

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6832438号
(P6832438)

(45) 発行日 令和3年2月24日 (2021.2.24)

(24) 登録日 令和3年2月3日 (2021.2.3)

(51) Int. Cl.

F I

B 2 9 C 64/165 (2017.01)

B 2 9 C 64/165

B 2 9 C 64/336 (2017.01)

B 2 9 C 64/336

B 2 9 C 64/314 (2017.01)

B 2 9 C 64/314

B 3 3 Y 10/00 (2015.01)

B 3 3 Y 10/00

B 3 3 Y 40/00 (2020.01)

B 3 3 Y 40/00

請求項の数 16 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2019-539841 (P2019-539841)
 (86) (22) 出願日 平成29年4月21日 (2017.4.21)
 (65) 公表番号 特表2020-504040 (P2020-504040A)
 (43) 公表日 令和2年2月6日 (2020.2.6)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2017/028951
 (87) 国際公開番号 WO2018/194679
 (87) 国際公開日 平成30年10月25日 (2018.10.25)
 審査請求日 令和1年7月22日 (2019.7.22)

(73) 特許権者 511076424
 ヒューレット・パカード デベロップメ
 ント カンパニー エル. ビー.
 Hewlett-Packard Dev
 elopment Company, L
 . P.
 アメリカ合衆国 テキサス州 77389
 スプリング エナジー ドライブ 10
 300
 (74) 代理人 100087642
 弁理士 古谷 聡
 (74) 代理人 100082946
 弁理士 大西 昭広
 (74) 代理人 100195693
 弁理士 細井 玲

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高溶融温度ポリマーを用いた3D形成オブジェクト

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

多層オブジェクトを形成するためのシステムであって：

ポリマー粒子の層を形成するためのスプレッターと、ポリマー粒子が少なくとも250
の溶融温度 (T_m) を有することと；第一の溶融剤を層の第一の部分上に選択的に付着させ、そして第二の溶融剤を層の第二
の部分上に選択的に付着させる流体噴射ヘッドと、ここで流体噴射ヘッドが溶融剤を層の
第三の部分上に付着させないことと；および第一の部分および第二の部分を加熱するための熱源と、ここで第一の部分は多層オブジ
ェクトの一部であり第二の部分は多層オブジェクトの一部ではなく、そして第二の部分が
後続の層におけるポリマー粒子の温度を上昇させることを含む、システム。

【請求項 2】

溶融剤は層の第一の部分上に第一の濃度で適用され、溶融剤は層の第二の部分上に第二
の濃度で適用される、請求項 1 のシステム。

【請求項 3】

層の第一の部分はその部分の端部において溶融剤を第一の濃度で有し、その部分の中央
において溶融剤を第二の濃度で有する、請求項 1 または 2 のシステム。

【請求項 4】

第一の溶融剤および第二の溶融剤は共通する機能材料を含む、請求項 1 から 3 のいずれ
か 1 のシステム。

10

20

【請求項 5】

熱源は、第一の部分、第二の部分、および第三の部分に対して熱を同時に適用する、請求項 1 から 4 のいずれか 1 のシステム。

【請求項 6】

熱源は、層の第一の部分、第二の部分、および第三の部分に対して放射線を均一に適用する、請求項 1 から 5 のいずれか 1 のシステム。

【請求項 7】

第一の部分は熱源による熱の適用に基づいて溶融し、そして第二の部分は熱源による熱の適用に基づいて溶融しない、請求項 1 から 6 のいずれか 1 のシステム。

【請求項 8】

システムであって：

ポリマー粒子の層を形成するためのスプレッターと、ポリマー粒子が少なくとも 250 の溶融温度 (T_m) を有することと；

溶融剤をポリマー粒子の層の最上層上に選択的に付着させる流体噴射ヘッドと；

システムの形成領域をポリマー粒子の溶融温度より 10 °C 以下より高くなく加熱するベッドヒーターと；および

溶融剤を含む最上層の部分を選択的に加熱するための放射線源とを含み、

ポリマー粒状物の層の最上層上に新たな層を延展し、溶融剤をこの新たな層に適用し、そして新たな層を放射線源で加熱することは、最上層が新たな層で覆われるまで、最上層の溶融部分がポリマー粒子の固化温度 (T_s) より高いままであるようにして達成される、システム。

【請求項 9】

溶融剤は強固化部品を形成する第一の部分上に、そして強固化部品の一部とならない第二の部分上に選択的に付着される、請求項 8 のシステム。

【請求項 10】

第二の部分は、強固化部分を含む最上層がポリマー粒子の新たな層で覆われるまで、固化温度より高く維持される、請求項 8 または 9 のシステム。

【請求項 11】

ポリマー粒子を構成するポリマーは半結晶性ポリマーである、請求項 8 から 10 のいずれか 1 のシステム。

【請求項 12】

ポリマー粒子の最上層の上部表面は、溶融剤が選択的に適用される前に、固化温度 (T_s) から溶融温度 (T_m) までの温度を有する、請求項 8 から 12 のいずれか 1 のシステム。

【請求項 13】

溶融温度 (T_m) を有するポリマーを使用して多層アセンブリを形成するための方法であって：

ベッド領域を溶融温度 (T_m) より少なくとも 10 °C 低く保持しながら、多層アセンブリのポリマー粒子の最上層を第一の温度に加熱し、ここで第一の温度は ベッド温度およびポリマー粒子が十分に粘着性となって付着される剤による変位に抵抗する温度より高く、また溶融温度 (T_m) より低く；そして

最上層の上部表面が第一の温度にある間に、流体噴射ヘッドを使用して最上層の上部表面に対して溶融剤を選択的に適用することを含み、溶融剤はベッド温度より低い沸点を有する、方法。

【請求項 14】

最上層の一部を溶融剤によって選択的に吸収された放射線を用いて加熱することをさらに含む、請求項 13 の方法。

【請求項 15】

最上層の上に新たな最上層を形成し；そして

加熱、選択的適用、および形成を繰り返して、ベッド温度が溶融温度 (T_m) より少なく

10

20

30

40

50

とも 10 低い間に多層の固化部品を構築することをさらに含む、請求項 13 または 14 の方法。

【請求項 16】

多層アセンブリの一部を形成しないベッド領域の部分の上に第二の溶融剤を選択的に適用し；そして

その部分を加熱してポリマー粒子の固化温度 (T_s) より高い温度を有する熱溜めを形成することをさらに含む、請求項 13 から 15 のいずれか 1 の方法。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

