

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6733040号  
(P6733040)

(45) 発行日 令和2年7月29日(2020.7.29)

(24) 登録日 令和2年7月10日(2020.7.10)

(51) Int. Cl.	F I
<b>B 2 9 C 64/209 (2017.01)</b>	B 2 9 C 64/209
<b>B 2 9 C 64/118 (2017.01)</b>	B 2 9 C 64/118
<b>B 2 9 C 64/295 (2017.01)</b>	B 2 9 C 64/295
<b>B 2 9 C 64/241 (2017.01)</b>	B 2 9 C 64/241
<b>B 2 9 C 64/30 (2017.01)</b>	B 2 9 C 64/30

請求項の数 36 (全 45 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2019-505327 (P2019-505327)
(86) (22) 出願日	平成29年4月14日 (2017.4.14)
(65) 公表番号	特表2019-513600 (P2019-513600A)
(43) 公表日	令和1年5月30日 (2019.5.30)
(86) 国際出願番号	PCT/US2017/027696
(87) 国際公開番号	W02017/181060
(87) 国際公開日	平成29年10月19日 (2017.10.19)
審査請求日	平成30年12月12日 (2018.12.12)
(31) 優先権主張番号	62/322,602
(32) 優先日	平成28年4月14日 (2016.4.14)
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)

(73) 特許権者	518363657 ブランチ・テクノロジー・インコーポレイ テッド BRANCH TECHNOLOGY, INC. アメリカ合衆国37405テネシー州チャ タヌーガ、チェロキー・ブルバード10 0番、スウィート125
(74) 代理人	100106518 弁理士 松谷 道子
(74) 代理人	100138863 弁理士 言上 恵一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多孔質製造およびアディティブ製造用装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

多孔質マトリックス構造体を構築する装置であって、

- a. 多孔質マトリックス構造体成分を押し出す押出機と、
  - b. 前記押出機が構造体成分を押し出して前記構造体成分を所望の位置に配置して前記押出機が他の成分の選択されたものに連結されている間に、前記成分が製造される場合に、複数の所定の経路に沿って前記押出機を移動させる多軸運動デバイスと、
  - c. 前記押出機を移動させ、前記押出機の稼働を制御する制御器と
- を含んで成り、

前記押出機は、ノズル本体内の押出オリフィスに延びる押出物通路を含んで成る前記ノズル本体をさらに含んで成り、前記押出物オリフィスはマルチアーム断面形状を含んで成り、前記ノズル本体が前記ノズル本体を介して少なくとも部分的に延びている冷却剤通路をさらに含んで成り、

前記マルチアーム断面形状は、前記マルチアーム断面形状の中央部から離れて延びる少なくとも2つのアームを含んで成り、前記冷却剤通路は、前記少なくとも2つのアーム間に少なくとも部分的に設置されており、

前記マルチアーム断面形状の少なくともいくつかのアームがブランチを含む、装置。

【請求項2】

少なくともいくつかの前記ブランチは前記マルチアーム断面形状の前記中央部から離間している、請求項1に記載の装置。

10

20

## 【請求項 3】

前記マルチアーム断面形状は、押出物が該押出物と充填材料との間の機械的結合を強化するアンカー部を含むように、該押出物を成形する、請求項 1 に記載の装置。

## 【請求項 4】

多孔質マトリックス構造体を構築する装置であって、

a . 多孔質マトリックス構造体成分を押し出し、

( i ) 前記ノズル本体内の押出物オリフィスへ延びている押出物通路、および

( i i ) 前記ノズル本体を介して少なくとも部分的に延びている冷却剤通路

を含んで成るノズル本体をさらに含んで成る押出機と、

b . 前記成分が製造される場合に、前記押出機が構造体成分を押し出して前記構造体成分を所望の位置に配置して前記押出機が他の成分の選択されたものに連結されている間に、複数の所定の経路に沿って前記押出機を移動させる多軸運動デバイスと、

c . 前記押出機を移動させ、前記押出機の稼働を制御する制御器とを含んで成り、

前記押出物オリフィスはマルチアーム断面形状を含んで成り、

前記マルチアーム断面形状は、前記マルチアーム断面形状の中央部から離れて延びる少なくとも 2 つのアームと、その少なくとも一部が前記マルチアーム断面形状の 2 つのアームの間に少なくとも部分的に設置されている前記冷却剤通路とを含んで成る、装置。

## 【請求項 5】

前記冷却剤通路は冷却剤を運ぶように構成され、前記押出物通路は押出物を運ぶように構成されており、前記押出物が前記押出物通路内にある間、前記冷却剤は少なくとも部分的に前記押出物を固めるように構成されている、請求項 4 に記載の装置。

## 【請求項 6】

前記冷却剤通路は冷却剤を運ぶように構成されており、前記押出物通路は押出物を運ぶように構成されており、前記押出物が前記押出物オリフィスから押し出された後に前記冷却剤は前記押出物を少なくとも部分的に固めるように構成されている、請求項 4 に記載の装置。

## 【請求項 7】

前記冷却剤通路は冷却剤を運ぶように構成されており、前記押出物通路は押出物を運ぶように構成されており、前記押出物が前記押出物通路内にある間に前記押出物が前記押出物オリフィスから押し出された後に前記冷却剤は前記押出物を少なくとも部分的に固めるように構成されている、請求項 4 に記載の装置。

## 【請求項 8】

前記冷却剤通路は、冷却剤が前記押出物オリフィスで押出物と接触するように、冷却剤オリフィスへ延びている、請求項 4 に記載の装置。

## 【請求項 9】

冷却剤が前記押出物オリフィスの押出物ダウンストリームと接触するように、前記冷却剤通路が冷却剤オリフィスへ延びている、請求項 4 に記載の装置。

## 【請求項 10】

前記冷却剤通路は、前記押出物通路の一部分の周りに少なくとも部分的に延びている断面形状を有する少なくとも一部分を含む、請求項 4 に記載の装置。

## 【請求項 11】

前記装置は加熱流体通路をさらに含んで成る、請求項 4 に記載の装置。

## 【請求項 12】

加熱流体が加熱ゾーン内の前記ノズル本体の外で押出物と接触するように、前記加熱流体通路が前記ノズル本体内の加熱流体オリフィスへ延びている、請求項 11 に記載の装置。

## 【請求項 13】

前記加熱ゾーンは、前記押出物と第 2 構造体との間の連結点に設置されている、請求項 12 に記載の装置。

10

20

30

40

50

## 【請求項 1 4】

前記第 2 構造体が押し出された材料の第 2 セグメントである、請求項 1 3 に記載の装置。

## 【請求項 1 5】

前記装置は、前記押出機により押し出された押出物の一部分にマーキング媒体を向かわせるように構成されたマーキング媒体通路をさらに含んで成る、請求項 4 に記載の装置。

## 【請求項 1 6】

前記多軸運動デバイスは、少なくとも 3 つの自由度において移動可能なロボット・アームを含んで成る、請求項 4 に記載の装置。

## 【請求項 1 7】

前記押出機は押出スクリーを含んで成る、請求項 4 に記載の装置。

10

## 【請求項 1 8】

前記装置は非水平に、垂直にまたは天井に設置されたビルド・プラットフォームに押出物を押し出すように構成されている、請求項 4 に記載の装置。

## 【請求項 1 9】

前記装置は、非平面ビルド・プラットフォームまたは非平面オブジェクトに押出物を押し出すように構成されている、請求項 4 に記載の装置。

## 【請求項 2 0】

前記装置は、前記押出物とその下に直接支持されていない領域に、押出物を押し出すように構成されている、請求項 4 に記載の装置。

20

## 【請求項 2 1】

前記装置は、押出後に押し出された材料の位置及び方向の少なくとも 1 つにおいて、変化を感知するように構成されているセンサーをさらに含んで成る、請求項 4 に記載の装置。

## 【請求項 2 2】

前記制御器は、前記装置の冷却剤フローを適合させるように構成されている、請求項 4 に記載の装置。

## 【請求項 2 3】

前記冷却剤フローを適合することは、冷却剤のフロー速度またはフロー位置を適合することを含んで成る、請求項 2 2 に記載の装置。

30

## 【請求項 2 4】

前記冷却剤フローを適合することは、押出物の固化速度を適合することを含んで成る、請求項 2 3 に記載の装置。

## 【請求項 2 5】

前記押出機は第 1 材料および第 2 材料を含んで成る構造体成分を共押し出すように構成されている、請求項 4 に記載の装置。

## 【請求項 2 6】

前記第 1 材料は第 1 硬化速度を含んで成り、前記第 2 材料は第 2 硬化速度を含んで成り、前記第 2 硬化速度は前記第 1 硬化速度に比べ速い、請求項 2 5 に記載の装置。

