート材料の粘度が同じである場合等、この合流はギャップの中心線で生じ得る。合流すると、部品材料及びサポート材料は、ギャップの下部は既に充填されているため、ギャップの垂直上方である可能な唯一の方向に動く。一般に、ギャップが略充填されている（ギャップの上部が、側壁の上部のz軸隆起のすぐ下である）場合、流れは止まり、なぜならば、トレンチにわたる下向きの圧力が、トレンチ側壁にわたるより高い下方圧力から、引波流からの圧力降下に粘性流動抵抗を掛けたものを差し引いたものと平衡するためである。本明細書に記載のように、ギャップが堆積した構築材料の層とサポ

10

20

30

40

50

ート材料の層との間の空間であることが理解されよう。互いに重ねられた構築材料及びサポート材料の複数の層は、層間にトレンチを形成することができる（トレンチは基本的に、互いに積層された複数のギャップ層）。定着圧力が印加されると、ギャップは少なくとも部分的に（一般に大方又は完全に）、流れ込む部品材料及びサポート材料で充填される。したがって、層が堆積し、定着（後述）が生じるにつれて、ギャップ（又はトレンチ）は材料で充填される。

【0011】

したがって、特定の実施形態では、本願は、部品材料及びサポート材料の複数の層を連続して堆積させる方法に関し、層は $X-Y$ 平面（又は別の平面、本明細書では「第1の平面」と呼ぶ）に略平行して堆積する。部品材料及びサポート材料の層の少なくとも幾つかは、 $X-Y$ 平面（又は他の平面）において互いからオフセットされて、部品材料とサポート材料との間にギャップ又はトレンチを形成する。部品材料及びサポート材料の複数の層は、 $X-Y$ 平面に垂直な Z 方向又は第1の平面に垂直な別の方向）に延びる。熱及び圧力が、部品材料及びサポート材料の一部が部品材料とサポート材料との間のギャップに流入してギャップを少なくとも部分的に充填し、互いに接触するように、部品材料及びサポート材料の総合層の上面に印加される。接触領域は、サポートが除去されたとき、粗度の低下を含め、改善された表面特性を有する部品表面になる境界面を形成する。通常、ギャップへのこの流入中、部品材料及びサポート材料の少なくとも一部分は、 $X-Y$ に垂直な Z 方向において上方に流れる。幾つかの場合、ギャップは垂直ではなく、むしろ、傾き又は傾斜し（又は別の向きを有し）、その場合、部品材料及びサポート材料はそのギャップに流入するが、 $X-Y$ 平面に垂直ではないことがあり、むしろ $X-Y$ 平面に垂直な成分を含む。この上向きの流れ（又は非垂直ギャップ若しくはトレンチの場合、他の方向の流れ）の結果として、構築材料及びサポート材料の各層は、エッジ強化層からの材料を含め、熱及び圧力の印加前、厚さよりも Z 軸寸法にわたって垂直により大きく拡散する。

【0012】

一実施形態では、選択的トナー電子写真プロセスを使用して物品をプリントする方法が記載され、本方法は、部品材料及びサポート材料の複数の層を連続して堆積させることであつて、層は $X-Y$ 平面に略平行して堆積し、a) 部品材料及びサポート材料の複数の層は、 $X-Y$ 平面に垂直する Z 方向に延び、b) 部品材料及びサポート材料の層の少なくとも幾つかは、 $X-Y$ 平面において互いからオフセットされて、部品材料の層とサポート材料の層との間にギャップを形成する、連続して堆積させることと、部品材料及びサポート材料の一部が部品材料とサポート材料との間のギャップに流入して少なくとも部分的にギャップを充填するように、部品材料及びサポート材料に熱及び圧力を印加することを含み、部品材料及びサポート材料の少なくとも一部分は、 $X-Y$ 平面に垂直な Z 方向における成分を有して上方に流れる。

【0013】

一実施形態では、本方法は、部品材料及びサポート材料の複数の層の少なくとも幾つかの間にエッジ強化層を堆積させることを更に含むことができ、エッジ強化層は、ギャップに隣接して選択的にプリントされた部品材料の層又はサポート材料の層を含むことができる。

【0014】

一実施形態では、エッジ強化層のプリントされた部品材料又はサポート材料は、ギャップの体積に略等しい体積を有する。

【0015】

一実施形態では、エッジ強化層は2層ごと、3層ごと、4層ごと、5層ごと、6層ごと、7層ごと、8層ごと、9層ごと、又は10層ごとに堆積する。

【0016】

一実施形態では、エッジ強化層は平均幅5～15ピクセルを有する。

【0017】

一実施形態では、部品領域とサポート領域との間のギャップの平均幅は6～12ピクセ

10

20

30

40

50

ルである。

【0018】

一実施形態では、ギャップは6～12ピクセルの幅を形成し、エッジ強化層の平均幅は幅10～20ピクセルである。

【0019】

一実施形態では、部品材料とサポート材料との間のギャップの平均幅は5～25ピクセルである。

【0020】

一実施形態では、部品領域はギャップの第1の側を画定する第1の周縁部を形成し、サポート領域はギャップの第2の側を画定する第2の周縁部を形成する。

10

【0021】

一実施形態では、本方法は、構築面の再加熱及び再冷却を行い、ギャップを消失させ、部品領域面を徐々に平滑化することを更に含む。

【0022】

一実施形態では、垂直部品面の表面粗度は8 μm 未満である。

【0023】

一実施形態では、垂直部品面の表面粗度は4 μm 未満である。

【0024】

一実施形態では、垂直部品面の表面粗度は2 μm 未満である。

【0025】

一実施形態では、垂直部品面の表面粗度は1.5 μm 未満である。

20

【0026】

定義

別記される場合を除き、本明細書で使用される以下の用語は以下に提供される意味を有する。

【0027】

「コポリマー」という用語は、2つ以上のモノマー種を有するポリマーを指す。

【0028】

「好ましい」及び「好ましくは」という用語は、特定の状況下で特定の恩恵を提供し得る本開示の実施形態を指す。しかしながら、同じ又は他の状況下で他の実施形態が好ましいこともある。更に、1つ又は複数の好ましい実施形態という記載は、他の実施形態が有用ではないことを暗示せず、他の実施形態を本開示の範囲から除外することを意図しない。

30

【0029】

「1つの(a)」化学化合物への言及は、化学化合物の単一分子に限定されるのではなく、化学化合物の1つ又は複数の分子を指す。更に、1つ又は複数の分子は、その化学化合物のカテゴリに入る限り、同一であってもよく、又は同一でなくてもよい。

【0030】

「少なくとも1つ」の要素及び要素「の1つ又は複数」という用語は同義で使用され、1つの要素及び複数の要素を含む同じ意味を有し、要素の末尾における接尾辞「(s)」によって表すこともできる。

40

【0031】

「上」、「下」、「上部」、「下部」等の方向向きは、3D部品のプリント軸に沿った方向を参照してなされている。プリント軸が垂直z軸である実施形態では、層プリント方向が垂直z軸に沿った上向き方向である。これらの実施形態では、「上」、「下」、「上部」、「下部」等の用語は、垂直z軸に基づく。しかしながら、3D部品の層が異なる軸に沿ってプリントされる実施形態では、「上」、「下」、「上部」、「下部」等の用語は所与の軸に相対する。

【0032】

「約」及び「略」という用語は本明細書では、当業者に既知の予期されるばらつき(例

50

えば測定における限界及び変動)に起因して測定可能な値又は範囲に関して使用される。

【0033】

「材料を提供する」等の「提供する」という用語は、特許請求の範囲に記載されるとき、提供される物品のいかなる特定の送達又は受け取りの必要も意図しない。むしろ、「提供する」という用語は単に、明確化且つ読みやすさを目的として、請求項の後続要素において参照される項目の記載に使用される。

【0034】

「選択的堆積」という用語は、熱及び圧力を利用して粒子の1つ又は複数の層が前に堆積した層と経時的に融合する付加製造技法を指し、ここで、粒子は一緒に融合して、部品の層を形成すると共に、前にプリントされた層と融合もする。

【0035】

「静電複写」という用語は、部品、指示構造、又は両方の層の像を表面上に形成するための静電潜像パターンの形成及び利用を指す。静電複写は、限定されないが、光学エネルギーを使用して潜像を形成する電子写真法、イオンを使用して潜像を形成するイオノグラフィ、及び／又は電子を使用して潜像を形成する電子ビームイメージングを含む。

【0036】

「弾性材料」及び「流動性材料」という用語は、3D部品及びサポートのプリントに使用される別個の材料を記述する。弾性材料は、流動性材料と比較して高い粘度及び／又は貯蔵弾性率を有する。

【0037】

別記される場合を除き、本明細書で参照される圧力は、大気圧（すなわち1気圧）に基づく。

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】本開示の実施形態による、部品材料及びサポート材料から3D部品及びサポート構造をプリントする例示的な電子写真ベースの付加的製造システムの概略正面図である。