歴史的に、一般には機械加工および/または鋳造される金属部品は、機械的に要求の厳しい用途におけるコンポーネントに使用されてきた。機械加工は、熟練した機械工のコストに起因して、最も高価となる傾向がある。しかしながら、機械加工はまた非常に融通性に富み、他の方法によっては達成が困難な厳しい精度を可能にする。自動化または半自動化された機械加工技術の開発は、接触時間(機械工が装置を作動させている時間)および機械加工部品のコストを低減させてきた。スイス製の機械(歴史的に)およびコンピューター数値制御(CNC)は、次第に複雑になる機械加工作業を自動化することができたため、採用を増大させてきており、部品当たりの機械工作業時間も低減されている。しかしながら、他の技術も台頭してきており、それらはまた機械加工された機械部品の優位性を脅かしてきている。

【0002】

オブジェクトの3次元印刷(形成)は発展中の技術であり、噴射器および/または材料を使用して、オブジェクトを組み立てる。機械加工は材料のブロックから出発して、オブジェクトが形成されるまで材料を取り除くものであるが、3次元印刷は対照的に、オブジェクトが形成されるまで少しずつ部品を構築する。初期の3次元印刷は、噴射された流体を使用して、発現されていく部品の質量全部をもたらしていた。他の方法は、取り入れられた粒子および/または固体材料を使用して、形成されるオブジェクトの質量の大部分をもたらしている。材料の全部を噴射流体を介して提供するものではないことにより、3次元印刷の速度は増大され、コストも低減された。3次元印刷は引き続き、発展中の技術であり、在来の方法と競合するところに近づきつつある。

【図面の簡単な説明】

【0003】

添付図面は、本願に記載の原理の種々の例を示すものであり、明細書の一部である。図示された例は、単に例示のために与えられており、請求項の範囲を限定するものではない。

【0004】

図1は、本願に記載の原理の例に従って高溶融温度ポリマーから多層オブジェクトを形成するためのシステムの概略図である。

【0005】

図2は、本願に記載の原理に合致する一つの例に従うシステムの概略図である。

【0006】

図3は、本願に記載の原理の例に従って高溶融温度ポリマー粒状物から強固化部品を形成するための方法を示すフローチャートである。

【0007】

図4は、本願に記載の原理の一つの例に従うポリマー粒状物の層の平面図を、部品を形成する強固化ゾーンおよび熱溜めの両者と共に示している。

【0008】

図面全体を通して、同一の参照番号は、必ずしも同一ではないが類似している要素を指している。図面は必ずしも縮尺通りではなく、幾つかの部品の大きさは、図示の例をより明確に示すために誇張されていてよい。さらにまた、図面には説明と合致する例および/

10

20

30

40

50

または実施形態が提示されている；しかしながら、説明は図面に提示された例および／または実施形態に限定されるものではない。

【発明を実施するための形態】

【0009】

これまで3次元印刷ではポリマーを使用して図形を生成することが可能である。こうした図形は使用されるポリマーに起因して、機械的強度を欠くことが多い。幾つかの場合には、図形が3次元印刷を使用して製造され、次いで例えば消失ワックスプロセスを用いて、金属部品を鋳造するために使用されている。これは場合によっては部品を機械加工するよりもコスト効率が高いが、全体としては、作業数が増大した異なる技術(印刷および鋳造)が使用されることから、この手法の採用は遅れがちであった。

10

【0010】

材料科学もまた、新たな高熔融温度ポリマーという形で、解決策を提示してきている。高熔融温度ポリマー(「HTP」)は、構造ポリマーおよび／またはエンジニアリングポリマーとも呼ばれ、多くの場合にアルミニウムや低グレードのスチールから形成される金属部品と類似した高い機械的強度、低いクリープ、および高い剛性を有している。この明細書の目的について、HTPは少なくとも250の熔融温度を有するポリマーである。HTPは在来金属部品よりも小さな延性を有してよく、そのクリープ強度は一般に低い。しかしながら金属とは異なり、HTPは成型されてよい。以前は金属製であったコンポーネントをHTPから成型すると、多くの設計について機械加工されたコンポーネントよりもコストを節約することができる。成型により、部品当たりの低いコスト、非常に高い精度、部品ごとのバラツキの小さい高い再現性、優れた処理量、および機械加工された金属部品に優る他の利点がもたらされる。しかしながら、一つには成型のためにHTPを熔融するために使用される高温、高い粘度、および関連する圧力のために、HTPの成型は困難である。それでもなお、成型されたHTP部品は、機械的に要求の厳しい用途において、使用が増大している。

20

【0011】

高熔融温度ポリマー(「HTP」)の成型は、一般にはアルミニウムまたはスチールの何れかである型を使用する。所望とする部品を製造するために型を準備し、部材を成型し、型を調節し、そして追加の部材を成型することは、時間を消費し、また費用のかかるものとなりうる。このことは、その部品について設計がまだ固まっていない場合には、成型を実現困難にする可能性がある。これは多くの場合に、小さなバッチおよび／またはプロトタイプ用途について、機械加工された金属部品および／または機械加工されたHTP部品の何れかを使用することを意味していた。これは、部品の設計が最終段階にある場合に型の開発のための時間および費用を回避させるが、依然として高い機械加工費用および実質的な材料の浪費を伴う。

30

【0012】

高熔融温度ポリマーから3D印刷部品を形成する能力を開発すれば、他の3D印刷されたポリマーよりも高い強度および靱性を持つ3D印刷部品がもたらされることになる。3D印刷は、部品の少量生産、および検証研究のために最小テスト仕様および最大テスト仕様を形成する等といった、開発／設計テストによく適した技術である。こうした部品は製品開発のサイクル時間を低減させ、コストを低下させ、および／またはプロジェクトのリスクを減少させる。

40

【0013】

HTPから3次元部品を印刷することには、熔融温度の低いポリマーで印刷を行うことと比較すると、付加的な課題がある。例えば、ポリマーの熔融温度が高いことは、システムのコンポーネントに対して損傷をもたらす可能性がある。これにはベッドおよびスプレッダー(延展器)が含まれうる。これには流体噴射ヘッドが含まれうる。高い温度に達することは、部品に対してより大きなエネルギーが適用されることを意味する。高い温度はまた、より大きな温度差およびより大きな熱応力を生成する。システムに対する、システム内部での、そしてシステムからの熱流束がより大きいことから、制御はより困難になり得

50

る。流体噴射ヘッドは、流体噴射ヘッドのノズルおよび表面において、より大きな摩耗を受け、より多くの材料が堆積されることになりうる。高い温度と大きな熱流束は、流体噴射ヘッド内の流体の安定性に影響を及ぼしうる。