## 【請求項 2 7】

接合部で交差する複数の押出物部材のフレームワークを含んで成る多孔質マトリックス構造体を含んで成り、

40

個々の前記押出物部材の少なくともいくつかはマルチアーム断面形状を含んで成り、

前記フレームワークはさらに格子間空間を規定し、

前記押出物部材は複数のセルを規定し、前記複数のセルは複数の三次元トラスを規定し、

前記マルチアーム断面形状は、前記マルチアーム断面形状の中央部から離れて延びる少なくとも 2 つのアームを含んで成り、

前記マルチアーム断面形状の少なくともいくつかのアームがブランチを含む、三次元オブジェクト。

50

## 【請求項 28】

少なくともいくつかの前記格子間空間内にフィラー材料をさらに含んで成る、請求項 27 に記載の三次元オブジェクト。

## 【請求項 29】

前記三次元トラスは、前記三次元オブジェクトの耐荷重トラスまたは補強トラスの少なくとも 1 つを含んで成る、請求項 27 に記載の三次元オブジェクト。

## 【請求項 30】

第 2 群セルから第 1 群セルを分けるセブタムをさらに含んで成り、

第 1 タイプのフィラーは前記第 1 群セルの格子間空間内に存在しまたは前記第 1 群のセルの前記格子間空間から排除され、第 2 タイプのフィラーは前記第 2 群セルの格子間空間内に存在しまたは前記第 2 群セルの格子間空間から排除される、請求項 27 に記載の三次元オブジェクト。

10

## 【請求項 31】

前記三次元オブジェクトの第 2 領域から前記三次元オブジェクトの第 1 領域を分離するセブタムをさらに含んで成る、請求項 27 に記載の三次元オブジェクト。

## 【請求項 32】

少なくともいくつかの前記個々の押出物部材は第 1 押出物材料および第 2 押出物材料を含んで成る、請求項 27 に記載の三次元オブジェクト。

## 【請求項 33】

前記第 2 押出物材料は、断面において前記第 1 押出物材料を少なくとも部分的に取り囲む、請求項 32 に記載の三次元オブジェクト。

20

## 【請求項 34】

前記三次元オブジェクトは、翼、機体、船体、または衛星の構成要素を含んで成る、請求項 27 に記載の三次元オブジェクト。

## 【請求項 35】

前記押出物部材は、架橋ポリマー材料を含んで成る、請求項 27 に記載の三次元オブジェクト。

## 【請求項 36】

前記押出物部材はポリマー鎖延長化合物を含んで成る、請求項 27 に記載の三次元オブジェクト。

30

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

関連出願の相互参照

本出願は、2016年4月14日に提出された米国仮出願第62/322,602号の優先権を主張し、その全内容は参照により本明細書に組み込まれる。

## 【0002】

本発明は、建築物および全種類の他の構造体の設計および製造を含み、アディティブ製造、製造装置および製品に関する。

## 【背景技術】

40

## 【0003】

アディティブ製造 (additive manufacturing) は、しばらくの間、様々な材料の小さな層を用いてオブジェクトを構築することがしばしば使用されてきた。とりわけ、アディティブ製造方法には、熔融堆積モデリング (fused deposition modeling)、選択的レーザー焼結 (selective laser sintering) およびステレオリソグラフィ (または光造形; stereolithography) が含まれ、これらの層を形成する。これらの方法の全ては、仮想のオブジェクトを「スライスして (slicing)」最終オブジェクトが形成されるまでに他の層の上部に堆積させることによってオブジェクトを生成する。

## 【0004】

構造体 (structure) を形成するための典型的な方法は、より大きな建築物 (building

50

) または他のオブジェクトを形成するために予め形成されたオブジェクトを連続して加えることを含む。建築物は構造支持体、断熱材 (insulation)、耐水性、および仕上げ面のような多くの有益な特性を有する複合アッセンブリ (または組立体; assembly) を形成するために結びつける材料のシステムを使用して構築されている。

#### 【0005】

オブジェクトまたは建築物の従来の構築 (または建築または建造または組立; construction) は、注型され (cast)、切断され、機械加工され (machined)、または押し出された、様々な形態での材料を含み、その後、共に結びつけられて最終オブジェクトまたは建築物を形成する。多くの成分はアッセンブリ内に収まるように材料を除去することにより、フィールドでは切断またはカスタマイズされる。典型的な建築物内で梁 (beam) または壁の形状は、その最大荷重に耐えられるように計算され、その後、梁または壁全体が最大荷重を考慮して均一な形状および深さを有する。最初の建築物が構築されて以来、建築物の設計および構築の方法が使用されている。対照的に、天然のシステムでは、材料は高額であるため、オブジェクトの形状は材料の最小限の使用のために最適化される。現在の構築慣行 (practice) は、天然の例をほとんど無視している。建築物要素は、製造および建築物の設立 (erection) 速度のために設計されており、材料の効率性や形態の柔軟性をほとんど考慮していない。カスタマイズされた形状または構造体は高価であり、従って、現在の構築慣行において滅多に使用されない。

10

#### 【0006】

アディティブ製造技術は、現在大きな構造体を製造するために非常に限定された用途である。

20

#### 【0007】

例えば、自由形状のアディティブ製造に使用される玩具は、加熱されたノズルを通して溶解され、押されて開放空間に押し出されるプラスチック・フィラメントを使用する。これは、温度、押出速度、または供給材料をほとんど制御しない玩具としてのみ有効である。

#### 【0008】

金属製の自由形状の焼成はまた、金属粒子がノズルから放出され、一方高出力レーザーが粒子を以前に構築された基板に融着させながら、ロボット・アームにより制御される、直接金属堆積 (Direct Metal Deposition) (DMD) と呼ばれる。

30

#### 【0009】

1つの大きな規模の例は、スケール・アップされた層状熔融堆積モデリング (layered Fused Deposition Modeling) (FDM) アプローチ (または手法; approach) により製造された煉瓦状モジュールのプラスチック製品の使用を含む。これらのユニットは、他の部品と組み合わされて、より大きな建築物を形成する。別の方法は、ロボット・アームに取り付けられた押出機で3D印刷されたモジュラー粘度煉瓦で同様のアプローチを採用する。

#### 【0010】

少なくとも2つの他の方法は、大きなガントリー・クレーン (gantry cranes) を利用して、材料を堆積させる。1つは、構築されている建築物よりも大きなガントリー・クレーン機構 (mechanism) を備えたセメントの層状堆積を介して建築物を製造する別のアプローチは、ポリマー・バインダーを用いて層状に敷かれた粉末石材の使用により大きな構造体を製造する。

40

#### 【0011】

別の方法は、プラスチック製の押出機をロボット・アームに取り付けるものであり、金属製のフレームワーク (または骨組みまたは枠組みまたは下部構造または骨格; framework) 上に繭またはスパイバー・ウェブと同様の張力要素を製造するために使用されている。別の同様の試み (または取り組み; effort) はロボット・アーマチャの端部にフィラメント押出機を備えた機構を使用して、単一の材料コンクリート壁を製造し、メッシュは「漏れ型フォームワーク (leaking formwork)」として作動し、押出は壁面間の水平ヘキのつなぎとして作動する。

50

## 【 0 0 1 2 】

既存の3D印刷技術は異なる手段および材料を介して層状フォーマット内で構築されたオブジェクトを製造するが、組立容積が小さくおよび層状材料が蓄積されることに限定される。大半の例は、3D印刷された材料を使用して構造体を構築し、採用される印刷機構の組立容積に制約される。

## 【 発明の概要 】

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 1 3 】

本特許で使用される用語「発明 (invention)」、「本発明 (the invention)」、「本発明 (this invention)」および「本発明 (the present invention)」は、本特許の主題および以下の特許請求の範囲を広く参照することを意図している。これらの用語を含む陳述 (Statements) は本明細書に記載された主題を限定するものではなく、以下の特許請求の範囲の意味または範囲を限定するではないことを理解されたい。本特許に包含される本発明の実施形態は、本概要 (summary) ではなく、以下の特許請求の範囲により規定される。本概要は、本発明の様々な態様の高水準の概要を示したものであり、以下の詳細な説明の項でさらに説明するいくつかの概念を紹介している。本概要は、特許請求された主題の重要なまたは本質的な特徴を特定することを意図するものではなく、特許請求された主題を決定するために単独で使用されることも意図していない。