【図2】本開示の実施形態による、部品材料及びサポート材料の層を現像するシステムの一対の電子写真エンジンの概略正面図である。

【図3】本開示の実施形態による、中間ドラム又はベルトを含む代替の電子写真エンジンの概略正面図である。

【図4】本開示の実施形態による、現像層との層定着ステップを実行するシステムの層定着組立体の概略正面図である。

【図5】部品材料及びサポート材料の層を含む理想化された多層複合物の概略図である。

【図6】サポート材料除去後の部品材料の層を含む理想化された多層複合物の概略図である。

【図7】部品材料及びサポート材料の層を含む多層複合物の概略図である。

【図8】サポート材料除去後の図7の部品材料の層を含む多層複合物の概略図である。

【図9】部品材料及びサポート材料の層を含む多層複合物の簡易概略図である。

【図10】サポート材料除去前の図9の部品材料及びサポート材料の層を含む多層複合物の簡易概略図である。

【図11】サポート材料除去後の図10の部品材料の層を含む多層複合物の簡易概略図である。

【図12】層間のギャップを示す部品材料及びサポート材料の層を含む多層複合物の概略図である。

【図13】部品材料及びサポート材料で閉じられたギャップを示す、図12の部品材料及びサポート材料の層を含む多層複合物の概略図である。

【図14】サポート材料除去後の図13からの部品材料の層の概略図である。

【図15】一般化された材料の流れ特性を示す、複合部品の概略図である。

【図16】層間のギャップを示す、部品材料及びサポート材料の層を含む多層複合物の概略図である。

10

20

30

40

50

【図 17】本開示によるエッジ強化からの改善された表面仕上げを有する構築材料の電子顕微鏡写真である。

【図 18】材料の上向きの流れの証拠を示す、部品材料及びサポート材料の切り欠き部分の電子顕微鏡写真である。

【発明を実施するための形態】

【0039】

本開示の実施形態は、高解像度及び平滑な表面で 3D 部品及び／又はサポート構造をプリントする静電複写ベースの付加製造システム等の選択的堆積ベースの付加製造システムに関する。プリント動作中、静電複写エンジンは、静電複写プロセスを使用して部品材料及びサポート材料の各層を現像又は他の方法で像形成する。現像された層は次いで層定着組立体に転写され、そこで定着して（例えば熱及び／又は圧力を経時使用して）、1つ又は複数の 3D 部品及びサポート構造を層ごとにプリントする。

10

【0040】

図 1～図 4 は STEP 製造システムの構成要素例を示し、一方、図 5～図 20 は、表面特性が改善された 3D プリント部品を生成する方法及び技法の更なる態様を示す。図 1 は、本開示の実施形態による、選択的堆積プロセスを実行して 3D 部品及び関連するサポート構造をプリントするように構成された例示的な電子写真ベースの付加製造システム 10 の簡易図である。図 1 に示すように、システム 10 は、EP エンジン 12p 及び 12s 等の全体的に 12 と呼称される 1 つ又は複数の EP エンジンと、転写組立体 14 と、バイアス機構 16 と、定着組立体 20 とを含む。システム 10 の適した構成要素及び機能動作の例には、Hanson らによる米国特許第 8,879,957 号明細書及び同第 8,488,994 号明細書並びに Comb らによる米国特許出願公開第 2013/0186549 号明細書及び同第 2013/0186558 号明細書に開示されるものがある。

20

【0041】

EP エンジン 12p 及び 12s は、粉体ベースの部品材料及びサポート材料の、全体的に 22 と参照される層をそれぞれイメージング又は他の方法で現像するイメージングエンジンであり、部品材料及びサポート材料は各々、好ましくは、特定のアーキテクチャの EP エンジン 12p 又は 12s と併用するように工学的に設計される。後述するように、現像層 22 は転写組立体 14 の転写媒体（ベルト 24 等）に転写され、転写媒体は層 22 を定着組立体 20 に送る。定着組立体 20 は、層 22 を構築プラットフォーム 28 上に一緒に定着させることにより、サポート構造及び他の特徴を含み得る 3D 部品 26 を層ごとに構築するように動作する。

30

【0042】

幾つかの実施形態では、図 1 に示すように、転写媒体はベルト 24 を含む。転写媒体の適した転写ベルト又はベルト 24 の例には、Comb らによる米国特許出願公開第 2013/0186549 号明細書及び同第 2013/0186558 号明細書に開示されるものがある。幾つかの実施形態では、ベルト 24 は前面 24a 及び後面 24b を含み、前面 24a は EP エンジン 12 に面し、後面 24b はバイアス機構 16 に接触する。

【0043】

幾つかの実施形態では、転写組立体 14 は、例えばモータ 30 及び駆動ローラ 33 又は他の適した駆動機構を含み及び転写媒体又はベルト 24 を供給方向 32 に駆動するように操作する、1つ又は複数の駆動機構を含む。幾つかの実施形態では、転写組立体 14 は、ベルト 24 に支持を提供するアイドルローラ 34 を含む。図 1 に示す例示的な転写組立体 14 は高度に簡易化され、他の構成をとることもできる。更に、転写組立体 14 は、説明を簡易化するために示されていない追加の構成要素、例えばベルト 24 の所望の張力を維持する構成要素、層 22 を受け取る表面 24a からデブリを除去するベルトクリーナ、及び他の構成要素等を含むこともできる。

40

【0044】

EP エンジン 12s は、粉体ベースのサポート材料の層又は像部分 22s を現像し、EP エンジン 12p は、粉体ベースの部品／構築材料の層又は像部分 22p を現像する。幾

50

つかの実施形態では、EPエンジン12sは、図1に示すように、供給方向32に関してEPエンジン12pの上流に位置する。代替の実施形態では、EPエンジン12p及び12sの配置は、EPエンジン12pが供給方向32に関してEPエンジン12sの上流にあるように逆にし得る。更なる代替の実施形態では、システム10は、図1に示すように、追加の材料の層をプリントする3つ以上のEPエンジン12を含み得る。

【0045】

システム例10はコントローラ36も含み、コントローラ36は、ローカルにシステム10のメモリ又はシステム10からリモートのメモリに記憶し得る命令を実行して、本明細書に記載の1つ又は複数の機能を実行するようにシステム10の構成要素を制御するように構成された1つ又は複数のプロセッサを表す。幾つかの実施形態では、コントローラ36は、1つ又は複数の制御回路、マイクロプロセッサベースのエンジン制御システム、及び／又はデジタル制御されるラスタイメージングプロセッサシステムを含み、ホストコンピュータ38又はリモートロケーションから受信するプリント命令に基づいてシステム10の構成要素を同期して動作させるように構成される。幾つかの実施形態では、ホストコンピュータ38は、コントローラ36と通信してプリント命令（及び他の動作情報）を提供するように構成された1つ又は複数のコンピュータベースのシステムを含む。例えば、ホストコンピュータ38は、3D部品及びサポート構造のスライスされた層に関する情報をコントローラ36に転送し得、それにより、システム10が3D部品26及びサポート構造を層毎にプリントできるようにする。コントローラ36はまた、1つ又は複数のセンサからの信号を使用して、部品又は像部分22p及び／又はサポート構造又は像部分22sのプリントをベルト24上の前にプリントされた対応するサポート構造部分22s又は部品部分22pと適宜位置合わせして、個々の層22を形成することを助けることもできる。

【0046】

システム10の構成要素は、1つ又は複数のフレーム構造（簡明にするために図示せず）によって保持し得る。更に、システム10の構成要素は、動作中、システム10の構成要素が周囲光に露出されないようにする圍繞可能な筐体（簡明にするために図示せず）内に保持し得る。

【0047】

図2は、本開示の実施形態例によるシステム10のEPエンジン12p及び12sの概略正面図である。図示の実施形態では、EPエンジン12p及び12sは、導電性ドラム本体44と、感光面46とを有する感光体ドラム42等の同じ構成要素を含み得る。導電性ドラム本体44は、電氣的に接地され、シャフト48の回りを回転するように構成された導電性ドラム（例えば、銅、アルミニウム、スズ等から作製される）である。シャフト48は対応して駆動モータ50に接続され、駆動モータ50は、矢印の方向52に一定速度でシャフト48（及び感光体ドラム42）を回転させるように構成される。

【0048】

感光面46は、導電性ドラム本体44の円周面の周りに延びる薄膜でもよく、好ましくは、非晶質シリコン、セレン、酸化亜鉛、有機材料等の1つ又は複数の感光材料から導出される。後述するように、表面46は、3D部品又はサポート構造のスライス層の帯電潜像（又はネガ像）を受け取り、部品材料又はサポート材料の帯電粒子を帯電又は放電像エリアに引きつけ、それにより、3D部品又はサポート構造の層を作成するように構成される。

【0049】

更に示されるように、一例のEPエンジン12p及び12sの各々は、電荷誘導器54、イメージャ56、現像ステーション58、クリーニングステーション60、及び放電デバイス62も含み、これらは各々、コントローラ36と信号通信し得る。電荷誘導器54、イメージャ56、現像ステーション58、クリーニングステーション60、及び放電デバイス62はしたがって、表面46の像形成組立体を定義し、一方、駆動モータ50及びシャフト48は感光体ドラム42を方向52に回転させる。

【0050】

EPエンジン12の各々は、本明細書では全体的に参照文字66と参照される粉体ベース材料（例えば、高分子トナー又は熱可塑性トナー）を使用して層22を現像又は形成する。幾つかの実施形態では、EPエンジン12sの表面46の像形成組立体は、粉体ベースのサポート材料66sのサポート層22s（例えば像部分）を形成するのに使用され、そこにサポート材料66sの供給源をキャリア粒子と共に現像ステーション58（EPエンジン12sの）によって保持し得る。同様に、EPエンジン12pの表面46の像形成組立体は、粉体ベースの部品材料66pの部品層22p（例えば像部分）を形成するのに使用され、そこに部品材料66pの供給源をキャリア粒子と共に現像ステーション58（EPエンジン12pの）によって保持し得る。

10

【0051】

電荷誘導器54は、表面46が電荷誘導器54を通過して方向52に回転するにつれて、表面46上に均一な静電荷を生成するように構成される。電荷誘導器54に適したデバイスには、コロトロン、スコロトロン、帯電ローラ、及び他の静電帯電デバイスがある。