【0014】

付着された溶融剤および/またはマスキング剤とシステムの間での相互作用は、高溶融温度ポリマーを取り扱う場合により困難になる。流体噴射ヘッドは溶媒、例えば水を使用して、剤を表面へと運ぶ。溶媒は次いで蒸発して、剤を表面上に残存させる。サーマルインクジェット(TIJ)では、ヒーターが溶媒を蒸発させることによって気泡を形成し、この気泡が次に流体噴射ヘッドから液滴をターゲットに向けて押し出す。表面上における溶媒の乾燥時間は、加熱および/または冷却によって変化されてよい。乾燥時間はまた、揮発性の高い溶媒および/または複数の溶媒の使用によって変化されてよい。乾燥時間は、グリセリンのような湿潤剤を添加することによって延長されてよい。

10

【0015】

溶融剤を高溶融温度ポリマー粒子の表面上に付着させる場合、幾つかの付加的な課題が現れてくる。溶融剤を含有する液滴は、サーマルインクジェットの噴射器を機能させるために、液体、例えば水を含んでいる。しかしながら、液滴が接触するポリマー粒子は、その液体の沸点を遙かに上回る温度にある。このことは、液体が蒸気になる際の衝撃により、液滴が飛び散る結果を招きうる。しかしながら、ポリマー粒子の温度がさらに増大されると、ポリマー粒子が相互に保持され溶融剤の付着が達成可能な、安定した状況に到達することが見出されている。

20

【0016】

新規である別の要素は、より低温の形成環境を使用し、ポリマー粒子の最上層の一部を加熱することにある。このことは、システムのコンポーネントとしてより高価でない材料を使用することを可能にする。ポリマーは絶縁体として機能し、堆積中の部品の最上層にある新たに強化された部分と環境との間に、熱勾配が維持されることを許容する。これがうまく働くようにするためには、層を適用し、溶融剤でパターン化し、そして放射線(熱)源に曝露するプロセスを、比較的迅速に行う必要がある。そうでない場合には、熱損失が大きくなり、強化領域が固化温度未満に低下する可能性がある。固化によって反りおよび座屈が導入される可能性があり、追加の層を適用することはより困難になる。反りおよび座屈は、層形成のための自動化および半自動化方法に悪影響を及ぼす。

30

【0017】

ポリマー粒子の最上層の冷却を遅延させるための一つの方法は、熱溜めとして作用する領域をこの層に形成することである。これは、部品中へと取り込まれることのない最上層の部分に対し、溶融剤を適用することによって行われる。こうした領域には、低濃度の溶融剤が付与されてよい。したがって、照射が全体的に適用された場合には、熱溜めもまた加熱される。熱溜めは、形成される部品となる最上層の部分と、形成される部品の一部にはならないこの領域の間の、熱勾配を減少させる。熱の伝達は温度差に依存するのであるから、温度差を低減させることによって、形成される部品からの熱の流出は減少される。別の意味では、最上層に対して付加的な熱を熱溜めの形で追加することは、最上層の強化領域を、より長時間にわたって高温に維持することになる。この延長された時間は、形成された溶融ポリマー粒子が固化温度に達する前に、新たな最上層が形成されることを可能にする。最上部に新たな層が追加されると、形成される部品を絶縁し支持するように作用し、反りを惹起する熱勾配は低減され、そして反りに抵抗する機械的な支持がもたらされる。このことは、環境をポリマーのT_m付近まで上昇させることなく、ポリマー粒子の新たな層の全体を加熱することなく、および/または、より高いベッド温度をサポートするように堅牢化されたコンポーネントを使用することなく、高溶融温度ポリマーから作成される強化コンポーネントを形成することを可能にする。

40

【0018】

幾つかの例の中でも特に、本願の明細書および図面は多層オブジェクトを形成するためのシステムを開示しており、このシステムは：ポリマー粒子の層を形成するためのスプレ

50

ッダーと、ポリマー粒子が少なくとも250の溶融温度(T_m)を有することと；第一の溶融剤を層の第一の部分上に選択的に付着させ、そして第二の溶融剤を層の第二の部分上に選択的に付着させる流体噴射ヘッドと、ここで流体噴射ヘッドが溶融剤を層の第三の部分上に付着させないことと；そして第一の部分および第二の部分を加熱するための熱源と、ここで第一の部分は多層オブジェクトの一部であり第二の部分は多層オブジェクトの一部ではなく、そして第二の部分は後続の層におけるポリマー粒子の温度を上昇させることを含んでいる。

【0019】

本明細書はまた：ポリマー粒子の層を形成するためのスプレッダーと、ポリマー粒子が少なくとも250の溶融温度(T_m)を有することと；溶融剤をポリマー粒子の層の最上層上に選択的に付着させる流体噴射ヘッド；システムの作業領域をポリマー粒子の T_m より10下より高くなく加熱するベッドヒーターと；そして最上層を選択的に加熱するための放射線源とを含むシステムを考察しており、ここでポリマー粒状物の層の最上層上に新たな層を延展し、溶融剤をこの新たな層に適用し、そして新たな層を放射線源で加熱することは、最上層が新たな層で覆われるまで、最上層の温度がポリマー粒子の固化温度(T_s)より高いままであるようにして達成される。

【0020】

本明細書はまた方法を考察しており、この方法は：第一の温度のベッド領域において、多層アセンブリのポリマー粒子の最上層を第二の温度と第三の温度の間に加熱し；そして最上層の上部表面が第二の温度と第三の温度の間にある間に、流体噴射ヘッドを使用して最上層の上部表面に対して溶融剤を選択的に適用することを含み；ここで第三の温度は示差走査熱量測定(DSC)によって溶融ピークの最大点として求められるポリマー粒子の溶融温度(T_m)であり、第二の温度はポリマー粒子が粘性性となって付着された剤が粒子を変位させないようになる温度であり、そして第一の温度は T_m よりも少なくとも50低い。

【0021】

本明細書および添付の特許請求の範囲において使用するところでは、溶融温度(T_m)という用語は、関心事のポリマーの示差走査熱量測定における最大の溶融ピークによって定義される。熱勾配が大きいこと、規模が小さいこと、そしてファクタがあることによって、実効 T_m は定常状態、および/または遅い走査速度での溶融温度とは異なってよい。同様に固化温度(T_s)は、ポリマーを冷却する場合の最大の固化ピークである。高溶融温度ポリマーにおいては、溶融温度(T_m)および固化温度(T_s)が離れていて間に作業領域があるのが珍しいことではなく、そこでは材料が処理歴に応じて固体および/または液体であってよい。コンポーネントの形成された部分を T_m と T_s の間に維持することで、形成される部品の応力を低減してよい。 T_s を通る遷移をゆっくりとさせることによって、固化されるコンポーネントに閉じ込められる応力は低減されてよい。潜在的に有用なたとえば、金属部品の場合のクエンチング対アニーリングであり、機構は明らかに全く異なるものの、小さな熱勾配でのゆっくりとした遷移は、系が応力を緩和するためのより多くの時間をもたらす。