10

## 【 0 0 1 4 】

本発明は、他の材料がその上に適用される足場 (scaffold) として使用される構造体を生成するための装置および自由形状のアディティブ製造のプロセスに関する。これには、解放空間内の固化した材料に配置または堆積させ、移動機構を用いて点を連結させ通路 (経路) を生成することによりオブジェクトを生成する押出機が含まれる。本明細書で使用されているように、用語「組立 (または構築; construction)」および「構造体 (structure)」並びに関連用語は、分子構造の組立てから建築物、船舶、航空機構造体の製造まで最も広い意味で使用される。

20

## 【 0 0 1 5 】

本発明の態様は、その方法 (manner) を複製する。天然構造システムは、セル・ベース (cellular basis) で形成され、費用効果の高い材料および方法を用いて自然形成と理論的に類似の構造体を構築する装置および方法を提供することによって他の材料で充填される。

30

## 【 0 0 1 6 】

本発明の特定の実施形態によれば、三次元オブジェクトは a . 押出機により製造された細長い部材 (または組立部材; members) の構造体、と、 b . 少なくともいくつかの格子間空間内の充填剤とを含んで成り、各部材は少なくとも1つの他の部材に結合されて格子間空間を有する部材の連結された構造体を形成する。

## 【 0 0 1 7 】

いくつかの実施形態では、オブジェクトは少なくともいくつかの他の格子間空間内に異なる充填剤をさらに含んでなる。

## 【 0 0 1 8 】

特定の実施形態では、オブジェクトは、建築物 (building) を含んで成る。

40

## 【 0 0 1 9 】

いくつかの実施形態では、細長い部材の構造体は熱可塑性材料を含んで成る。

## 【 0 0 2 0 】

特定の実施形態では、充填剤は断熱材を含んで成る。

## 【 0 0 2 1 】

いくつかの実施形態では、充填剤はコンクリートを含んで成る。

## 【 0 0 2 2 】

特定の実施形態では、充填剤は構造完全性、断熱、剛性、強度 (または強さ; strength) および流体バリア (または障害; barrier) の少なくとも1つに寄与する。

50

## 【0023】

いくつかの実施形態では、構造体は少なくとも2つの側面を有し、少なくとも1つの構造体側面に適用される仕上げ材料をさらに含んで成る。

## 【0024】

特定の実施形態では、オブジェクトは、少なくとも別の構造体側面が適用される異なる仕上げ材料を含んで成る。

## 【0025】

いくつかの実施形態では、細長い部材は部材内に組み込まれた繊維により補強されている。

## 【0026】

特定の実施形態では、繊維は繊維ガラス、カーボン、セラミック、およびポリマーの少なくとも1つを含んで成る。

## 【0027】

本発明の特定の実施形態によれば、構造体を構築する装置は、a . 構造体成分を押し出す押出機と、b . 成分が製造される場合に押出機は構造体成分を押し出して構造体成分を所望の位置に配置して他の成分の選択されたものに連結する一方で、複数の所定の経路に沿って押出機を移動させる移動デバイスと、c . 押出機を移動させ押出機の作動を制御する制御器とを含んで成る。

## 【0028】

いくつかの実施形態では、装置は開放空間における押出物（または押出品または成形品 または押出成形体 ; extrudate）の固化を促進する（容易にする ; facilitate）ための手段をさらに含んで成る。

## 【0029】

特定の実施形態では、装置は押出機から押出物に近接して搬送される流体をさらに含んで成り、押出物の固化を促進する。

## 【0030】

いくつかの実施形態では、流体は圧縮空気を含んで成る。

## 【0031】

特定の実施形態では、流体は液体を含んで成る。

## 【0032】

いくつかの実施形態では、流体は再循環されている。

## 【0033】

特定の実施形態では、装置は少なくとも一部の押出成分構造の少なくとも一部分内に格子間材料を配置する配置デバイスをさらに含んで成る。

## 【0034】

いくつかの実施形態では、配置デバイスはポリマー断熱材用のスプレーヤー（または噴霧器 ; sprayer）をさらに含んで成る。

## 【0035】

本発明の特定の実施形態によれば、構造体を設計し構築する方法は、a . 構造体設計を設計し選択することと、b . 構造体設計の少なくともいくつかの構造体成分のための格子間空間を有するセル構造体を設計することと、c . 押出機の移動および作動をコントロールするプログラムを供し少なくともいくつかの構造体成分のためのセル構造体を製造することと、d . プログラムで制御された押出機を作動させてセル構造体を製造することと、e . 低密度の充填剤材料を用いて格子間空間の少なくとも一部分を充填することと、f . 少なくともいくつかの構造体成分に仕上げ材料を適用することとを含んで成る。

## 【0036】

特定の実施形態では、方法は、第2仕上げ材料を少なくともいくつかの前記構造体成分に適用することをさらに含んで成る。

## 【0037】

いくつかの実施形態では、方法は、少なくとも1つの構造要素に取り付けられた装飾要

10

20

30

40

50

素を押し出すことおよび取り付けることをさらに含んで成る。

【0038】

本発明の特定の実施形態によれば、三次元オブジェクトは、a. 接合部で交差する複数の押出物部材のフレームワークを含んで成る多孔質（またはセル状；cellular）マトリックス構造体と、b. 少なくともいくつかの格子間空間内の充填剤とを含んで成り、フレームワークは格子間空間をさらに規定する。

【0039】

いくつかの実施形態では、三次元オブジェクトは、少なくともいくつかの他の格子間空間内で異なる充填剤をさらに含んで成る。

【0040】

特定の実施形態では、オブジェクトは建築物の成分を含んで成る。

【0041】

いくつかの実施形態では、複数の押出物部材のフレームワークは熱可塑性材料を含んで成る。

【0042】

特定の実施形態では、充填剤は断熱材を含んで成る。

【0043】

いくつかの実施形態では、充填剤はコンクリートを含んで成る。

【0044】

特定の実施形態では、充填剤は構造完全性、断熱、剛性、強度および流体バリアの少なくとも1つに寄与する。

【0045】

いくつかの実施形態では、多孔質マトリックス構造体は少なくとも2つの側面を有し、多孔質マトリックス構造体の少なくとも1つの側面に適用する仕上げ材料をさらに含んで成る。

【0046】

特定の実施形態では、建築物は多孔質マトリックス構造体の少なくとも別の側面に適用する異なる仕上げ材料をさらに含んで成る。

【0047】

いくつかの実施形態では、複数の押出物部材は押出物部材に組み込まれた繊維により補強されている。

【0048】

特定の実施形態では、繊維は、繊維ガラス、カーボン、セラミックおよびポリマーの少なくとも1つを含んで成る。

【0049】

特定の実施形態では、少なくともいくつかの接合部は、多孔質マトリックス構造体の内部領域に設置されている。

【0050】

いくつかの実施形態では、多孔質マトリックス構造体の内部領域に設置されている少なくともいくつかの接合部は、3つの異なる方向に延びる少なくとも3つの押出部材の交点を含んで成る。

【0051】

特定の実施形態では、多孔質マトリックス構造体は少なくとも1つのセルの繰り返しパターンを規定する。

【0052】

いくつかの実施形態では、少なくとも3つの複数の押出物部材は3つの異なる押出物通路に沿って延びる。

【0053】

特定の実施形態では、多孔質マトリックス構造体は充填剤のための足場を含んで成る。

【0054】

10

20

30

40

50

いくつかの実施形態では、少なくともいくつかの複数の押出物部材は、断面において複数のアームを含む。

【0055】

本発明の特定の実施形態によれば、構造体を築き上げる装置は、a . 構造体成分を押し出す押出機と、 b . 押出機が所望の位置に構造体成分を押し出し構造体成分を所望の位置に配置し、かつ成分が製造される場合に他の成分の選択されたものに接続される間に、複数の所定の経路に沿って押出機を移動させる移動デバイスと、 c . 押出機を移動させ押出機の作動を制御する制御器とを含んで成る。