【0052】

各イメージャ56は、表面46がイメージャ56を通過して方向52に回転するにつれて、表面46上の均一な静電荷に向けて電磁放射を選択的に放射するように構成されたデジタル制御されるピクセル単位の露光装置である。表面46への電磁放射の選択的露光は、コントローラ36によって指示され、離散したピクセル単位のロケーションの静電電荷を除去（すなわち対地放電）させ、それにより、表面46上に潜像電荷パターンを形成する。

20

【0053】

イメージャ56に適したデバイスには、走査型レーザ（例えば、ガス又は固体状態レーザ）光源、発光ダイオード（LED）アレイ露光デバイス、及び2D電子写真システムで従来使用されている他の露光デバイスがある。代替の実施形態では、電荷誘導器54及びイメージャ56に適したデバイスには、荷電イオン又は電子を表面46に選択的に直接堆積させて、潜像電荷パターンを形成するように構成されたイオン堆積システムがある。

【0054】

各現像ステーション58は、キャリア粒子と共に部品材料66p又はサポート材料66sの供給源を保持する静電及び磁気現像ステーション又はカートリッジである。現像ステーション58は、2D電子写真システムで使用される一成分又は二成分現像システム及びトナーカートリッジと同様に機能し得る。例えば、各現像ステーション58は、部品材料66p又はサポート材料66s及びキャリア粒子を保持するエンクロージャを含み得る。攪拌されると、キャリア粒子は、部品材料66p又はサポート材料66sの粉体を引きつける摩擦電荷を生成し、これは、後述するように、引きつけられた粉体を所望の符号及び大きさに帯電させる。

30

【0055】

各現像ステーション58は、コンベア、ファーブラシ、パドルホイール、ローラ、及び／又は磁気ブラシ等の、帯電した部品材料66p又はサポート材料66sを表面46に転写させる1つ又は複数のデバイスを含むこともできる。例えば、表面46（帯電潜像を含む）がイメージャ56から現像ステーション58まで方向52に回転するにつれて、帯電した部品材料66p又はサポート材料66sは、帯電エリア現像又は放電エリア現像のいずれか（利用されている電子写真モードに依存する）を利用して、表面46上の潜像の適宜帯電した領域に引きつけられる。これは、感光体ドラムが方向52に引き続き回転するにつれて、連続した層22p又は22sを作成し、連続した層22p又は22sは、3D部品又はサポート構造のデジタル表現の連続したスライス層に対応する。

40

【0056】

連続した層22p又は22sは次いで、表面46と共に転写領域まで方向52に回転され、転写領域において、後述するように、層22p又は22sは感光体ドラム42からベルト24又は別の転写媒体に連続して転写される。感光体ドラム42とベルト24との直

50

接係合として示されるが、幾つかの好ましい実施形態では、更に後述するように、E P エンジン 1 2 p 及び 1 2 s は中間転写ドラム及び／又はベルトを含んでもよい。

【0057】

所与の層 2 2 p 又は 2 2 s が感光体ドラム 4 2 からベルト 2 4 (又は中間転写ドラム若しくはベルト) に転写された後、駆動モータ 5 0 及びシャフト 4 8 は、層 2 2 p 又は 2 2 s を前に保持していた表面 4 6 の領域がクリーニングステーション 6 0 を通過するように、感光体ドラム 4 2 を方向 5 2 に引き続き回転させる。クリーニングステーション 6 0 は、部品材料 6 6 p 又はサポート材料 6 6 s の残留している転写されなかったいかなる部分も除去するように構成されたステーションである。クリーニングステーション 6 0 に適したデバイスには、ブレードクリーナ、ブラシクリーナ、静電クリーナ、真空ベースのクリーナ、及びそれらの組合せがある。

10

【0058】

クリーニングステーション 6 0 を通過した後、次のサイクルの開始に先立って、表面 4 6 のクリーニングされた領域が放電デバイス 6 2 を通過して、表面 4 6 上の任意の残留静電荷をいずれも除去するように、表面 4 6 は方向 5 2 に引き続き回転する。放電デバイス 6 2 に適したデバイスには、光学システム、高電圧交流コロトロン及び／又はスコロトロン、高電圧交流が印加される導電性コアを有する 1 つ又は複数の回転誘電ローラ、及びそれらの組合せがある。

【0059】

バイアス機構 1 6 は、ベルト 2 4 を通して電位を誘導して、層 2 2 s 及び 2 2 p を E P エンジン 1 2 p 及び 1 2 s からベルト 2 4 に静電的に引きつけるように構成される。層 2 2 s 及び 2 2 p の厚さは各々、プロセスのこの時点では単層のみの増分であるため、層 2 2 p 及び 2 2 s の E P エンジン 1 2 p 及び 1 2 s からベルト 2 4 への転写には静電引力が適する。

20

【0060】

コントローラ 3 6 は好ましくは、ベルト 2 4 のライン速度及び／又は任意の中間転写ドラム又はベルトと同期される同じ回転速度で E P エンジン 1 2 p 及び 1 2 s の感光体ドラムの回転を制御する。これにより、システム 1 0 は、別個の現像器像から互いと協調して層 2 2 p 及び 2 2 s を現像且つ転写することができる。特に、示すように、層 2 2 p の各部品は、各サポート層 2 2 s と適宜位置合わせされてベルト 2 4 に転写され、結合部品及びサポート材料層又は結合イメージ層を生成し得、これは全体的に層 2 2 と呼ばれる。理解できるように、層定着組立体 2 0 に転写された層 2 2 によっては、特定のサポート構造及び 3 D 部品のジオメトリ並びに層スライスに応じて、サポート材料 6 6 s のみを含むものもあれば、又は部品材料 6 6 p のみを含むものもある。

30

【0061】

代替の実施形態では、部品層 2 2 p 及びサポート層 2 2 s は任意選択的に、層 2 2 p 及び 2 2 s を交互になど、別個にベルト 2 4 に沿って現像且つ転写し得る。これらの交互になった連続層 2 2 p 及び 2 2 s は次いで層定着組立体 2 0 に転写し得、層定着組立体 2 0 において、層 2 2 p 及び 2 2 s は別個に定着して、層 2 2 を形成し、3 D 部品 2 6 及びサポート構造をプリント又は構築し得る。

40

【0062】

更なる代替の実施形態では、E P エンジン 1 2 p 及び 1 2 s の一方又は両方は、1 つ又は複数の中間転写ドラム及び／又はベルトを感光体ドラム 4 2 とベルト又は転写媒体又はベルト 2 4 との間に含むこともできる。例えば、図 3 に示すように、E P エンジン 1 2 p は、モータ 5 0 a の回転力下で、ドラム 4 2 が回転する方向 5 2 の逆の方向 5 2 a に回転する中間ドラム 4 2 a を含むこともできる。中間ドラム 4 2 a は感光体ドラム 4 2 と係合して、感光体ドラム 4 2 から現像された層 2 2 p を受け取り、次いで受け取った現像された層 2 2 p を搬送し、ベルト 2 4 に転写する。

【0063】

E P エンジン 1 2 s は、現像された層 2 2 s を感光体ドラム 4 2 からベルト 2 4 に搬送

50

する、同じ配置の中間ドラム 4 2 a を含み得る。E P エンジン 1 2 p 及び 1 2 s へのそのような中間転写ドラム又はベルトの使用は、所望であれば、ベルト 2 4 から感光体ドラム 4 2 を熱的に分離するのに有益であることができる。

【0064】

図 4 は層定着組立体 2 0 の一実施形態を示す。示すように、例示的な定着組立体 2 0 は、構築プラットフォーム 2 8、ニップローラ 7 0、並びに定着前ヒータ 7 2 及び 7 4 を含む。幾つかの実施形態では、定着組立体は、図 1 及び図 4 に示すように、任意選択的な定着後ヒータ 7 6 及び／又は冷却器（例えば、エアジェット 7 8 又は他の冷却ユニット）を含む。構築プラットフォーム 2 8 は、加熱された結合層 2 2（又は別個の層 2 2 p 及び 2 2 s）を受け取り、部品層 2 2 p で形成された 3 D 部品 2 6 p 及びサポート層 2 2 s で形成されたサポート構造 2 6 s を含む部品 2 6 を層ごとにプリントするように構成されたシステム 1 0 のプラットフォーム組立体又はプラテンである。幾つかの実施形態では、構築プラットフォーム 2 8 は、プリントされた層 2 2 を受け取る取り外し可能なフィルム基板（図示せず）を含み得、取り外し可能なフィルム基板は、任意の適した技法（例えば真空引き）を使用して構築プラットフォームに対して拘束し得る。

【0065】

構築プラットフォーム 2 8 は、図 1 に概略的に示すように（y 軸は図 1 の紙面に入って出る軸であり、z 軸、x 軸、及び y 軸は右手の法則に従って相互に直交する）、z 軸及び x 軸（及び任意選択的に y 軸も）に沿って構築プラットフォーム 2 8 を移動させるように構成することができるガントリ 8 4 又は他の適した機構によって支持し得る。層は x-y 平面に概して平行して下に置かれ、層は z 軸に沿って互いに重ねられる。ガントリ 8 4 は、図 4 の破線 8 6 で示されるように、ニップローラ 7 0 及び他の構成要素に対して円柱形移動パターンを生成し得る。ガントリ 8 4 の特定の移動パターンは基本的に、所与の用途に適した任意の所望のパスを辿ることができる。ガントリ 8 4 は、コントローラ 3 6 からのコマンドに基づいてモータ 8 8 によって動作し得、モータ 8 8 は電気モータ、油圧システム、空気圧システム等であり得る。一実施形態では、ガントリ 8 4 は、z 及び x 軸方向（及び任意選択的に y 軸方向）の構築プラットフォーム 2 8 の移動を精密に制御する統合された機構を含むことができる。代替の実施形態では、ガントリ 8 4 は、各々が 1 つ又は複数の方向における構築プラットフォーム 2 8 の移動を制御する複数の動作可能に結合された機構を含むことができ、例えば、第 1 の機構は z 軸及び x 軸の両方に沿った移動を生み出し、第 2 の機構は y 軸のみに沿った移動を生み出す。複数の機構の使用により、ガントリ 8 4 は異なる軸に沿って異なる移動分解能を有することができる。更に、複数の機能の使用により、3 軸よりも少ない軸に沿って動作可能な既存の機構に追加の機構を追加することができる。