【0022】

本明細書および添付の特許請求の範囲において使用するところでは、用語「ベッド温度」は、溶融剤によって吸収されたエネルギーによって優先的に加熱されていない、粒状物層にある粒状物の温度を指している。粒状物層の熱溜め(単数または複数)および強固化部分(単数または複数)は、これらから除外される。ベッド温度と強固化領域の間に勾配をもたらす能力は、よりコストの低い、より温度感受性の高いコンポーネントを使用することを可能にする。これは迅速な層形成、パターンニング、および加熱のサイクルを使用することによって容易になり、例えばマルチジェットフュージョンプロセスに関連する迅速サイクルである。

【0023】

以下の記述においては、本件のシステムおよび方法の完全な理解を提供するために、説

10

20

30

40

50

明の目的で多くの具体的詳細を記載する。しかしながら当業者には明らかなように、本件装置、システム、および方法は、これらの具体的詳細と離れて実施されてよい。明細書における「ある例」または同様の記述に対する参照は、その例に関して記載される特定の特徴、構造、または特性が記載されたように含まれていることを意味するが、他の例では含まれていてもよく、含まれていなくともよい。

【0024】

さて図面に転ずると、図1は、本願に記載の原理の例に従って、高熔融温度ポリマーから多層オブジェクトを形成するためのシステム(100)の概略図である。このシステム(100)は：ポリマー粒子(110)の層を形成するスプレッダー(120)と、このポリマー粒子(110)が少なくとも250 の熔融温度(T_m)を有すること；第一の溶融剤(132)を層の第一の部分上に選択的に付着させ、そして第二の溶融剤(134)を層の第二の部分上に選択的に付着させる流体噴射ヘッド(130)と、ここで流体噴射ヘッドは溶融剤(132、134)を層の第三の部分上に付着させないこと；および第一の部分および第二の部分を加熱する熱源(140)と、ここで第一の部分は多層オブジェクトの一部であり、第二の部分は多層オブジェクトの一部ではなく、そして第二の部分は後続の層におけるポリマー粒子(110)の温度を上昇させることを含んでいる。

10

【0025】

システム(100)は、高熔融温度ポリマーから多層オブジェクトを形成するためのシステムである。このシステム(100)では、ポリマー粒子(110)の層が形成され、次いで選択的に強固化されて、オブジェクトの層が形成される。ポリマー粒子(110)の別の層が適用され、そしてこのプロセスが繰り返される。オブジェクトは層から層へと、所望の厚さに達するまで構築される。この手法は、オブジェクト用の材料を堆積によって提供していくことに対して、幾つかの利点を有する。強固化されたポリマー粒子(110)を使用することは、より大きな処理量、および/または、より迅速な層形成時間を有する可能性がある。強固化されたポリマー粒子(110)を使用することは、より厚い層を有することであってよく、合計のオブジェクト形成時間を低減させる。強固化されたポリマー粒子(110)を使用することは、コンポーネントを構築するために異なる材料が堆積されていくシステムと比較して、形成されるオブジェクト内で、色、組成、強度などに分布が生じてしまうことをより困難なものとする。強固化されたポリマー粒子(110)を使用する手法はまた、ポリマー粒子(110)の層を形成するために、スプレッダー(120)を使用する。

20

30

【0026】

ポリマー粒子(110)は、多層オブジェクトを形成するための材料を提供する。ポリマー粒子(110)は高熔融温度ポリマーを含んでいる。高熔融温度ポリマーは、熔融温度が250 を超えるポリマーであってよい。高熔融温度ポリマーは、熔融温度が300 を超えるポリマーであってよい。高熔融温度ポリマーは、熔融温度が325 を超えるポリマーであってよい。高熔融温度ポリマーの例には、限定するものではないが：フッ化エチレンプロピレン(FEP、260 の T_m)；パーフルオロアルコキシアルカン(PFA、260 の T_m)；ポリアミド6,6(ナイロン6,6)(PA6,6、265 の T_m)；ポリフェニレンスルフィド(PPS、280 の T_m)；ポリアミド4,6(PA4,6、280 の T_m)；ポリフタルアミド(PPA、310 の T_m)；液晶ポリマー - ガラス複合体(例えばZenite)(LCP、319 の T_m)；ポリテトラフルオロエチレン(PTFE、327 の T_m)；ポリエーテルケトンケトン(PEEK、337 の T_m)；ポリエーテルエーテルケトン(PEEK、343 の T_m)；およびポリアリールエーテルケトン(PAEK、345 の T_m)；および/または液晶ポリマー(LCP、420 の T_m)が含まれる。

40

【0027】

ポリマー粒子(110)は単一のポリマー、例えばPEEKであってよい。ポリマー粒子(110)は、ポリマーの混合物、例えばPA6,6およびPA4,6であってよい。ポリマー粒子(110)は単分散であってよい。ポリマー粒子(110)は、複数の寸法分散、例

50

えば大きな平均径分散および小さな平均径分散を含んで、二峰性分散を生じさせてよい。幾つかの例では、より小さな粒子は、高い溶融温度(T_m)のポリマーで形成される。幾つかの例では、より小さな粒子は、低い溶融温度のポリマーで形成される。二峰性の寸法分散を用いると、単分散の寸法を使用する場合よりも、より高い密度の部品が達成されうる。

【0028】

ポリマー粒子(110)は他の成分と混合して、形成された多層オブジェクトを修正するようにしてよい。付加的な成分、例えば流動化剤および/または着色剤を追加することは、ポリマー粒子(110)の性能に影響を与えうるから、注意を払い、実験を行うことが必要となる可能性がある。ポリマー粒子(110)の粘着性は、追加の成分による影響を受けやすい。このことは、高温における粘着性は、半結晶性高溶融温度ポリマーのアモルファス部分の挙動によってもたらされる、という作業理論と一貫性がある。粘着性のある粒子において、結晶性部分が完全なままであるとすると、非常に薄い表面成分が、他の粒子と有効に相互作用することが可能であることになる。しかしながら、相互作用する層が薄いことから、比較的少量の二次的な材料によって、この挙動に対する妨害が許容されうる。