【0056】

いくつかの実施形態では、装置は、開放空間における押出物の固化を促進する手段をさらに含んで成る。

10

【0057】

特定の実施形態では、装置は押出機から押出物に近接して搬送された流体をさらに含んで成り、押出物の固化を促進する。

【0058】

いくつかの実施形態では、流体は圧縮空気を含んで成る。

【0059】

特定の実施形態では、流体は液体を含んで成る。

【0060】

いくつかの実施形態では、流体は再循環されている。

20

【0061】

特定の実施形態では、装置は押出成分構造体の少なくとも一部分内に格子間材料が配置される配置デバイスをさらに含んで成る。

【0062】

いくつかの実施形態では、配置デバイスはポリマー断熱材のスプレーヤーを含んで成る。

【0063】

特定の実施形態では、装置は少なくとも1つの押出物通り路および少なくとも1つの流体通り路を含んで成るノズルを更に含んで成り、流体通り路は押出物に近接して流体を搬送して押出物の固化を促進するように構成されている。

30

【0064】

いくつかの実施形態では、押出機は断面において複数のアームを有する成形された押出機オリフィスをさらに含んで成る。

【0065】

特定の実施形態では、押出機は、押出物に補強する繊維を組み込むように構成されている。

【0066】

いくつかの実施形態では、押出機は押出物の断面積を機械的に調節するノズルをさらに含んで成る。

【0067】

40

本発明の特定の実施形態によれば、構造を設計し築き上げる方法は a . 構造設計を設計し選択することと、 b . 少なくともいくつかの構造設計の構造体成分のための格子間空間を有するセル構造体を設計することと、 c . 押出機の移動および作動を制御して少なくともいくつかの構造体成分のためのセル構造体を製造するプログラムを供することと、 d . プログラムにより制御される押出機を作動させてセル構造体を製造することと、 e . 充填剤材料を有する格子間空間の少なくとも一部分を充填することと、 f . 少なくともいくつかの構造体成分に仕上げ材料を適用することとを含んで成る。

【0068】

特定の実施形態では、方法は、第2仕上げ材料を少なくともいくつかの構造体成分に適用することをさらに含んで成る。

50

## 【0069】

いくつかの実施形態では、方法は少なくとも1つ構造体成分に取り付けられた装飾的要素を押し出し取り付けることをさらに含んで成る。

## 【0070】

特定の実施形態では、セル構造体（または多孔質構造体；cellular structure）を製造することは付加的な方法内で成分を築き上げることを含んで成る。

## 【0071】

いくつかの実施形態では、セル構造体を製造することは補強支持体なしに築き上げることを含んで成る。

## 【0072】

特定の実施形態では、セル構造体を製造することは、一連のまたは複数の一連の通路に沿って押し出すことによりセル構造体を製造することを含んで成る。

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0073】

## [主な目的]

本装置およびプロセスの主な目的の1つは、様々な規模の構造体を効率的な方法で生成することである。これは従来の方法よりもより創造的かつ効率的な方法で建築物の構築を可能にする。これらは装置および方法が規模に依存しないため、これらをより小さい規模の構造体およびより大きい規模の構造体に適用できる。

## 【0074】

本装置の一実施形態では、押出機（または押出機に取り付けられたノズル）を点の間で移動させる移動機構に押出機を取り付け、追加の材料を適用してもよい足場として作動する多孔質マトリックス（またはセル・マトリックス；cellular matrix）を製造するための自由形状の押出経路を生成する。

## [押出機]

## 【0075】

押出機は材料を加熱して流体をとするか、または混合するか、または少なくとも一時的に流体である材料を処理し、ノズルから出て急速に固化し多孔質マトリックス内でセグメントとなる制御された方法でノズルから流体を分配する（または吐出する；dispensing）。押出機は固化プロセスを制御するために、加熱、混合、または気流などの様々な手段を使用してもよく、または例えば、分子架橋、触媒、または他の機構を通して固化する化学組成物の使用によって他の方法で制御することができる。

## [移動機構]

## 【0076】

押出機が作動し、材料がノズル、ダイ、または構造体から分配する間に、ノズルを点から点に移動させて自由形状「通路」または押出物の要素を生成する。理想的には、押出速度と動作速度は同期している。ノズルを移動させる方法は、多軸産業用ロボットを使用することである。

## 【0077】

本明細書で使用する「多孔質マトリックス」はモジュラー接続された容積で作製されたより大きなオブジェクトであり、それらの容積のいくつかの部分は押出物の連結セグメントにより境界が定められている。これは植物のまたは動物のセルの3Dダイアグラムまたは他の表現、または鉱物もしくは流体の化学構造に似ている。最も単純なバージョンは、三次元トラス（またはトラス構造または三角構造または桁構え；truss）のようなものであり、単一の平面ではなく全ての方向にまたがっている。天然に存在する多孔質マトリックスの追加の例は、ハニカム、結晶、植物、骨、発泡体、スパイダー・ウェブ、ポロニオ・ダイアグラム（voronoi diagram）またはテッセレーション構造および人のセルが含まれる。

## [ミニマム・ソリューション（Minimum solution）]

## 【0078】

10

20

30

40

50

押出を使用する他の製造方法とは対照的に、本発明の一態様では、時間および材料を節約することを目的とする。基本的な目的は、材料またはプロセスの最大限の使用ではなく、特定の構造体を製造するために可能な限り少ない材料を使用することである。

【0079】

本発明の技術、構造体および材料を使用して隙間のない（または中空ではない；solid）または最大構造体を生成してもよいが、付与された材料の最小量を使用して構造体を製造することが有利である。例えば、目的は、強度に最適化されているが、必要な強度および他の有益な特性を供することが可能な材料の最小量の使用において合理的に経済的な構造体を設計および製造してもよい。他方で「最大（maximum）」は、荷重条件に最適なされていない隙間のないまたは一定の深度（depth）構造体として概念化できる。他の方法が最大構造体を生成するためにそれらの方法を使用する場合、本発明による有益なアプローチは最適化された最小構造体を追求する。

10

【0080】

これらの構築方法では通路間の空間は、他の材料で充填される。これら他の材料は、通路の材料に比べ全体的に異なる特性を有してもよい（典型的には有するであろう）。これらの他の材料は外殻、内部構造、絶縁媒体、導電媒体、空気空間（air space）、または空間の他の有利な使用となってもよい。

【0081】

各モジュールが同じである必要のない多孔質マトリックス構造体のモジュール性のために、より多くの設計の柔軟性が可能であり、異なる構造体ならびに異なる成分のおよび機能を有する構造体の製造を可能にする。自然に発生する類推は、ツリー（tree）によって供され、同じ基本セルが全体の構造体を作製するが、全く同じ2つのツリーではない。通路の自由形状の性質のために、通常の構築方法では製造が不可能または高額な構造体を製造することが可能である。

20

【0082】

これは、伝統的な建築方法が不可能であるか、または法外に高価である場合に、自由形状建築物および他の構造体の建築設計を可能とする。より具体的には、このアプローチは、より大きな設計の柔軟性および従来の梁またはシート製品を使用して他では可能ではない自由形状構造体の生成を可能とする。本発明の態様は、人体、動物、昆虫、植物、または鉱物形成において見られる天然の構造体に類似した構造体の設計および構築を可能にする。

30

【0083】

本発明の要素は、職場または工場設定のいずれかで使用してもよい。これらの方法は、本質的には減法的（subtractive）ではなく、大半が付加的であり、構造または形態の有益な特性のために必要な場所に材料を堆積させることが可能であるが、材料が必要でない場合には方法は材料効率がよい。

[プロセス]

【0084】

本発明の実施は、典型的にはCADプログラムを使用して、設計されたオブジェクトまたは構造体から始めてもよい。付与された多孔質マトリックス・パターンをオブジェクトの容積または構造体の壁に適用してもよい。この多孔質マトリックスの設計は、適用される材料の深さおよび適用方法を考慮に入れている。このマトリックスは、その後、ロボット・コード（robotic code）を使用して制御され得る押出機および移動機構を用いて各セグメントを構築するための一連の経路に変換される。このプロセスは、押出機の端部を所定の通路に沿って移動させ、多孔質マトリックスの押出セグメントを生成する。押出物または他の基材との各接合部において、押出物（または別の適切な機構）の熱は、押出物を融着またはそうでなければ連結または結合して隙間のない接合部を生成する。この方法では、構造体の全体的な形態が他の材料が付加される足場として生成される。複合構造体は、他の材料を追加、硬化および仕上げすることによって生成される。

40

[材料]