【0066】

図示の実施形態では、構築プラットフォーム 2 8 は加熱要素 9 0（例えば電気ヒータ）を用いて加熱可能であることができる。加熱要素 9 0 は、Comb らの米国特許出願公開第 2 0 1 3 / 0 1 8 6 5 4 9 号明細書及び同第 2 0 1 3 / 0 1 8 6 5 5 8 号明細書で考察されるように、3 D 部品 2 6 p 及び／又はサポート構造 2 6 s の所望の平均部品温度等の室温（2 5℃）よりも高い高温で構築プラットフォーム 2 8 を加熱し、その温度に維持するように構成される。これにより、構築プラットフォーム 2 8 は、3 D 部品 2 6 p 及び／又はサポート構造 2 6 s をこの平均部品温度に維持するのを助けことができる。

【0067】

ニップローラ 7 0 は、ベルト 2 4 の移動に伴って固定軸の周りを回転するように構成された加熱可能な要素又は加熱可能な層定着要素の一例である。特に、ニップローラ 7 0 は、ベルト 2 4 が供給方向 3 2 に回転する間、矢印 9 2 の方向に後面 2 2 s に当接して転がり得る。図示の実施形態では、ニップローラ 7 0 は加熱要素 9 4（例えば電気ヒータ）を用いて加熱可能である。加熱要素 9 4 は、層 2 2 に望ましい転写温度等の室温（2 5℃）よりも高い高温にニップローラ 7 0 を加熱し維持するように構成される。

【0068】

定着前ヒータ 7 2 は、ニップローラ 7 0 への到達に先立って、ベルト 2 4 上の層 2 2 を部品材料 6 6 p 及びサポート材料 6 6 s の溶融温度まで等の層 2 2 の選択された温度に加熱するように構成された 1 つ又は複数の加熱デバイス（例えば赤外線ヒータ及び／又は加熱エアジェット）を含む。各層 2 2 は望ましくは、層 2 2 を意図される転写温度まで加熱するのに十分な滞留時間にわたってヒータ 7 2 の付近を通過する（又はヒータ 7 2 を通過する）。定着前ヒータ 7 4 はヒータ 7 2 と同じように機能し得、構築プラットフォーム 2 8 上の 3 D 部品 2 6 p 及びサポート構造 2 6 s の上面を高温に加熱し、一実施形態では、接触時に熱を層に供給し得る。

【0069】

層 2 2 p 及び 2 2 s の部品材料 6 6 p 及びサポート材料及び 6 6 s は、ヒータ 7 2 を用いて実質的に同じ温度まで一緒に加熱され得、3 D 部品 2 6 p 及びサポート構造 2 6 s の上面における部品材料 6 6 p 及びサポート材料 6 6 s は、ヒータ 7 4 を用いて実質的に同じ温度と一緒に加熱され得る。これにより、部品層 2 2 p 及びサポート層 2 2 s を一緒に単一の定着ステップで結合層 2 2 として 3 D 部品 2 6 p 及びサポート構造 2 6 s の上面に定着させることができる。以下考察するように、ギャップはサポート層 2 2 s と部品層 2 2 p との間に配置することができ、熱及び圧力下で、部品材料及びサポート材料は、表面粗度が低下した改善した境界面を生成するように一緒にプレスされる。

【0070】

任意選択的な定着後ヒータ 7 6 は、ニップローラ 7 0 の下流且つエアジェット 7 8 の上流に提供し得、単一の定着後ステップで定着層 2 2 を高温に加熱するように構成される。

【0071】

上述したように、幾つかの実施形態では、部品 2 6 を構築プラットフォーム 2 8 上に構築するに先立って、構築プラットフォーム 2 8 及びニップローラ 7 0 は、それらの選択された温度に加熱し得る。例えば、構築プラットフォーム 2 8 は、3 D 部品 2 6 p 及びサポート構造 2 6 s の平均部品温度（例えばバルク温度）に加熱し得る。これと比較して、ニップローラ 7 0 は、層 2 2 に所望の転写温度又はニップ入口温度に加熱し得る。

【0072】

図 4 に更に示すように、動作中、ガントリ 8 4 は構築プラットフォーム 2 8 を（3 D 部品 2 6 p 及びサポート構造 2 6 s と共に）往復パターン 8 6 で移動させ得る。特に、ガントリ 8 4 は、ヒータ 7 4 の下、ヒータ 7 4 に沿って、又はヒータ 7 4 を通って構築プラットフォーム 2 8 を x 軸に沿って移動させ得る。ヒータ 7 4 は、部品材料及びサポート材料の転写温度等の高温に 3 D 部品 2 6 p 及びサポート構造 2 6 s の上面を加熱する。Com bらの米国特許出願公開第 2 0 1 3 / 0 1 8 6 5 4 9 号明細書及び同第 2 0 1 3 / 0 1 8 6 5 5 8 号明細書で論考されるように、ヒータ 7 2 及び 7 4 は、概ね同じ温度に層 2 2 並びに 3 D 部品 2 6 p 及びサポート構造 2 6 s の上面を加熱して、一貫した定着界面温度を提供し得る。代替的には、ヒータ 7 2 及び 7 4 は、層 2 2 並びに 3 D 部品 2 6 p 及びサポート構造 2 6 s の上面を異なる温度に加熱して、所望の定着界面温度を達成し得る。

【0073】

引き続きベルト 2 4 の回転及び構築プラットフォーム 2 8 の移動により、加熱された層 2 2（例えば結合像層）を 3 D 部品 2 6 p 及びサポート構造 2 6 s の加熱された上面と x 軸に沿って適切な位置合わせで並べるか、又は位置合わせする。ガントリ 8 4 は、供給方向 3 2 においてベルト 2 4 の回転速度と同期した速度で x 軸に沿って構築プラットフォーム 2 8 を（すなわち、同じ方向及び速度で）移動させ続け得る。これにより、ベルト 2 4 の後面 2 4 b をニップローラ 7 0 の周りで回転させて、ベルト 2 4 及び加熱された層 2 2 を 3 D 部品 2 6 p 及びサポート構造 2 6 s の上面に対して挟む。これはニップローラ 7 0 の場所において、加熱された層 2 2 を、3 D 部品 2 6 p の加熱された上面とサポート構造 2 6 s の上面との間で押圧し、加熱された層 2 2 を 3 D 部品 2 6 p 及びサポート構造 2 6 s の上層に少なくとも部分的に定着させる。

【0074】

定着層 2 2 がニップローラ 7 0 のニップを通過するにつれて、ベルト 2 4 はニップロー

10

20

30

40

50

ラ 7 0 に巻き付いて、構築プラットフォーム 2 8 から定着層 2 2 を分離させて解放する。これは、定着層 2 2 をベルト 2 4 からリリースするのを助け、定着層 2 2 が 3 D 部品 2 6 p 及びサポート構造 2 6 s に接着した状態を保てるようにする。定着界面温度をガラス遷移温度よりも高いが、溶融温度よりも低い転写温度に維持することにより、ベルト 2 4 から容易にリリースするのに十分に冷却しながらも、被加熱層 2 2 を、3 D 部品 2 6 p 及びサポート構造 2 6 s に接着するのに十分に高い温度にすることができる。更に、部品材料及びサポート材料の近い溶融レオロジーは、部品材料及びサポート材料を同じステップで定着できるようにする。以下考察するように、温度及び圧力は、部品材料とサポート材料との間のギャップへの部品材料及びサポート材料の流入を促進するように選択することができる。多くの場合、レオロジーは好ましくは近く、幾つかの構築では互いからかなり異なるガラス転移温度で定着することができる。通常、部品材料及びサポート材料の上向きの動きが付随するギャップへのこの流入は、部品とサポートとの間の境界面の平滑化及びサポート除去後の部品の表面の平滑化に繋がる。

10

【 0 0 7 5 】

リリース後、ガントリ 8 4 は構築プラットフォーム 2 8 を x 軸に沿って定着後ヒータ 7 6 まで引き続き移動させる。任意選択的な定着後ヒータ 7 6 において、3 D 部品 2 6 p 及びサポート構造 2 6 s の最上層（転写された層 2 2 を含む）を次いで、溶融後又は加熱設定ステップにおいて熱可塑性ベースの粉体の少なくとも溶融温度まで加熱し得る。これは任意選択的に、定着層 2 2 のポリマー分子が素早く相互拡散（レプテートとも呼ばれる）して、3 D 部品 2 6 p 及びサポート構造 2 6 s との高レベルの界面交絡を達成するような高度に溶融可能な状態まで定着層 2 2 の材料を加熱する。

20

【 0 0 7 6 】

更に、ガントリ 8 4 が構築プラットフォーム 2 8 を x 軸に沿って定着後ヒータ 7 6 を過ぎてエアジェット 7 8 まで引き続き移動させると、エアジェット 7 8 は冷却空気を 3 D 部品 2 6 p 及びサポート構造 2 6 s の上面に向かって吹く。これは、Comb らの米国特許出願公開第 2 0 1 3 / 0 1 8 6 5 4 9 号明細書及び同第 2 0 1 3 / 0 1 8 6 5 5 8 号明細書で論考されるように、能動的に定着層 2 2 を平均部品温度まで下げる。