【0029】

スプレッター(120)は、ポリマー粒子(110)の層を形成するために使用される。スプレッター(120)は、ポリマー粒子(110)の層を形成する追加の粒状物を提供するための、フィード部を含んでいてよい。スプレッター(120)は、ポリマー粒子(110)の層を分散させ、および/または圧密化するための、振動コンポーネントを含んでいてよい。スプレッター(120)は、ポリマー粒子(110)の層を形成するために、単一回のパスを行ってよい。スプレッターは、ポリマー粒子(110)の層を形成するために、複数回のパスを行ってよい。幾つかの例では、後の方のパスでは、ポリマー粒子(110)の層の密度が増大される。スプレッター(120)は自動化されていてよい。スプレッター(120)は、半自動であってもよい。スプレッター(120)は、ユーザーによって手動で作動されてもよい。

【0030】

スプレッター(120)は、ポリマー粒子(110)の層を均一な深さ(厚さ)で形成してよい。スプレッターは、部品中での位置、ベッドにおける位置、および/または特徴解像度の関数として、形成されるポリマー粒子(110)の層の厚さを変化させてよい。幾つかの例では、スプレッター(120)は、最初の層および/または最初の数層について第一の厚さを使用し、次いで後続の層は第二の厚さへと変化させる。

【0031】

スプレッター(120)はローラーであってよい。ローラーは、移動の方向、および/または移動とは逆の方向に回転してよい。幾つかの例では、ローラーは、ポリマー粒子(110)の層を圧密化し、および/または密度を増大させる。スプレッター(120)はブッシェーであってよい。スプレッター(120)は、平滑化ブレードを含んでいてよい。スプレッター(120)は、例えば平滑化を行う第一のローラーおよび圧密化を行う第二のローラーとして、複数のローラーを含んでいてよい。

【0032】

スプレッター(120)は、ポリマー粒子(110)の延展の他に、付加的な機能をもたらしうるものであってよい。スプレッターは、ポリマー粒子(110)をパターン化してよい。スプレッター(120)は、ポリマー粒子(110)を適用してよい。スプレッターは、ポリマー粒子(110)の層を加熱し、および/または冷却してよい。スプレッター(120)は、流体噴射ヘッド(130)と組み合わせられてよい。幾つかの例では、第一の溶融剤(132)および/または第二の溶融剤(134)を延展し適用する動作は、単一回のパスで行われる。

【0033】

スプレッター(120)は、複数の粒子フィード部を含んでいてよい。幾つかの例では、スプレッター(120)は、最初の層については粒子の第一の分配量をもたらし、そして後

10

20

30

40

50

続の層については粒子の第二の分配量をもたらす。スプレッダー(120)は、第一の分配量の粒子を第一のパスで適用し、第二のパスではより小さな粒子を第二の分配量で適用してよい。スプレッダー(120)は、層の下部付近においては小さな粒子を第一の分配量で適用し、ポリマー粒状物(110)の層の上部付近では、より大きな粒子を含む第二の分配量を適用してよい。

【0034】

流体噴射ヘッド(130)は、第一の溶融剤(132)および第二の溶融剤(134)を、ポリマー粒子(120)の層上へと噴射する。流体噴射ヘッド(130)は、プリントバーの一部であってよい。流体噴射ヘッド(130)は、形成領域に対して静止していてもよく、および/または移動するものであってもよい。流体噴射ヘッド(130)は、ポリマー粒子(110)上にパターン化するための、複数の溶液を含んでいてよい。流体噴射ヘッド(130)は、溶融剤(132、134)を含んでいてよい。流体噴射ヘッドは、放射線源(140)からの放射線の吸収を選択的に低減させるためのマスキング流体を含んでいてよい。

10

【0035】

第一の溶融剤(132)は、放射線源(140)によるエネルギーの吸収を増大させる。第一の溶融剤(132)は、電磁放射線の広範なスペクトルを吸収するものであってもよい。第一の溶融剤(132)は、電磁放射線の狭い波長を吸収するものであってもよい。第一の溶融剤(132)は溶媒中に担持されていてよく、そこでは溶媒は流体噴射ヘッド中における推進剤として作用する。例えば、第一の溶融剤(132)は水中にあってもよい。この第一の溶融剤は、湿潤剤、抗コゲーション剤、界面活性剤、イオン源、pH調節剤、キレート剤、および/またはこれらの組み合わせと混合されてよい。

20

【0036】

第二の溶融剤(134)は、放射線源(140)から吸収されるエネルギーを増大させる。第二の溶融剤(134)は第一の溶融剤(132)と同じ剤であってよいが、溶液中において異なる濃度を有する。第二の溶融剤(134)は、第一の溶融剤(132)と同じ処方であってよいが、ポリマー粒子(110)上へと異なる濃度で適用される。

【0037】

第一の溶融剤(132)および第二の溶融剤(134)は、異なる物質を含むものであってもよい。溶融剤(132、134)は：カーボンブラック、プラチナブラック、チタンブラック、アイボリーブラック、ブラック酸化鉄、グラファイト、アニリンブラック、および/またはアントラキノンブラックを含んでいてよい。第一の溶融剤(132)および第二の溶融剤(134)は、任意の近赤外吸収性染料および/または顔料を含んでいてよい。これらは、赤外領域および/または可視領域において強く吸収する材料を含んでいてよい。幾つかの他の例には、セシウムドープ酸化タングステン顔料および金属ジチオレン化学染料が含まれる。溶融剤(132、134)についてのさらなる考察は、O l u b u m m o の P C T / U S 2 0 1 7 / 0 1 6 6 8 1 「金属ビス(ジチオレン)錯体を含有する溶融剤」に見出すことができ、その内容は参照によって本願に取り入れるものとする。

30

【0038】

放射線源(140)は、ポリマー粒子(110)の層の、第一の溶融剤(132)および/または第二の溶融剤(134)で処理された部分によって優先的に吸収されるエネルギーをもたらす。ポリマー粒子(110)の層の未処理領域は、放射線源(140)からのエネルギーを吸収するものであってもよい。未処理のポリマー粒子(110)は、未処理のポリマー粒子(110)上に照射される放射線源からの放射線エネルギーの、10%未満を吸収するものであってもよい。つまり幾つかの例においては、放射線の90%より多くが、未処理のポリマー粒子(110)によって反射され、および/または伝達される。

40

【0039】

放射線源(140)は、パルス式の照射光源であってよい。パルス式の照射光源は、大量の光を比較的短時間のうちに適用することができる。このことは、3次元形成のような処理量の大きな動作について、パルス式の照射光源をエネルギー源として有用なものにする。パルス式の照射光源はまた、例えばレーザーのような点光源としてではなく、全体(

50

フラッド)モードで使用してよい。処理領域の全体を同時に照射すると、均一性に関する利点だけでなく、処理量に関する利点も提供される。ポリマー粒子(110)の層を同時に処理することは、強固化部品における内部応力を低減する可能性がある。同時処理は、より均一な加熱および冷却をもたらす可能性がある。