50

## 【 0 0 8 5 】

多孔質マトリックスはそれ自身で有用で有り得るが、より強力な複合アッセンブリは、マトリックス内の開放空間のいくつかまたは全てに合わせおよび充填し、いくつかの場合に多孔質マトリックス材料と不可欠な結合 (integral bond) を形成する他の材料の追加により生成され得る。建築物の構築の一例では、スプレー発泡体断熱材、コンクリート、および石膏材料を使用して多孔質マトリックスを充填する。追加された材料の層は、多孔質マトリックス内のバリアの追加により生成され得る。例えば、液体の発泡体が壁アッセンブリ内にさらに大きく侵入 (または浸透; penetrating) することを防止するセプタム (または隔壁; septum) 層を有する壁の内側からマトリックスへスプレー発泡体を吹き込むことができる。これにより、スプレー発泡体は、所望の R 値に対して特定の深さまで一方

10

## 【 0 0 8 6 】

押出機内で使用される材料は、加熱され冷却されて固体となるか、または流体の形態で押し出され、後に固化することができるほぼ任意の材料であり得る。いくつかの可能な材料は、粉碎されバインダーと再結合し得る材料を含む熱可塑性、熱硬化性、金属製、有機、または他の材料を含む。例えば、アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン (「ABS」) プラスチック樹脂をペレット形態で押出機に供給してもよい。フィラメント発泡体内の ABS プラスチックはまたは使用され得る。ガラス、セラミック、カーボン、または A B S 樹脂化合物へ連続的にまたは別々に混合されている他の繊維のような、構造的に強化した

20

繊維を溶融物中への添加も使用され得る。

[ 押出機 ]

## 【 0 0 8 7 】

本開示の押出機の 1 つのバージョンは、モータによって駆動する押出スクリューを用いてプラスチック樹脂を処理する。プラスチック製のペレットをバレルに供給し、そこで粉碎され、摩擦および外部熱源を通して制御された温度まで溶融される。プラスチックが流体になると、プラスチックはノズル・アッセンブリを通過して、特定の形状に調節され成形され得る。開放空間内で固化するようにノズルを出る直前および/またはノズルから出ると、熱が押出物から除去される。限定されないが、ノズル内のまたはノズルの周囲の空気流および押出物がノズル・オリフィスに到達した後に、様々な手段で熱は除去され得る

30

。別の熱除去方法は、使用中に相変化する流体を含む液体または気体のいずれかまたは両方の熱交換流体の循環を含んでもよい。

## 【 0 0 8 8 】

典型的には押出物の温度は押出物が他の部分に融着するのに十分高く、追加の支持なしで押出物が開放空間内で固化させることが望ましい。典型的には、押出物は、溶融接合部から別の押出物セグメントへの融着により方向または付着の変化が達成される点まで自己支持するのに十分な量および形状で製造される。

## 【 0 0 8 9 】

例えば、化学的、機械的、または他の結合または付着を含む、代替の押出物 - 押出物の付着方法も可能である。

40

## 【 0 0 9 0 】

本発明の態様は、材料を効率的に使用して、最適な構造性能およびカスタマイズのための大きな能力を有する建築物および他の構造体を迅速に製造する装置および方法を供する。

[ ノズル ]

## 【 0 0 9 1 】

特定の成形されたプロファイル (または輪郭; profile) に押出物を形成し、オリフィスから押し出すノズルは、好ましい一実施形態である。この場合、オリフィスから出る場合に、押出物を冷却して固化し得るノズル内および/またはノズル外の押出物上に流体を通過させてもよい。

50

## 【 0 0 9 2 】

ノズルはまた、顕著な構造性能および所望の冷却特性を追加し、全体的な材料消費を低減することができる成形ダイを組み込むことができる。押出物の形状は、固化を促進するために突起部 (protrusions) の上または間を流れるように様々な方向に複数の突起部を有してもよい。所望の一般原則は、押出物の断面積を減少させながら、冷却を促進させるために表面積を増加させることを含み得る。押出物の断面はまた、構造品質 (structural qualities) を増加させるために重心周りの慣性モーメントが最大化するように成形されてもよい。

## 【 0 0 9 3 】

企図されたノズルは望ましくはノズル内の冷却および他のシステムが伝統的な注型、または機械加工方法で達成されるよりも密接に統合されるようなアディティブ製造方法において製造され得る。

10

## 【 0 0 9 4 】

押出機アッセンブリおよびノズルは、マーキング、位置検出、および溶接方法を通して多孔質マトリックス内の押出物部材間の連結の精度および強度を高める追加のシステムを組み込み得る。

[ 押出物 ]

## 【 0 0 9 5 】

押出機構により製造された押出物の断面の幾何学的形状および材料組成は、幾何学的にかつ材料的に構成されて、以下の品質のうち1つまたは複数をも最も良く達成し得る：溶融状態から固体状態または他の自己支持状態への材料の急速な遷移、製造される多孔質マトリックス成分の様々な構造性能基準、および複合アッセンブリを形成する多孔質マトリックスが追加された追加の材料との統合。

20

[ セブタム ]

## 【 0 0 9 6 】

セブタムは追加の材料のフローを多孔質マトリックス内へさらに侵入することを顕著に止める多孔質マトリックス内の略平面の層であってもよい。セブタム層をマトリックスの内部容積内に組み込んでよく、または外面に固定してもよい。これらのいずれの位置においても、セブタムは平面でなくてもよく、その代わりに多孔質マトリックス成分の三次元形状に合わせてもよい。

30

## 【 0 0 9 7 】

多孔質マトリックス内のセブタムのいずれかの側面に異なる材料を組み込んで、セブタム材料を利用して強化複合体を形成してもよい。例えば、建築壁アッセンブリを内面から外面まで以下の層から作製されてもよい：石膏、ラス (lath) として機能するセブタム、セブタムにより部分的に含まれる発泡体、セブタムによりおよびコンクリート。複数のセブタムをマトリックス内に配置して多様な材料および複合構成 (または配置 ; configurations) を達成してもよい。

[ セブタム・エンクロージャ (または囲いまたは包囲または封入されたもの ; Enclosure) ]

## 【 0 0 9 8 】

セブタム表面は多孔質マトリックスへの複数の材料の適用を促進する一実施形態である。別の実施形態は、スリーブ (sleeve)、カラム (column) またはアッセンブリ成分または材料を受け入れる他の別個の領域を形成するように、セブタムを利用してマトリックス内に部分的に閉じた容積を形成してもよい。例えば、セブタムの管構成をコンクリートで充填して発泡体壁アッセンブリ内の構造管を形成してもよい。別のセブタムを空気で膨張させて、材料で充填されたマトリックス内に空隙 (void) を形成してもよく、空隙がレースウェイ (または軌道 ; raceway) となり、配管 (plumbing)、配管 (ductwork) または電気導管 (electrical conduit) のような実用成分に適応してもよい。

40

[ 複合体 ]

## 【 0 0 9 9 】

50

多孔質マトリックスが追加の材料の適用なしに機能的構造体成分または他の成分として役立ち得る。しかしながら、特に多孔質マトリックスの性質および充填材料が複合体を形成するのに適している場合に、追加の充填材料の組み込みは優れた性能を供し得る。ここで、用語「複合体 (composite)」とは、個々の材料の性能よりも著しく優れた性能を提供する材料の組み合わせをいう。これはしばしば、反対のフェイリュア (または欠陥または故障; failure) ・モードを有する材料の組み合わせにより達成される。例えば、バックリング (または座屈; buckling) により機能しなくなる傾向にあり得る多孔質マトリックスと、マトリックス部材を補強する発泡体との組み合わせによりそのような複合体は形成される。この場合、発泡体の過度のたわみを防止するためにマトリックスは剛性を供し、発泡体はブレース (または支えまたは筋かい; bracing) を供しマトリックス部材のバックリングを防止する。

10

## 【0100】

複合体は形成して多様な方法で多孔質マトリックスおよび他の材料を統合することにより形成され得る。マトリックスと材料との間の結合を接着、溶接、機械的結合、化学的添加剤、締結具、または様々な手段によって達成され得る。特に、マトリックスの押出部材の化学的性質および形状は、所望の充填材料と統合するように構成されてもよい。

[自由形状アディティブ製造]