【 0 0 7 7 】

3 D 部品 2 6 p 及びサポート構造 2 6 s を平均部品温度に維持するのを助けるために、幾つかの実施形態では、ヒータ 7 4 及び／又はヒータ 7 6 は、3 D 部品 2 6 p 及びサポート構造 2 6 s の最上層のみを加熱するように動作し得る。例えば、ヒータ 7 2、7 4、及び 7 6 が赤外線放射を放射するように構成される実施形態では、3 D 部品 2 6 p 及びサポート構造 2 6 s は、赤外線波長の侵入を最上層内に制限するように構成された吸熱剤及び／又は他の着色剤を含み得る。代替的には、ヒータ 7 2、7 4、及び 7 6 は、加熱された空気を 3 D 部品 2 6 p 及びサポート構造 2 6 s の上面にわたり吹くように構成し得る。いずれの場合でも、熱侵入を 3 D 部品 2 6 p 及びサポート構造 2 6 s に制限することにより、最上層を十分に定着させることができ、その上、3 D 部品 2 6 p 及びサポート構造 2 6 s を平均部品温度に保つために必要な冷却量も低減する。しかしながら一般に、部品材料とサポート材料との間の境界面に位置するギャップへの部品材料及びサポート材料の流入を促進するのに十分な熱侵入が望ましい。

30

40

【 0 0 7 8 】

ガントリ 8 4 は次いで、構築プラットフォーム 2 8 を下方に作動させ、往復する長方形のパターン 8 6 を辿り、構築プラットフォーム 2 8 を x 軸に沿って、x 軸に沿った開始位置に戻ることができる。構築プラットフォーム 2 8 は望ましくは、次の層 2 2 との適宜位置合わせのために開始位置に達する。幾つかの実施形態では、ガントリ 8 4 はまた、構築プラットフォーム 2 8 及び 3 D 部品 2 6 p 及びサポート構造 2 6 s を上方に作動させて、次の層 2 2 と適宜位置合わせすることもできる。次いで、3 D 部品 2 6 p 及びサポート構造 2 6 s の残りの各層 2 2 に対して同じプロセスを繰り返し得る。

【 0 0 7 9 】

定着動作が完了した後、その結果生成された 3 D 部品 2 6 p 及びサポート構造 2 6 s は

50

システム 10 から取り外し、1 つ又は複数のプリント後動作を受けることができる。例えば、サポート構造 26 s は、アルカリ水溶液等の水性ベースの溶液を使用して 3 D 部品 26 p から犠牲的に取り外し得る。この技法下では、サポート構造 26 s は溶液中に少なくとも部分的に溶解して、ハンズフリーで 3 D 部品 26 p からサポート構造 26 s を分離し得る。

【0080】

これと比較して、部品材料は、アルカリ水溶液に対して化学的耐性を有する。これにより、3 D 部品 26 p の形状又は品質を低下させずに犠牲的サポート構造 26 s を取り外すために、アルカリ水溶液の使用を利用することができる。このようにしてサポート構造 26 s を取り外すのに適したシステム及び技法の例には、Swansonらの米国特許第 8, 459, 280 号明細書、Hopkinsらの米国特許第 8, 246, 888 号明細書、及びDunnらの米国特許出願公開第 2011/0186081 号明細書に開示されるものがあり、これらの各々は、本開示と競合しない程度まで参照により援用される。

10

【0081】

更に、サポート構造 26 s が取り外された後、3 D 部品 26 p は、表面処理プロセス等の 1 つ又は複数の追加のプリント後プロセスを受け得る。適した表面処理プロセスの例には、Priedemanらの米国特許第 8, 123, 999 号明細書及びZinnielの米国特許第 8, 765, 045 号明細書がある。

【0082】

これより図 5 を参照して、部品材料 102 及びサポート材料 104 の層を含む理想化された多層複合物 100 の概略図を示す。部品材料 102 及びサポート材料 104 は、構築基板 110 への層として堆積する。部品材料層 106 及びサポート材料層 108 は蓄積されて、全体複合物 100 を形成する。部品材料層 106 及びサポート材料層 108 が一定の縮尺で示されている訳ではなく、実際には層 106、108 が非常に薄く、通常、約 10 μm ~ 25 μm であることが理解されよう。図示の実施形態では、部品材料 102 及びサポート材料 104 は境界面 109 において一緒になる。

20

【0083】

図 6 は、図 5 からサポート材料 104 を除去した後の部品材料 102 を示す、図 5 の部品材料 102 の概略図である。ここで、部品材料 102 は残り、部品材料 102 の露出面 107 は平滑で均一な表面を有して示されている。部品材料 102 の層 106 がまだ示されているが、典型的な実施形態では、間近で見なければそれらの層の区別が難しいことが理解されよう。実際には、層は一般に望まれるほど精密には堆積しないため、露出面 107 が多くの場合、望ましくない幾らかの表面テクスチャ又は粗度を有することが理解されよう。

30

【0084】

図 7 及び図 8 は、部品材料 102 及びサポート材料 104 の層が部品層 106 及びサポート材料層 108 として堆積する多層複合物 100 の形成に関する一般的な問題の追加の例、この場合、層の重複を示す。結果は、部品材料層 106 の幾つかとサポート材料層 108 の幾つかとの間に小さな重複領域 113 である。部品材料層 106 及びサポート材料層 108 は多くの場合、比較的高精度で堆積するが、それでもなお、堆積される際の層の位置合わせのばらつきに起因して、これらの重複領域 113 が形成される恐れがある。図 8 に示すように、サポート材料 104 の除去後の結果は、望むほどは平滑ではない露出面 107 を有する部品材料 102 であることができる。先に触れたように、これらの図は表面の不規則さの概略表現であり、実際の仕上げられた部品は表面の粗度に関してその不完全性を示すことになる。この粗度は多くの場合、スタイラス粗度測定機器よりも目又は光学粗度測定技法にとってより明らかであり、その理由は、不完全性はそのような小さな層によって形成され、それらの層は幾らかの可撓性を有し、粗面ほど容易には測定されないためである。

40

【0085】

図 9 ~ 図 11 は、ギャップ（トレンチとも呼ばれる）を形成する短距離だけ互いから分

50

離された層で部品材料及びサポート材料を堆積させることにより、部品材料 102 とサポート材料 104 との間の境界面をいかに改善することができるかを示すと共に、部品及びサポート複合層の上部への熱及び圧力の印加が（層が構築されるにつれて）いかに、部品間での平滑な境界面形成に繋がるようなギャップへの部品材料及びサポート材料の流入に繋がるかを示す。

【0086】

より具体的には、図 9 は、層間にギャップ 130 を示す部品材料 102 及びサポート材料 104 の層を含む多層複合物の概略図である。このギャップは、生成プロセス中、圧力及び高温下で部品材料 102 及びサポート材料 104 が流入することができる容積を生み出すように意図的に形成される。図示の実施形態では、部品材料 102 及びサポート材料 104 の各々は、構築材料エッジ強化層 116 及びサポート材料強化層 118 を含む。これらのエッジ強化層 116 及び 118 は、部品材料 102 とサポート材料 104 との間のギャップ 130 への流入を促進するように構成された部品材料及びサポート材料の層である。これらのエッジ強化層 116、118 は一般に、より大きな層 106 と 108 との間に位置する構築材料 102 及びサポート材料 104 の部分層である。部品材料 102 の部品材料層 106、116 は、ギャップ 130 に開いた部品材料面 117 を画定し、一方、サポート材料 104 のサポート材料層 108、118 は、ギャップ 130 の逆側に開いたサポート材料面 119 を画定する。部品材料面 117 及びサポート材料面 119 の各々は通常、不規則性等の位置合わせに起因して幾らかの不規則性を有する。図 9 がただプリントされた層の重なりであり、これらの層を一緒に実際に定着したことから生じるものではないことに留意する。図 10 は、定着（強化層が消失し、ギャップが充填された）後の簡易概略結果を示す。なお、図 10 は、通常、定着中、ギャップ領域内の材料の幾らかの上向きの流れがあるギャップへの簡易化された流入を示す。

【0087】

定着プロセス中、熱及び圧力が複合物 100 の上面 123 に印加され、先の堆積からの層内の熱（及び任意選択的に追加の熱）と組み合わせられるにつれて、ギャップ 130 に部品材料及びサポート材料が流入する（先に触れたように、この流れは一般に、堆積した層によって形成される平面に垂直な少なくとも 1 つの成分を有する。その垂直な流れ成分はこの図に示されていない）。構築材料及びサポート材料の層が蓄積され、圧力が上から印加されるにつれて、エッジ強化層からの追加材料は水平引波流を促進し、ギャップ 130 への材料の水平移動（幾らかの下方移動を伴う）を生じさせる。ギャップ 130 に流入する材料は一般に、エッジ強化層 116、118 自体のみならず、通常の層 106、108 からの両方である。したがって、エッジ強化層は、ギャップ 130 に隣接した層 106、108 内の部品材料及びサポート材料の流れを促進する。部品材料及びサポート材料がギャップ 130 に流入するにつれて、一般に、ギャップの下部は先のエッジ強化フローからの材料で既に充填されているため、ギャップ内に材料は上向きに流れる。したがって例えば、通常、部品材料 102 がギャップ 130 に流入するのみならず、ギャップに沿って内向き且つ上向きに流れることが観測される。内向き且つ上向きの同様の流れ特性は一般に、サポート材料 104 によっても観測される。この上向きの流れをギャップ 130 内で促進するのに適切な量の流れを提供する必要がある。一般にこれは、エッジ強化層の全体体積が 2 つの材料間のギャップの全体容積に概ね対応するように達成することができる。なお、多くの実施態様では、部品エッジ強化層 116 の体積はサポートエッジ強化層 118 の体積と同じであるが、幾つかの実施態様では、部品材料又はサポート材料のいずれかから形成されるより大きなエッジ強化層であってもよい。そのような実施態様では、流れは、2 つの材料間の接触線が通常、より小さなエッジ強化層を有する材料に向かって中心からオフセットされるようなものになる。