【0040】

パルス式の照射光源は、単色であってよい。パルス式の照射光源は、赤外周波数、可視周波数、および/または紫外周波数の波長を含む、分散した波長を有するものであってよい。パルス式の照射光源は、発光ダイオード(LED)、LEDアレイ、プラズマ、フィラメント、および/またはポリマー粒子(120)を加熱するのに使用される電磁放射線を発生する他のコンポーネントを使用するものであってよい。

10

【0041】

放射線源(140)は、放射線を単一のパルスとしてもたらすものであってよい。放射線源(140)は、放射線を一連のパルスとしてもたらすものであってよい。これらのパルスは、同じ波長および/またはエネルギーのものであってよい。これらのパルスは変化してよく、例えば、ポリマー粒子(120)を加熱するために第一の種類のパルスが使用されてよく、そしてエネルギー、波長、長さ、周波数、スペクトル、および/または他の特性が異なる第二のパルスが、第一のパルスの後に使用されてよい。放射線源によってもたらされる放射線の波長は、例えば、溶融剤中には見られるがポリマー粒子(110)中には見られない結合に基づき、溶融剤の優先的吸収周波数を基礎として選択されてよい。同様に、溶融剤の優先的吸収に基づかない加熱パルスおよび/または維持パルスが適用されてよい。ポリマー粒子(110)中の特徴的な化学結合と優先的に相互作用する波長を選択することが有用でありうる。

20

【0042】

図2は、本明細書と一貫性のある一つの例に従うシステムの概略図である。このシステム(100)は：ポリマー粒子(110)の層を形成するスプレッダー(120)と、このポリマー粒子が少なくとも250の溶融温度(T_m)を有すること；溶融剤(132、134)をポリマー粒子(110)の層の最上層上に選択的に付着させる流体噴射ヘッド(130)と；システムの作業領域をポリマー粒子(110)の T_m より10下より高くなく加熱するベッドヒーター(250)と；およびポリマー粒子(110)の最上層を選択的に加熱する放射線源(140)とを含み、ここで新たな層をポリマー粒子(110)の層上に延展すること、溶融剤(132、134)を新たな層に適用すること、そして新たな層を放射線源(140)で加熱することは、最上層が新たな層で覆われるまで、最上層の温度がポリマー粒子(110)の固化温度(T_s)より高いままであるようにして達成される。

30

【0043】

このシステム(100)は、ポリマー粒子(110)から強固化部品を形成するためのシステムである。このシステム(100)は、ポリマー粒子(110)の層の一部を選択的に加熱するために、溶融剤(132、134)を使用する。

【0044】

ベッドヒーター(250)は、部品が溶融されている部品形成領域へと熱をもたらす。ベッドヒーター(250)は、温度センサーを含んでいてよい。ベッドヒーター(250)はコントローラ、例えば比例、積分、微分(PID)コントローラを含んでいてよい。ベッドヒーター(250)は、部品形成の動的プロセスに対処するために、予め規定された加熱プロファイルを使用してよい。幾つかの例では、予め規定された加熱プロファイルは、共通する部品設計の複数の実例を通じて改善される。

40

【0045】

ベッドヒーター(250)は、加熱コイル、例えば電気抵抗加熱素子、スチームライン、その他を含んでいてよい。ベッドヒーター(250)は上限を有していてよく、例えばベッドヒーター(250)は熱交換器であってよく、そこにおいて熱交換器に入力される液体は、ポリマー粒子(110)の溶融温度に対してある温度低い。

【0046】

50

図3は、熔融温度(T_m)のポリマーを使用して、多層アセンブリを形成するための方法(300)のフローチャートを示している。この方法(300)は：ベッド領域を T_m より少なくとも10℃低く保持する間に、多層アセンブリのポリマー粒子(110)の最上層を第一の温度に加熱し、ここで第一の温度はポリマー粒子(110)が十分に粘着性となって付着された剤による変位に抵抗する温度より高く(390)；そして最上層の上部表面が第一の温度にある間に、流体噴射ヘッド(130)を使用して最上層の上部表面に対し溶融剤(132、134)を選択的に適用することを含んでいる(392)。

【0047】

この方法(300)は、熔融温度(T_m)のポリマーを使用して、多層アセンブリを形成するための方法(300)である。ポリマー粒子(110)は、熔融温度が T_m の半結晶性高溶融温度ポリマーであってよい。この T_m は、ポリマー粒子(110)の示差走査熱量測定(DSC)上での最大溶融ピークを用いて求められてよい。

【0048】

この方法(300)は、ベッド領域を T_m より少なくとも10℃低く保持する間に、多層アセンブリのポリマー粒子(110)の最上層を第一の温度に加熱することを含み、ここで第一の温度は、ポリマー粒子(110)が十分に粘着性となって、付着された剤による変位に抵抗する温度より高い(390)。ポリマー粒子(110)の層が粘着性となるようにして、変位に抵抗するようにすることは、層を混乱させずに溶融剤でのパターン化を行うことを可能にする。溶融剤(132、134)溶液の沸点と、ポリマー粒状物の熔融温度との間にあるこの粘着性領域の存在は、形成されるオブジェクトの寸法制御を向上させる。

【0049】

この方法(300)は、最上層の上部表面が第一の温度にある間に、流体噴射ヘッド(130)を使用して、最上層の上部表面に対して溶融剤(132、134)を選択的に適用することを含んでいる(392)。溶融剤(132、134)の選択的な適用は、領域の選択的な加熱を可能なものとし、他の領域が低いベッド温度のままである間に強固化部品を形成して、システム(100)に対する損傷を回避させる。ポリマー粒状物を使用して形成領域を絶縁すること、および迅速に層を形成し、層をパターン化し、そして所望の部分を選択的に加熱することのできる能力は、システムを堅牢化せずに、高い熔融温度のポリマーから強固化部品を形成することを可能にする。この動的制御のアプローチは、ベッドを粒状物(110)の熔融温度付近に持ってくるシステムに対して、装置コストおよび処理量の面での利点をもたらす。

【0050】

低い温度においては、材料と共に液体を付着させることは比較的簡単である。流体はインクジェットに配置される。インクジェットは液滴を賦活し、基材に対して噴出する。サーマルインクジェット(TIJ)では、液滴は気泡を形成することによって噴出されるが、気泡は膨張し、流体を押し出す。圧電インクジェット(PIJ)においては、圧電アクチュエータには電圧が印加され、形状変化を生じて液滴を噴出する。液滴は基材上に着弾する。すると液体中の溶媒が乾燥し、付着された材料が表面上に残存する。幾つかの場合には、例えば、溶媒を蒸発させ、および/または付着された材料を重合させる二次的なヒーターによって表面が加熱される。