## 【0101】

多孔質マトリックスをアディティブ法 (additive manner) で製造してもよく、材料は以前の堆積により既に形成された構造体に漸進的に堆積および固化する。既存のアディティブ製造方法は連続的な平面層に材料を堆積または溶融させ、作製される平面層は支持のための下の層に依存する。自由形状のアディティブ製造のノベルティ (または商品; novelty) は、材料の同時堆積および固化であり、材料が任意の方向 (または配向; orientation) に追加することが可能となり、よって、層に基づく方法に関連する多くの制約および問題を回避する。特に、二次的な支持構造体なしにサポートされていないスパンニングおよびカンチレバーの特徴を生成する能力は、既存の方法を超える著しい利点である。押し出された材料の固化の程度および速度は、部材間の強い結合を形成するために材料の接着を容易にするように正確に制御し得る。

20

## 【0102】

自由形状のアディティブ製造は、水平オーバーハング (または突出部; overhangs) のための支持材料に関係なく、任意の方向に押し出されるように選択的に固化することを可能にする。自由形状アディティブ製造をオブジェクトの側面に構築してもよい。ビルド・プラットフォームは天井または壁アセンブリからであってもよい。

30

[選択的固化]

## 【0103】

アディティブ製造の実施形態の統合された (または一体的な; integral) 利点は、自由形状を印刷し開放空間内で押出物を選択的に固化し、その後、アディティブ製造の溶融プロセスに切り替える能力であり、材料はノズルから出た場合に依然として可塑性 (または自由に変形し; plastic) であり、非自由形状または層状に構築し得る。材料は、層上に構築された3D印刷物であってもよく、任意の点で自由形状印刷に切り替えてもよい。プロセス変数は、材料がノズルから出る場合に自由形状であるか、溶融しているかを調整し、必要に応じて前後に切り替えてもよい。

40

## 【0104】

ノズルは輪郭のある断面 (profiled cross section) を有する層状に構築された材料を押し出し得る。輪郭のある断面はより大きな層間接着、機械的係合を可能にし、z-層剥離を防止する。押し出および一体型冷却により (With profiled extrusion and integral cooling)、典型的な3D印刷方法に共通するように、加熱されたビルド・プラットフォームまたはビルド・エンクロージャなしでアイテムを追加で製造してもよい。

## 【0105】

マトリックスの要素は、有利な場合には、層に基づく構成で印刷されてもよい。この場

50

合、押出の成形された輪郭は、より大きな層間接着、機械的係合を可能にし、z - 層剥離を防止する。成形押出および一体型冷却により、典型的な3D印刷方法に共通するように、加熱されたビルド・プラットフォームまたはビルド・エンクロージャなしでアイテムを追加で製造してもよい。連続する層の方向はまた、世界のxy平面を超えて変化してもよく、構造体の機械的性質を他の方法で可能であるよりも構造荷重条件とより適切に一致させることが可能である。

[マルチ・ブロック]

【0106】

多孔質マトリックス生成プロセスの効率は、所定のマトリックス・パターンにわたる繰り返し動作（または反復運動；repeated motions）を利用することにより高められる。ブロックは、所望の幾何学的形状に合わせた、秩序だった（well-ordered）、一貫して寸法付けられた点の集合であり得る、より大きなオブジェクトの一部である。そのようなブロックの採用がブロックの単位部分を通して一組のパターンに押出が解析させることを可能にする。このブロック内で規定されたパターンを利用することにより、押出は予測可能な支持点を有し、マトリックスの一部分から次の部分まで一貫して実施し得る。さらに、押出の予測可能なパターンは、温度および速度のような他のプロセス変数に対するより大きな制御を可能にする。

10

【0107】

所定のマトリックス・ブロック・パターンの使用は、印刷されたマトリックス構造体の全体的な反りを最小にするように設計され得るトラス構造の生成を可能にする。このパターンニングは、幾何学的な方向に直交する全ての方向において一貫したクロス・ブレイシング（またはX字筋違い；cross-bracing）が可能となる。そのようなブレイシングは、ブレイシングが冷却するにつれて構造全体の相当な歪みを回避する強度を提供し得る。

20

【0108】

所定のマトリックス・ブロック・パターンの使用は、全体のブロックの連結を可能にし全体形状が所望される場合の一般的なトラバーサル（traversal）を形成する。押出パターンならびにブロック自体は規模に依存しない可能性があり、スケールが押出パラメータに従うように構成する必要がある。よって、所定のマトリックス・ブロック・パターンの利点は、ブロック自体の連結を介してより複雑な形状に適用されてもよい。

【図面の簡単な説明】

30

【0109】

本発明の例示的な実施形態は以下の図面を参照して詳細に説明する。

【0110】

【図1】図1は、本発明の一実施形態の斜視図である。

【0111】

【図2】図2は、本発明の例示的な押出機機構のアクソノメトリック（または直軸測のまたは不等角投影の；axonometric）図である。

【0112】

【図3】図3は、図2で示された押出機機構の分解された（exploded）アクソノメトリック図である。

40

【0113】

【図4】図4は、図2で示される押出機の長軸を通る断面図（section）である。

【0114】

【図5】図5は、図2で示される押出機の一側面図である。

【0115】

【図6】図6は、図2で示される押出機の正面図である。

【0116】

【図7】図7は、図2で示される押出機の上面図である。

【0117】

【図8】図8は、図2で示される押出機の底面図である。

50

【 0 1 1 8 】

【 図 9 - 1 2 】 図 9 ~ 1 2 は、ノズル熱交換変形例 ( variations ) を示す。

【 0 1 1 9 】

【 図 1 3 】 図 1 3 は、代替の押出物形状を示す。

【 0 1 2 0 】

【 図 1 4 】 図 1 4 は、複数のオリフィスを有するノズルを示す。

【 0 1 2 1 】

【 図 1 5 】 図 1 5 は、複数の材料源を有するノズルを示す。

【 0 1 2 2 】

【 図 1 6 】 図 1 6 は、複数の材料源から供給される複数のオリフィスを有するノズルを示す。 10

【 0 1 2 3 】

【 図 1 7 】 図 1 7 は、フィラメント形状のフィード・ストック ( または供給原料 ; feedstock ) を示す例示的なノズルを示す。

【 0 1 2 4 】

【 図 1 8 】 図 1 8 は、繊維と共に材料を押し出すノズルを示す。

【 0 1 2 5 】

【 図 1 9 】 図 1 9 は、本発明によるセグメントの例示的な等角図である。

【 0 1 2 6 】

【 図 2 0 】 図 2 0 は、例示的なロボット運動の等角図である。 20

【 0 1 2 7 】

【 図 2 1 】 図 2 1 は、壁内のパターンのプログラミング範囲を説明する例示的な壁の等角図である。

【 0 1 2 8 】

【 図 2 2 】 図 2 2 は、多段階動作 ( multiple degrees of motion ) が可能な移動機構で構築されたオブジェクトの斜視図である。

【 0 1 2 9 】

【 図 2 3 】 図 2 3 は、押出機を作動させるモバイル・プラットフォームを示す。

【 0 1 3 0 】

【 図 2 4 】 図 2 4 は、本発明の押出機のハンド・ヘルド ( または手持ちのまたは携帯できる ; hand-held ) 実施形態を示す。 30

【 0 1 3 1 】

【 図 2 5 - 3 0 】 図 2 5 ~ 3 0 は、本発明の様々な実施形態の例示的なセル構造体の概略図である。

【 0 1 3 2 】

【 図 3 1 】 図 3 1 は、本発明の実施形態の構造体の概略斜視図である。

【 0 1 3 3 】

【 図 3 2 】 図 3 2 は、壁構造を形成する本発明の実施形態によるモバイル・プラットフォームの等角図である。

【 0 1 3 4 】

【 図 3 3 】 図 3 3 は、本発明の例示的な方法の工程を示す。 40

【 0 1 3 5 】

【 図 3 4 】 図 3 4 は、セプタムおよび追加された材料の様々な構成位置 ( configuration locations ) を説明するダイアグラム ( または図 ; diagram ) である。