【0088】

エッジサポート層 116 及び 118 が内向き且つ上向きの移動を通して合流すると、表面 117 及び 119 の不規則性は、図 10 に示す合流位置 120 において平滑化される。なお、ギャップ 130 内の材料の上向きの動きは図 10 に示されていないが、そのような

動きは通常発生する（簡易化された流れ表現については以下の図 1 2～図 1 4 参照）。そして図 1 1 は、サポート材料 1 0 8 を除去し、通常、エッジ強化層の再流前の表面 1 1 7 で観測されるよりも大幅に平滑な表面 1 1 7 を有する部品材料 1 0 2 を残した後の図 1 0 からの部品材料の層の概略図である。ここでも、流れの方向は図 1 1 に示されていない。また、表面 1 1 7 は幾らかの表面のばらつきを示すが、そのばらつきは、本プロセスなしで一般に直面するよりも少ない。

【0089】

これより図 1 2～図 1 4 を参照して、ギャップ内の材料の上向きの流れを含む流れ特性を更に詳細に表す。図 1 2 は、部品材料 1 0 2 及びサポート材料 1 0 4 の層を含む多層複合物の概略図であり、層間のギャップ 1 3 0 を示し、ギャップ 1 3 0 は、生成プロセス中、圧力及び高温下で部品材料 1 0 2 及びサポート材料 1 0 4 が流入することができる容積を生み出すように意図的に形成される。図示の実施形態では、部品材料 1 0 2 及びサポート材料 1 0 4 は各々、構築材料エッジ強化層 1 1 6 及びサポート材料強化層 1 1 8 を含む。これらのエッジ強化層 1 1 6 及び 1 1 8 は、部品材料 1 0 2 とサポート材料 1 0 4 との間のギャップ 1 3 0 に流入し、実施形態例では概ね図示の中心線で合流するように構成された部品材料及びサポート材料の層である。これらのエッジ強化層 1 1 6、1 1 8 は一般に、より大きな層 1 0 6 と 1 0 8 との間に位置する部分層である。部品材料 1 0 2 の層 1 0 6、1 1 6 はギャップ 1 3 0 に開いた表面 1 1 7 を画定し、一方、部品材料 1 0 4 の層 1 0 8、1 1 8 はギャップ 1 3 0 の逆側に開いた表面 1 1 9 を画定する。層は概略的に示されており、実際には、層間に空間がない状態で互いに重なって堆積することが理解されよう。したがって、図 1 2 を参照すると、空間 1 3 1 の外観は層の差を表すにすぎない。実際には、定着プロセス中、そのような空間は一緒にプレスされるため、実際に堆積した層にそのような空間は存在しない。

【0090】

エッジ強化層の数及び寸法は多くの場合、用途に応じて変わる。一般に、エッジ強化層が、圧力及び熱を印加されるとギャップ 1 3 0 を占有することになる合計体積を有することが望ましい。換言すると、エッジ強化層 1 1 6 及び 1 1 8 は総合して、ギャップ 1 3 0 内に材料が変位すると、ギャップ 1 3 0 を完全に充填するのに十分な体積を有するべきである。なお、エッジ強化層自体はギャップ 1 3 0 を全体的には充填せず、むしろ、ギャップ 1 3 0 のエッジに高圧領域を生み出すことによってギャップへの流入を促進し、この高圧は、構築材料及びサポート材料をギャップ 1 3 0 に流入させることになる。ギャップに流入する材料の幾らかは、エッジ強化層として堆積するが、より多くの他の層があるため、一般に、それらの他の層からの材料のより大きな流れがある。幾つかの構築では、エッジ強化層 1 1 6、1 1 8 は 5 層ごと等、通常の幾つかの部品層 1 0 6 及びサポート層 1 0 8 ごとに離間される。しかしながら、他の実施態様では、エッジ強化層 1 1 6、1 1 8 は、2 層ごと、3 層ごと、4 層ごと、6 層ごと、7 層ごと、8 層ごと、又は 1 0 層ごと等、より高頻度又はより低頻度である。

【0091】

定着プロセス中、圧力が上面 1 2 3 に印加され、先の堆積からの層内の熱（及び任意選択的に熱の追加）と組み合わせられるにつれて、ギャップ 1 3 0 に部品材料及びサポート材料が流入する。層が蓄積され、圧力が印加されるにつれて、エッジ強化層が存在する領域はギャップ 1 3 0 に流入し、ギャップへのこの流れ（主に水平であるが、下向きでもある）は、エッジ強化層の下層からの材料を含み、ギャップ 1 3 0 への材料の水平で下向きの動きの引波を効率的に生成する。ギャップ内に移動する材料は次いで、ギャップに到達すると、部品材料とサポート材料が合流するまで内向き且つ上向きに動く。したがって、通常、エッジ強化層 1 1 6 及び部品材料 1 0 2 で形成された隣接層からの材料がギャップ 1 3 0 に流入するのみならず、ギャップ内で上向きに流れることが観測される。内向き且つ上向きの同様の流れ特性が一般にサポート材料 1 0 4 によっても観測される。

【0092】

その上向きの流れの結果は、まるで定着後に層を区別することができるかのように示さ

れる層の輪郭によって図 13 に示される。エッジサポート層 116 及び 118 が内向き且つ上向きの動きを通して合流するにつれて、表面 117 及び 119 の不規則性は図 13 に示される合流位置 120 において平滑化される。そして図 14 は、サポート材料 104 を除去した後の図 13 からの部品材料の層の概略図であり、通常、エッジ強化層の存在から生じる再流前、表面 117 で観測されるものよりもはるかに平滑な表面 117 を有する部品材料 102 を残す。

【0093】

部品材料及びサポート材料は、図 13 では合流線 135 に向かって流れるが、中心線が、層が一緒になる境界面を指し、実際に境界面が片側又は逆側により近くなることができ、したがって部品材料 102 又はサポート材料 104 のいずれかにより近くなることが理解される。部品材料及びサポート材料は異なる粘度及び流れ特性を有することができ、その場合、境界点は必ずしもそれらの間の中心である必要はない。

【0094】

図 15 は、一般化された材料の流れ特性を示す複合部品 100 の概略図である。部品材料 102 及びサポート 104 と共にエッジ強化層 116、118 を示す。エッジ強化層 116、118 に熱及び圧力を印加すると、部品材料 102 及びサポート材料 104 におけるそれらの下の領域は圧力の増大を受け、ギャップへの材料の流入を生じさせ、ギャップの部分は部品材料流入 143 で充填され、ギャップの部分はサポート材料流入 144 で充填される。矢印付きの線は材料が流れる大まかな方向を示し、支配的な流れ方向は、サポート材料及び部品材料によって占められる元の領域内の水平且つ（且つ下向き）の引波であり、ギャップ領域に入ったときの続く水平且つ上向きの流れがあり、合流線 135 で合流する。これは概略図であり、したがって、エッジ強化層 116、118 及びギャップを充填する材料の高さを含め、層の相対サイズ、厚さ、及び特性が全ての現実世界の実施態様の代表であることが意図されないことが理解されよう。

【0095】

図 16 は、生成プロセス中、圧力及び高温下で部品材料 102 及びサポート材料 104 が流れることができる容積を生み出すように意図的に形成される層間のギャップ 130 を示す、部品材料 102 及びサポート材料 104 の層を含む多層複合物の概略図である。加えて、部品材料 102 及びサポート材料 104 の底層 150 がギャップ 130 内にプリントされて、ギャップ 130 に流入するにつれてより上の高さの層の上向きの流れを更に促進する。図示の実施形態では、部品材料 102 及びサポート材料 104 は各々、構築材料エッジ強化層 116 及びサポート材料強化層 118 を含む。これらのエッジ強化層 116 及び 118 は、部品材料 102 とサポート材料 104 との間のギャップ 130 への部品材料及びサポート材料の流入を促進するように構成された部品材料及びサポート材料の層である。上述したように、これらのエッジ強化層 116、118 は一般に、より大きな層 106 と 108 との間に位置する部分層である。部品材料 102 の層 106、116 はギャップ 130 に開いた表面 117 を画定し、一方、サポート材料 104 の層 108、118 はギャップ 130 の逆側に開いた表面 119 を画定する。ギャップ領域 130 への底層 150 の堆積は、ギャップ 130 の下部の充填を提供し、それにより、ギャップに入ったときに材料の上向きの流れを伴う。

【0096】

図 17 は、本開示によるエッジ強化層からの改善された表面仕上げを有する構築材料で形成された部品の電子顕微鏡写真である。図 17 から分かるように、表面は構築材料の上向きの流れから生じる幾らか垂直スメアを有する微細テクスチャを示す。このスメアを有する表面は、堆積する際、部品材料の異なる層から存在するテクスチャを除去し、本発明を用いない場合に得られる表面よりもはるかに平滑な表面を生じさせる。スメアを有するこの表面の除去は、下にある堆積した部品材料層を露出する。したがって、本プロセスが使用されたか否かを評価する一手段は、図 17 に示すように、平滑さを示す層を有する表面について検査することである。別の手段は、垂直剪断プロセスからの残留歪みを示す閉じ込められた空隙又は汚染物の存在について垂直壁に隣接した部品体積を調べることであ