【0051】

しかしながら、表面温度が増大し、混合物の沸点を過ぎると、挙動は変化する可能性がある。液滴が、その液滴の沸点よりも高い温度にある表面上に落下されると、表面との接触によって蒸気層が形成されてよく、それが液滴を持ち上げ、表面の周囲に無秩序に振り撒く。このありふれた例は、熱い鍋の上の水滴である。よって、液滴がその液滴の沸点を超えるポリマー粒子(110)の層の上に着弾すると、その液滴は表面上であちこち動き回り、および/または蒸発する気体によって圧力の増大を招くため、液滴の動きによって、ポリマー粒子の層は攪乱されうる。さらに、液滴中の溶融剤(132、134)が付着される最終的な位置は、目標位置から酔歩した位置である。このことは、溶融剤(132、134)をポリマー粒子(110)の層上に有効にパターン化することを妨げうる。パターン

化なしでは、放射線源(140)を用いて熱を選択的に適用する能力が損なわれる。

【0052】

熔融温度の高いポリマーについては、ポリマー粒子(110)がひとたび十分に高い温度に到達したなら(しかしまだ T_m よりは低い)、ポリマー粒子(110)は粘着性となることが見出されている。その結果、付着された液滴はポリマー粒子(110)の層を攪乱することではなく、そして溶融剤(132、134)はポリマー粒子(110)上に有効にパターン化されうる。なんらかの具体的な理論に拘束されることを望むものではないが、半結晶性ポリマー粒子(110)のアモルファス部分が相互作用し、この相互作用がポリマー粒子(110)の間に粘着性をもたらし、ポリマー粒子を一体に保持するものと考えられる。この現象は、ポリマー粒子(110)の結晶部分が最終的に影響を受ける T_m よりも実質的に低い温度で生じうる。幾つかの例では、この第二の温度は T_m より70 低い。幾つかの例では、この第二の温度は T_m より50 低い。第二の温度は T_m より30 低くてよい。第二の温度は、 T_m より20 低くてよい。第二の温度の決定は、組成を含めて、ポリマー粒子(110)に依存している。

10

【0053】

定格が200 の温度および/または150 の温度のコンポーネントは、例えば300 においても機能を保持するコンポーネントよりも、低コストの材料および/または方法から製造されてよい。耐熱性の高い、高価なコンポーネントを用いてシステム(100)を堅牢化する代わりに、この方法はベッド領域内で、高温の操作を局在化させる。このことは、システムが機能を保持することを確保するために高価な材料を使用することのない、作動温度を可能にする。ポリマーおよび環境は、第一の温度と第三の温度の間に温度勾配を維持するために、十分に絶縁性に保持されうる。

20

【0054】

幾つかの例では、第一の温度は T_m より少なくとも100 低い。幾つかの例では、第一の温度は T_m より少なくとも50 低い。幾つかの例では、第一の温度は T_m より少なくとも30 低い。幾つかの例では、第一の温度は T_m より少なくとも10 低い。幾つかの成功した実験では、ベッド温度は180 に制限されており、これに対してポリマー粒状物(110)の最上層において強固化された粒状物の T_m は345 であった。他の試験においては、強固化されるポリマー領域における450 の温度をサポートするために、180 のベッド温度が使用された。ベッド温度と強固化されたポリマー粒状物(110)の温度の間においては、大体400 までの温度差が達成可能である。明らかに、温度差が大きくなれば、それに関連する課題も出てくる。例えば、複数層の熱溜めの使用、および/または、より多くのおよび/または大きな熱溜めを含む、より厚い層の使用が必要となりうる。より大きな温度差は、冷却速度に対して制御を行うことをより困難にする。酸素環境(例えば空気)における高温は、幾つかのポリマーについては酸化、劣化、および/または分解を生ずる結果となりうる。不活性および/または真空環境を使用して対流を低減させると、高温化が容易になる。実際には200 の差であれば、150 を超える耐熱性を持たないベッド温度を使用して、種々の高溶融温度ポリマー、例えばPEEKおよび上述した例示的なポリマーの殆どについて形成を行うことが可能になる。この低いベッド温度は、より高いベッド温度をサポートするよう設計されたシステムと比較して、システムコストを削減しうる。幾つかの例では、このシステムは、温度堅牢化されたシステムのコストの半分から四分の一でありうる。このことは、マルチジェットフュージョンによってもたらされる処理量の利点と相俟って、他の方法および装置を使用した場合には高価にすぎる多くの用途について、HTPから得られる3D印刷部品を手頃で実用的なものとする。

30

40

【0055】

ベッド温度は120 に制限されてよい。ベッド温度は150 に制限されてよい。ベッド温度は180 に制限されてよい。システム(100)およびシステム(100)のベッド領域にあるコンポーネントの温度耐性に応じて、他のベッド温度を選択してよい。ベッド温度とポリマー層(110)のピーク温度の間における、大体400 までの温度差は

50

、層の適切なパターン化および丹念な制御によってサポートされうる。最上層を迅速に形成し、パターン化し、そして加熱することのできる能力は、オブジェクトの形成中に大きな温度差を達成し、過剰の冷却を回避することの一部をなす。

【 0 0 5 6 】

図 4 は、本願に記載の原理の一つの例にしたがう、ポリマー粒状物(1 1 0)の層の平面図を、部品を形成することになる強固化ゾーン(4 6 0)および熱溜め(4 7 0)の両者と共に示している。

【 0 0 5 7 】

図 4 は、引張試験片(別名「ドッグボーン(垂鈴形)」)形状の強固化ゾーン(4 6 0)を示している。熱溜め(4 7 0)が、試験片の細長い部分の両側に配置されている。熱溜め(4 7 0)を強固化ゾーン(4 6 0)の細長い部分の付近に追加することは、試験片の両端と試験片の中央の冷却速度を等しくするのを助ける。熱溜め(4 7 0)によってもたらされる余剰の熱はまた、層の全体の冷却速度を低下させ、例えば強固化ゾーン(4 6 0) および / または熱溜め(4 7 0)を、ポリマー粒子を構成するポリマーの固化温度(T_s)よりも高く保持する。

【 0 0 5 8 】

明らかに、図示の例は、熱溜め(4 7 0)のコンセプトを非常に単純化して適用している。熱溜め(4 7 0)は、熱流束に対する理解に基づいて配置されてよい。幾つかの例では、流体噴射ヘッド(1 3 0)に対して情報を提供するシステム(1 0 0)はプロセッサを含んでおり、これが溶融剤の位置、大きさ、および / または濃度を計算して、強固化ゾーン(4 6 0)を含むポリマー粒子(1 1 0)の層の冷却速度および均一性を制御する。