【 0 1 3 6 】

【 図 3 5 】 図 3 5 a、3 5 b、および 3 5 c は、セプタムおよび追加された材料の様々な例の構成である。

【 0 1 3 7 】

【 図 3 6 】 図 3 6 は、様々な配置 ( arrangements ) 内の取り囲まれた ( enclosed ) セプタムを示す。 50

【0138】

【図37】図37は、自由形状印刷の利点を説明するダイアグラムである。

【0139】

【図38】図38は、ノズル・オリフィスのダイアグラムである。

【0140】

【図39】図39は、いくつかの可能な押出物形状および冷却構成を示す。

【0141】

【図40】図40は、押出物内に形成されたチャンネル (channels) を通って流れる冷却流体のアクソノメトリック図である。

【0142】

【図41】図41は、冷却通り路を有するノズルのアクソノメトリック図である。

【0143】

【図42】図42は示されない。

【0144】

【図43】図43 a、43 b、および43 cは、押出物上の様々な冷却システム構成の効果を説明するダイアグラムである。

【0145】

【図44】図44 a、44 b、および44 cは、追加の材料を組み込んで押出物をより急速に硬化させて自己指示性となる可能な押出構成を示す。

【0146】

【図45】図45は、成形された押出プロファイルと多孔質マトリックスに追加された充填材料との間の機械的結合の形成を示すダイアグラムである。

【0147】

【図46】図46は、位置検出用のノズル・マーキング目標点 (nozzle marking target points) を示す。

【0148】

【図47】図47は、多孔質マトリックス内の連結部 (connections) の熱溶接 (heat welding) を容易にするノズルを示す。

【0149】

【図48】図48 a、48 b、48 c、および48 dは、描かれた層状押出物のダイアグラムである。

【0150】

【図49】図49は、多孔質マトリックス内の連結部で結合する薬剤を有するノズルを示す。

【発明を実施するための形態】

【0151】

本発明の実施形態の主題は、法的要件を満たすために具体的にここに記載されているが、本明細書は特許請求の範囲を限定するものではない。請求された主題は、異なる要素または工程を含んでもよく、他の既存のまたは将来の技術と共に使用されてもよい。本明細書は、個々の工程の順序または要素の配置が明示的に記載されている場合を除き、様々な工程もしくは要素の間 (among) または間 (between) に特定の順序または配置を意味するものとして解釈されるべきではない。

[ 押出機 ]

【0152】

本発明の実施形態では、図1に示すように押出機アセンブリ101は、ロボット・アーマチャ・システム102により操作され構造体103を製造する。材料は制御された速度でノズル104のオリフィス106から吐出される (分配する ; dispense) 間に、押出機アセンブリ101のノズル端104は通路105に沿って移動される。材料がひとたびオリフィス106を出れば、エアー・ジェットにより急速に冷却され、付与されたセグメント長の支持なしで形成され得る固体に硬化させる。押出機101が材料を吐出する場合

10

20

30

40

50

に、制御された速度で空間を通る押出機の動作は、材料が制御された方法で通路に沿って吐出されるように押出速度と調和する。堆積速度は、誘導された動作よりも速くても遅くても、様々な効果を生み出し得る。その動作は、ロボット102の動作を制御する制御器109に結合するコンピュータ108を介してプログラムされまたは制御される。温度は押出機101の加熱要素に取り付けられた自動調温温度制御器110により制御される。空気圧および空気の移動は、ホース112を介して押出機に送り込むエア・コンプレッサ111により供給される。材料は、材料送達システム114を介して供給源 (supply source) 113から 押出機機構101へ送り込まれる。

#### 【0153】

図2～8に示すように、例示的な押出機101は押出機 開口部204を介して押出機のバレル203へ材料を送り込むホッパー202内にペレット形状で一時的に保持する。バレル203内でスクリー205は回転し、粉碎し、部分的に溶融し材料を吐出する。スクリーは好ましくは使用中の特定の押出プロセス用に設計される。スクリーの回転はモータ速度を制御するギア・アッセンブリ207およびモータ206の速度を調整するモータ制御器208を含み得るモータ・アッセンブリ206により駆動する。

#### 【0154】

モータ206は、モータ・ドライブ・シャフト210がカップリング211によりスクリーに接合した状態でスラスト・ベアリング・アッセンブリ209に取り付けられてもよい。スラスト・ベアリング・アッセンブリは、回転スラスト・ベアリング212を有するスクリーのスラストに抵抗する手段を含む。

#### 【0155】

材料が押出スクリーによって押し込まれるにつれて、熱が加えられ様々な場所で押出機の周囲に取り付けられた抵抗加熱バンド213のような様々な手段による溶融プロセスを容易にする。熱を加える他の方法は、カートリッジ・ヒーターまたはコイル・ヒーターのような他の抵抗加熱方法を含んでもよい。加熱された空気、加熱された流体、振動、超音波、赤外線、直流相互作用またはレーザーのような他の方法が使用されてもよい。温度が熱電対214によりモニターされ、各ヒーター・バンド213でサーモスタット制御される。

#### 【0156】

様々なパターンの穴を有するブレード・プレート215を使用してバレル内に背圧を発生させ、押出物内で均質な (consistent) 混合物を確実にする。押出物の流れを制御する遮蔽バルブ216を使用してもよい。圧力がスクリー205の回転により誘導された状態でバルブ216を協調して動作させて、ばね負荷開口部機構を開閉させまたは、例えば、空気圧などの他の方法で制御されてもよい。

#### 【0157】

押出機は、位置、温度、流速およびその他の点では非常に正確にモニターされ得、押出機の操作およびそれが同様に高い精度で製造する押出物の制御を可能にする。例えば、圧力トランスデューサを使用してバレル内の内圧をモニターしてもよい。バレル内のおよびまたは溶融物内の温度センサを使用して材料の温度を正確に制御してもよい。

#### [ノズル]

#### 【0158】

ノズル217 (時々「ダイ (die)」と呼ばれる) は材料を成形し、オリフィス218から材料を吐出する。熱は、空気が押出物221の周囲に流れるように、熱は開口部220を通過してノズル217を通過してノズル217の外に冷却する空気流219によって材料から取り除かれ得る。また空気を使用して押出物221の上を流れることなくノズル内の熱を取り除いてもよい。

#### 【0159】

図9～12は、ノズルから再循環しおよび加熱および冷却システムを補助的に含み得る他の流体を使用する構造体を示す。これらの流体の通り路 (passageway) は、ノズルの内部または外部であってもよい。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 6 0 】

図 9 は、材料 2 0 1 がノズル 2 1 7 を通って移動する間に材料 2 0 1 の周囲を循環する流体 9 0 1 がノズル 2 1 7 へ導入されるシステムを示す。この流体は、その後ノズル 2 1 7 を出て押出物 2 2 1 上に流れる。流体は液体または気体であってもよい。

## 【 0 1 6 1 】

図 1 0 は、流体 9 0 1 が再循環し押出物 2 2 1 上に流れないことを除いて、図 9 と同様の流体を採用する。図 1 1 は、図 9 および 1 0 と同様のアプローチを示すが、流体 9 0 1 がノズルを出て押出物 2 2 1 上に直接流れない。図 1 2 は、流体 9 0 1 がノズルの外部を循環し、ノズル本体内を流れないことを除いて、図 9 と同様のアプローチを示す。流体 9 0 1 は、ノズルの周囲を循環し押出物 2 2 1 上を流れる。

10

## 【 0 1 6 2 】

モータ速度、バルブ開口部、温度制御、および熱除去を全て制御して互いに協調させて作動させてもよく、または別個に制御してもよい。

## 【 0 1 6 3 】

押出物 2 2 1 の形状は、ノズルを変更すること、押出物 2 2 1 の形状を動的に調整すること、または図 1 3 に示すように材料を堆積 (accumulate) させるまたは伸張させる動作の速度を変化させることのいずれかの様々な方法により、調整してもよい。押出物の形状は、特定の領域においてより厚い 1 3 0 1 またはより薄い 1 3 0 2 に調節されてもよく、または断面を一形状 1303 から別の形状 1 3 0 4 または 1 3 0 5 に変化させてもよい。

## 【 0 1 6 4 】

20

図 1 4、1 5 および 1 6 は、複数の穴から押出物を同時に吐出するノズル、2 つの成分から押出物を吐出するノズル、およびまたは接続されたもしくは非接続の手段で異なる時間で押出物を吐出するノズルを含む、ノズルの変形例を示す。図 1 4 は、複数のオリフィス 2 1 8 が一つの材料源 2 0 1 から押し出す状態のノズル 2 1 7 を示す。図 1 5 は一つのオリフィス 2 1 8 が複数の材料源 2 0 1 a および 2 0 1 b を結びつける状態のノズル 2 1 7 を示し、複数の材料源はオリフィス 2 1 8 から出る前に混合されまたは積層した形式で押し出され得る。図 1 6 は、複数のオリフィス 2 1 8 a および 2 1 8 b がともにまたは別個に制御される複数の材料源 2 0 1 a および 2 0 1 b から供給される状態のノズル 2 1 7 を示す。