る。ギャップが垂直である必要がないだろう。例えば、典型的な実施形態では、一例の層 n は層 $n-1$ 及び $n+1$ （下と上の層）のギャップに沿って幾らかの重複を有することができるが、常に同じ $X-Y$ 位置を有する訳ではなく、 X 又は Y 方向に常に向けられる必要はない。

【0097】

図18は、特にパット材料及びサポート材料が合流するギャップ領域を示す、部品材料及びサポート材料で形成された複合物の一部分の断面の電子顕微鏡写真である。図18は、重ねられた矢印で示される部品材料の上向きの流れの証拠を示す。上向きの流れ方向は、概略的な図18の上向きの流れ140を示す。これらの上向きの流れは、単一の材料（部品材料又はサポート材料のいずれか）で形成されることで不明瞭であり、仕上げられた部品の表面下で不明瞭であるため、仕上げられた部品で常に容易に見えるわけではない。しかしながら、図18は材料の流れが生じる様式を示し、図17と併せて、この流れの結果として表面がいかに平滑化されるかを示す。

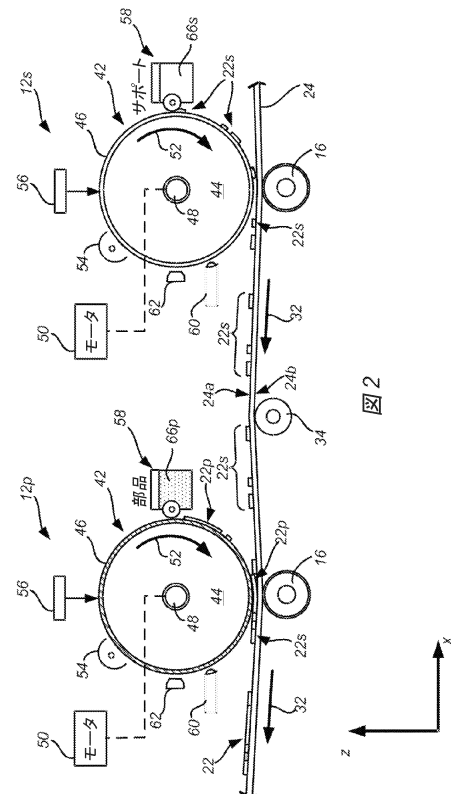
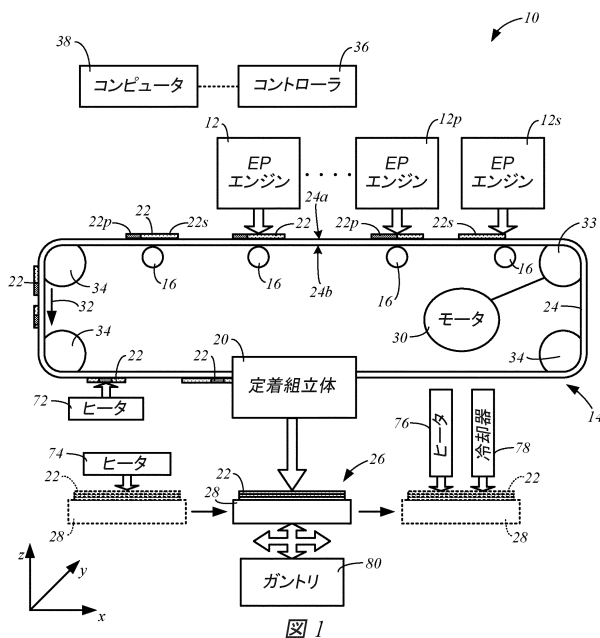
【0098】

本開示は好ましい実施形態を参照して説明されたが、本開示の趣旨及び範囲から逸脱せずに形態及び詳細に変更を行い得ることを当業者は認識しよう。

【図面】

【図1】

【図2】



10

20

30

40

50

【図 3】

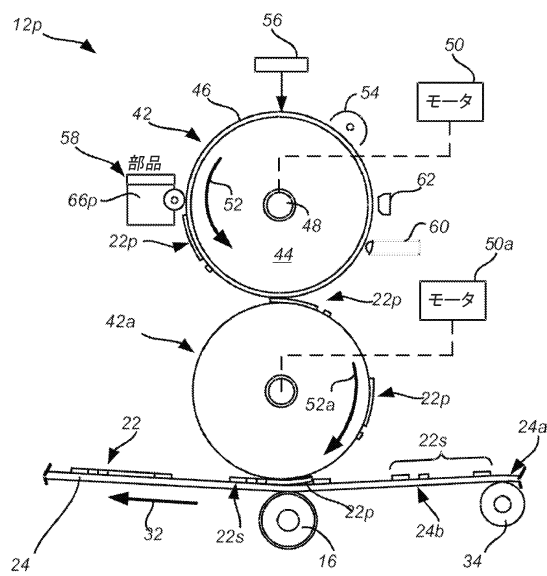


図 3

【図 4】

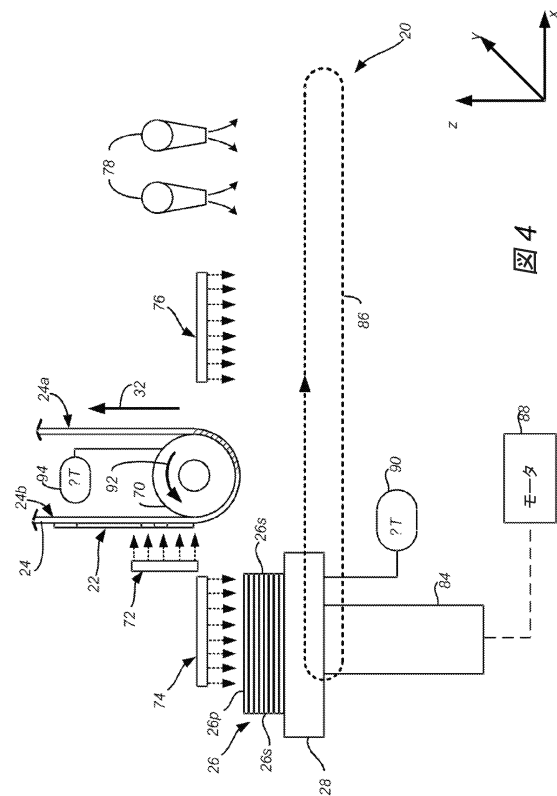


図 4

【図 5】

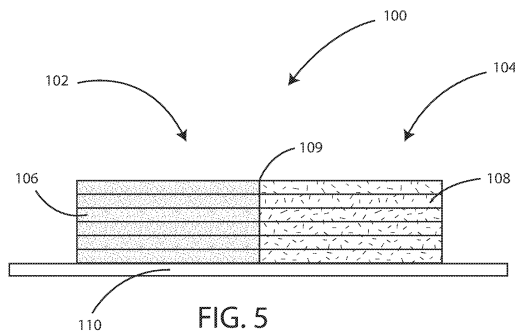


FIG. 5

【図 6】

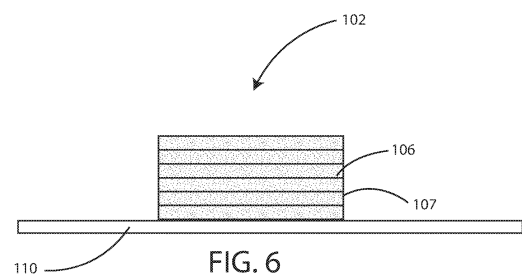
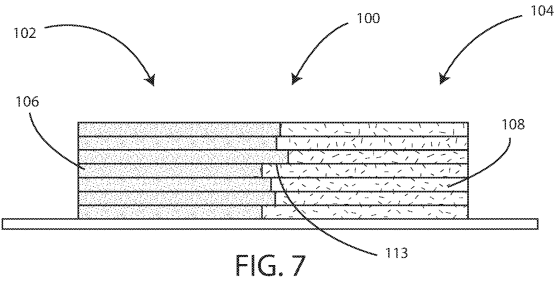
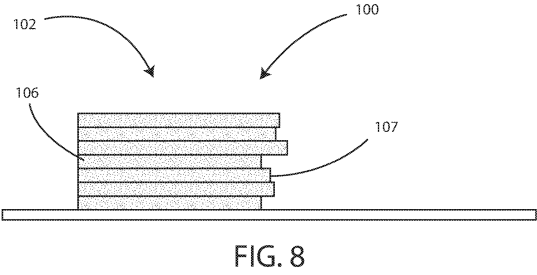