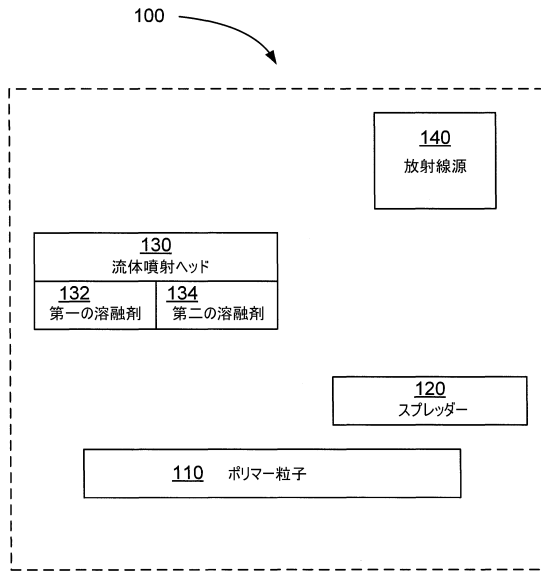
【 0 0 5 9 】

幾つかの例では、熱溜め(4 7 0)は、強固化部品を形成するために使用される複数の層に隣接する層上の異なる位置に配置される。幾つかの例では、熱溜め(4 7 0)幾つかの層上には配置されるが、他の層上には配置されない。例えば、熱溜め(4 7 0)一つおきの層上に配置されてよく、二つおきの層に配置されてよく、三つのうち二つの層に配置されてよいといった具合である。熱溜め(4 7 0)は非常に小さくてよく、例えばポリマー粒子(1 1 0)の層に適用される溶融剤(1 3 2、 1 3 4)単一の液滴程度の大きさであってよい。幾つかの例では、ポリマー粒子(1 1 0)の層の広い領域が、数百の小さなおよび / または単一の液滴による熱溜め(4 7 0)を有する。幾つかの例では、ポリマー粒状物(1 1 0)の複数層の第一の層および / または最初の数層が、パターン化された熱溜め(4 7 0)を、強固化領域(4 6 0)なしに含んでいてよい。適切な温度のベース領域が形成されたなら、強固化領域がパターン化されてよい。

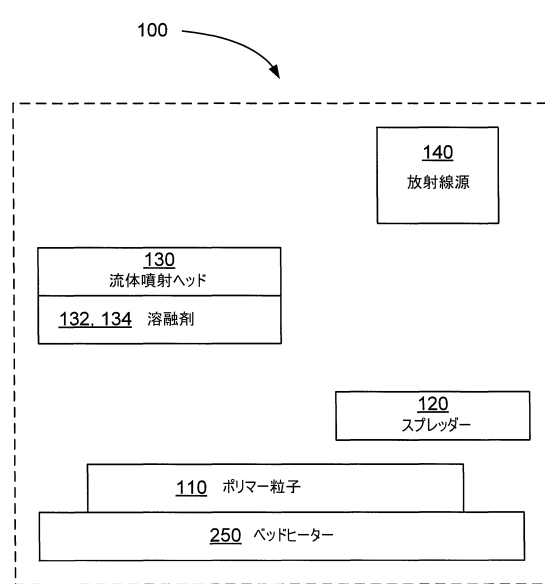
【 0 0 6 0 】

以上の説明は、記載されている原理の例を解説し記述するために提示されてきている。この説明は網羅的であることを意図しておらず、またこれらの原理を任意の開示された特定形態に限定することを意図したものでもない。上述の教示に照らして、多くの修正例および変型例が考えられる。

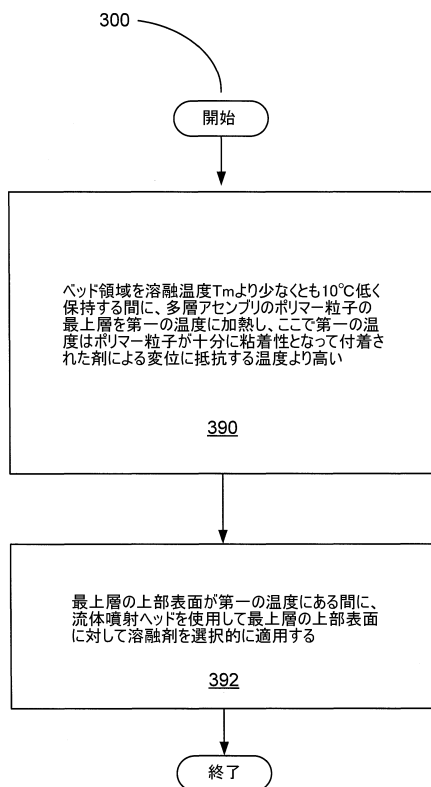
【図 1】



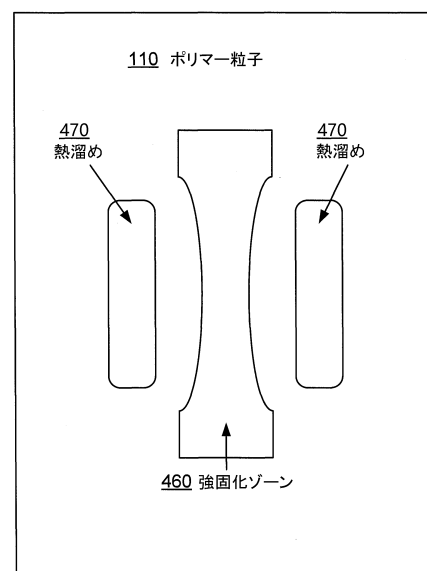
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

- (72)発明者 エリクソン, クリストファー, ジェイ
アメリカ合衆国カリフォルニア州 9 4 3 0 4 , パロアルト, ページ・ミル・ロード・1 5 0 1
- (72)発明者 チャオ, リーファ
アメリカ合衆国カリフォルニア州 9 4 3 0 4 , パロアルト, ページ・ミル・ロード・1 5 0 1

審査官 関口 貴夫

- (56)参考文献 国際公開第 2 0 1 6 / 0 5 3 2 4 8 (WO , A 1)
国際公開第 2 0 1 6 / 1 7 5 8 1 3 (WO , A 1)
国際公開第 2 0 1 6 / 1 4 0 6 7 0 (WO , A 1)
国際公開第 2 0 1 7 / 0 1 9 0 8 8 (WO , A 1)

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