FIG. 6

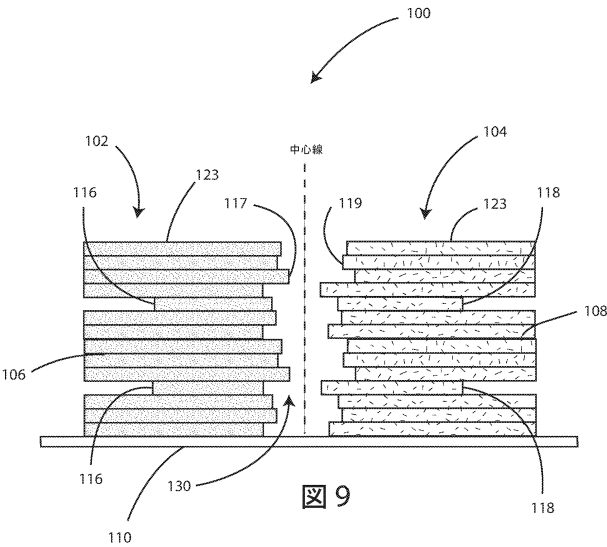
【図 7】



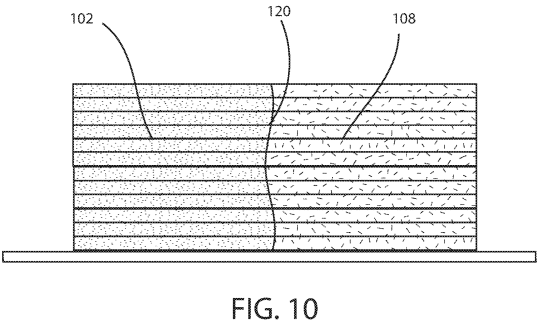
【図 8】



【図 9】



【図 10】



10

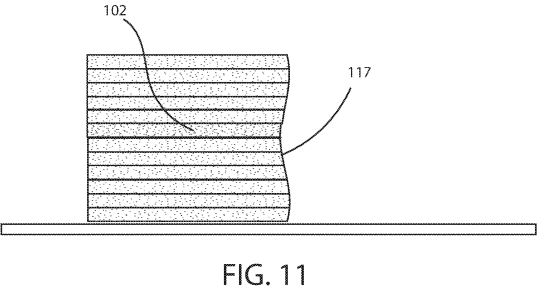
20

30

40

50

【図 1 1】



【図 1 2】

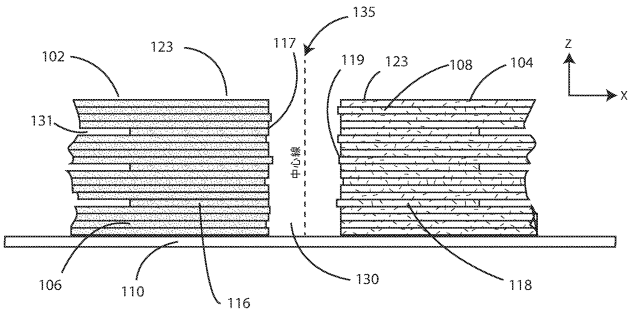


図12

【図 1 3】

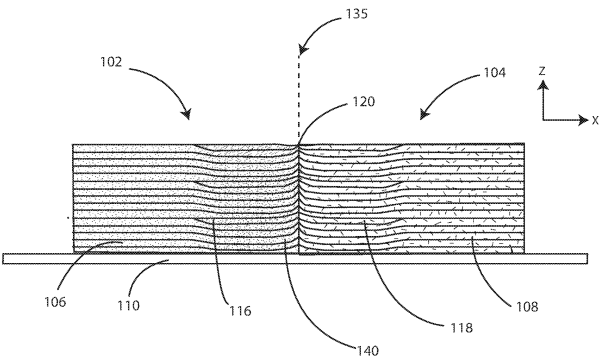


FIG. 13

【図 1 4】

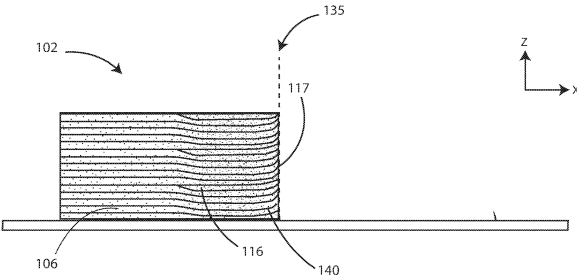


FIG. 14

10

20

30

40

50

【図 15】

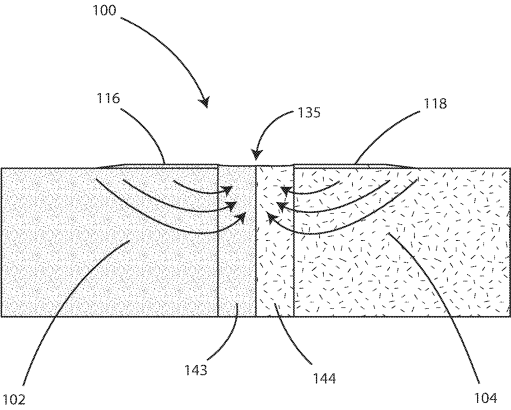


FIG. 15

【図 16】

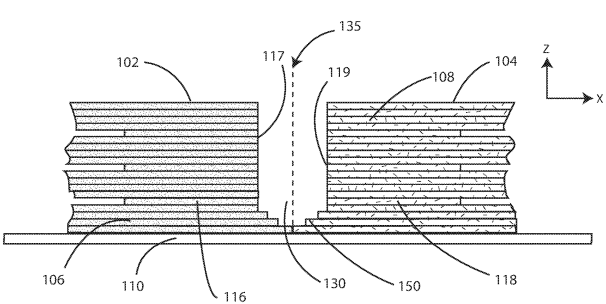


FIG. 16

【図 17】

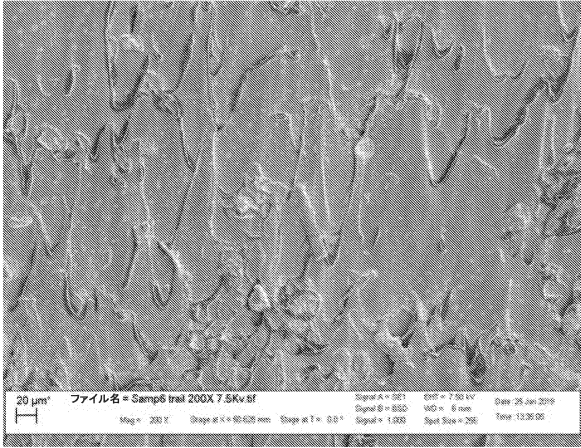


図17

【図 18】

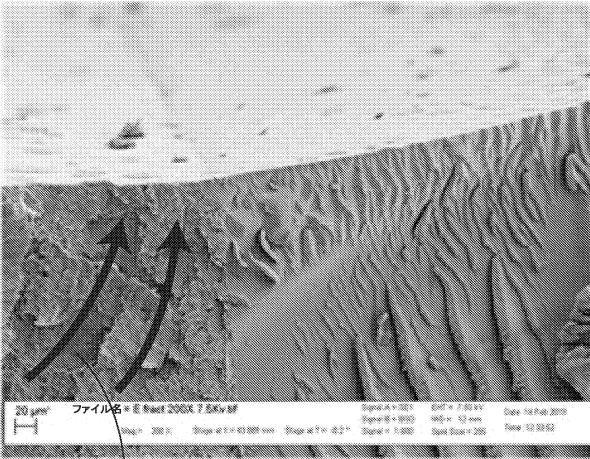


図18

140

10

20

30

40

50

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2020/053563
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER B29C 64/147(2017.01)i, G03G 15/22(2006.01)i, B29C 64/295(2017.01)i, B33Y 10/00(2015.01)i, B33Y 30/00(2015.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B29C 64/147; B29C 64/118; B29C 64/205; B29C 64/295; B29C 67/00; B33Y 10/00; G05B 15/02; G06F 17/50; G03G 15/22; B33Y 30/00		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS(KIPO internal) & keywords: 3D print, gap, layer, perpendicular, heat, pressure		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2019-0202125 A1 (EVOLVE ADDITIVE SOLUTIONS, INC.) 04 July 2019 claims 17-29; figures 1-7	1, 14, 27
Y	US 2018-0111333 A1 (XYZPRINTING, INC. et al.) 26 April 2018 claims 1-5; figures 4-8	1, 14, 27
A	US 2019-0224909 A1 (LOCAL MOTORS IP, LLC) 25 July 2019 claim 2; figures 2-5	1, 14, 27
A	US 10386797 B2 (3D SYSTEMS, INC.) 20 August 2019 the entire document	1, 14, 27
A	US 2019-0255769 A1 (MIMAKI ENGINEERING CO., LTD.) 22 August 2019 the entire document	1, 14, 27
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "D" document cited by the applicant in the international application "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 14 January 2021 (14.01.2021)		Date of mailing of the international search report 15 January 2021 (15.01.2021)
Name and mailing address of the ISA/KR International Application Division Korean Intellectual Property Office 189 Cheongsu-ro, Seo-gu, Daejeon, 35208, Republic of Korea Facsimile No. +82-42-481-8578		Authorized officer HEO, Joo Hyung Telephone No. +82-42-481-5373

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2019)

10

20

30

40

50

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US2020/053563

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☒ Claims Nos.: 2-13, 15-26, 28-35
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

10

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

20

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fees, this Authority did not invite payment of any additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

30

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

40

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/US2020/053563

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2019-0202125 A1	04/07/2019	None	
US 2018-0111333 A1	26/04/2018	CN 107972264 A CN 107972264 B EP 3311989 A1 JP 2018-069724 A KR 10-2018-0044791 A US 10632729 B2	01/05/2018 13/12/2019 25/04/2018 10/05/2018 03/05/2018 28/04/2020
US 2019-0224909 A1	25/07/2019	CA 3089364 A1 CN 111989211 A EP 3743262 A1 KR 10-2020-0118819 A WO 2019-147700 A1	01/08/2019 24/11/2020 02/12/2020 16/10/2020 01/08/2019
US 10386797 B2	20/08/2019	EP 3195157 A1 JP 2017-534482 A JP 6406776 B2 US 2016-0075087 A1 WO 2016-044006 A1	26/07/2017 24/11/2017 17/10/2018 17/03/2016 24/03/2016
US 2019-0255769 A1	22/08/2019	EP 3530459 A1 JP 2019-142008 A	28/08/2019 29/08/2019

フロントページの続き

MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,N
E,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,
CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IR,IS,IT,JO,JP,K
E,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,N
G,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,
TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 ライス アンドリュー

アメリカ合衆国 5 5 3 1 8 ミネソタ チャスカ メーベル コート 1 9 5 2

F ターム (参考) 4F213 AR12 AR13 WA25 WA53 WA83 WA84 WA92 WB01 WL02 WL15
WL32 WL62 WL67 WL92