## 【 フィラメント 】

30

## 【 0 1 6 5 】

図 1 7 は、フィラメント 1 7 0 1 が加熱チャンバー 1 7 0 2 に送り込まれ、熔融され、ノズル 1 7 0 3 から押し出される一般的な 3 D プリンターと同様に動作する代替の押出機 アセンブリ 1 7 0 0 を示す。ノズル 1 7 0 3 は、押出物が形成される材料が最初にペレット形状ではなくフィラメント形状であることを除いて、図 9 ~ 1 2 におけるノズルの説明と同様に動作する。

## 【 0 1 6 6 】

多くの他の既存のおよび未開発の材料の中でも、ABS プラスチック樹脂はある温度範囲であるが、所望の結果に応じて制御される方法で流体となる。繊維状または他の添加剤を有する ABS を使用して、押出物の特定の性質を変化させ得る。様々な他の熱可塑性プラスチック (thermoplastics) を利用して同様の結果を到達させてもよい。

40

## 【 0 1 6 7 】

オリフィスを通して押し出され、次いで急速に固化することのできる任意の他の材料を使用してもよい。これらのうちのいくつかは、熱可塑性、熱硬化性、エポキシド、ワックス、ポリマー、金属、泡、有機、セメント質 (cementitious)、セラミック、生物学の (biological) または他の既存のおよび後発の材料であってもよい。そのような材料のいくつかは、特定の温度を超える流体であり、温度が低下する場合に急速に固化する。

## 【 0 1 6 8 】

他の使用可能な材料は、2 つの部分が組み合わされた後に架橋および固化するいくつかのエポキシドのような 2 液型材料 (two-part materials) または触媒の導入または湿気も

50

しくは紫外光への曝露の後に架橋する他の材料などの化学プロセスの結果として固化してもよい。このような材料のいくつかは、少なくとも特定の温度を超えて接触が起こる場合または鎖連結若しくは他の化学反応が完全に起こる前に、それら自身が結合する。他の材料システムは、構造押出物 (structural extrudate)、別個に供給された結合する材料、シアノアクリレートまたは速効性接着剤 (fast-acting adhesive) のような構造押出物の接触点で吐出される薬剤 (agent) を利用してもよい。この方法の一実施形態は図 4 8 に示される。

#### 【 0 1 6 9 】

押出物を補強する 1 つの方法は、繊維補強の連続または破断したストランド (または撚り糸 ; strand(s)) の追加によるものである。これに使用される一般的な材料は、ガラス繊維、セラミック繊維、金属ワイヤ、またはカーボン繊維ストランドを含んでもよい。図 1 8 に示すように、その溶融物が繊維 1 8 0 1 ストランドをカプセル化して繊維 1 8 0 1 および溶融物 1 8 0 2 押出物 1 8 0 3 から製造された多孔質マトリックス (cellular matrix) の各セグメントを補強し得るように、繊維 1 8 0 1 は溶融物 1 8 0 2 へ組み込まれる。

#### 【 0 1 7 0 】

マンドリルもしくは空気もしくは他の流体の使用、または例えば、ブレードッド (bladed) ・シート・フローもしくは吹き込み (blown) フィルム押出技術の利用を含め、他の既存のおよび将来の押出技術を採用して材料を組み合わせたり、または押出を高めてもよい。

#### [ 動作 (MOTION) ]

#### 【 0 1 7 1 】

押出機ノズルの動作は、特定の時間に必要とされるノズルを配置する任意の方法で達成されてもよい。一実施形態では図 1 で一般的に示されるように、押出機およびノズル運動は多軸工業ロボット 1 0 2 により供される。押出機 1 0 1 は、図 4 および 6 に示されるアーマチャ 2 2 3 の端に取り付けられた図 2、3、4 および 6 に示されるブラケット・アッセンブリ 2 2 2 の手段によりロボット 1 0 2 に取り付けられる。

#### 【 0 1 7 2 】

ロボット 1 0 2 はコンピュータ 1 0 8 によりプログラマ的に制御され、必要な動作を実行し、所望の多孔質マトリックス通路を生み出す。この動作を生成する 1 つの方法は、CAD プログラムに多孔質マトリックスを描画し、その後一連の動作プロセスへ変換し、ロボット 1 0 2 を制御することである。この動作は、押出速度、温度制御、冷却機構、および押出用の他のパラメータを調節する情報を含むようにプログラムされている。

#### 【 0 1 7 3 】

そのような基本的動作制御プログラムは、図 1 9 および 2 0 における例示的な三次元形状を参照して示すように、移動機構が特定の速度で所定の経路に沿って 1 つの点から別の点に移動することを可能にする。ロボット 1 0 2 が押出機 1 0 1 および取り付けられたノズル 2 1 7 のそのような移動を実行しノズル 2 1 7 に取り付けられている間に、押出機モータ 2 0 8 はまた所定の速度で作動させてもよく、材料遮蔽バルブ 2 1 6 を開けてもよく、装置の様々な部分および材料の温度がモニターされてもよく、加熱または冷却機構を適宜、オンまたはオフにしてもよい。ロボットの動作は、(図 2 0 に示すように) 押出物 2 0 0 3 で構築されたノード 2 0 0 1 または接合部 2 0 0 2 を生み出すために一時停止してもよい。冷却または加熱システムをオフまたはオンにして押出物 2 0 0 3 の粘度または他の流動特性の固さを調節してもよい。モータ 2 0 6 速度はまた、押出機 1 0 1 からの押出物の流れを増加または減少させるように変更されてもよい。押出速度、動作速度、熱変換、冷却、加熱および融合 (または結合または取り付け ; fusing) を連係させて他のフィラメントまたは所望の他の構造体に結合する所望の通路に沿って所望の形状およびサイズの固体フィラメントを生成させる。

#### [ シーケンス (Sequence) ]

#### 【 0 1 7 4 】

図19および20に示すように、プログラム・シーケンスおよびその結果として生じるノズルの動作は、以前に塗布された材料を通して戻ることなく、接合部で以前に積層された材料に接続する材料を加えることを可能にする。このプログラミングは最終構造体の全体的な形状と、その一部を形成する相互接続された全ての一連のセグメントを決定する。

[セグメント]

【0175】

図20におけるセグメント2004および2005のようなこれらの各セグメントは、経路2~3および接合部1、5のような通路に多孔質マトリックスを取り壊すことにより誘導してもよい。各通路には押出速度、動作速度、温度、および冷却のような特性が割り当てられる。これらの特性は、セグメント2004および2005のような要素およびこれらの要素により含んで成る結果として生じる構造体がどのように構築されるのかを決定する。多孔質マトリックスの領域(図19および20で示されるセルのような)がひとたび完成すれば、追加の材料が追加されさらなるセルの追加により水平および/または垂直に構造体を築き上げる。

[領域プログラミング]

【0176】

慎重な(または控えめな; discreet)通路プログラミングの代わりに多孔質マトリックスを築き上げる別の方法が図21に示される。この技術では、材料堆積2101、2102、または2103の特定のパターンを同様に構造化された空間の堆積に適用される。プログラムは、個々の慎重な動作工程をプログラムしなければならないことなしに、特定の領域上に特定のセル・パターンの適用を指示してもよい。このようにしてロボットによりパターン形成を知らせる範囲に構造体を分割してもよく動作プログラミングを実質的に単純化してもよい。

【0177】

図21に示す例示的な壁は、その設計の結果としての特定の物理的な特性および内部応力を有する。多孔質マトリックスの適用および結果として生じる動作制御プログラミングは、壁内の特定の領域にフォーメーション2201、2202、または2203の特定パターンを配分することにより壁内の幾何学および応力に応答するようにアルゴリズム的に自動化されてもよい。より高い応力の領域では幾何学的形状2101を領域A1に適用してもよいが、より低い応力の領域では幾何学的形状2102を領域B2に適用してもよい。付与された壁領域の必要な要求に対するアルゴリズム的応答方法は、プログラミングを大幅に単純化し、抵抗する必要がある応力の内部構造を最適化することにより材料の使用を低減させてもよい。

[フィードバック・センサ]

【0178】

構築された構造体における精度を保証するために、接合部および以前に適用された材料の理想的な設計条件とは区別されるように、接合部および他の以前に適用された材料の実際の条件を感知するフィードバックおよび適合機構を採用してもよい。たわみ、材料クリープ、風、温度、および他の実世界の条件が以前押し出された領域に影響するため、これらのファクターに適応するための動作および押出パラメータに動的に適合する方法を採用して、最終結果の精度を増加させてもよい。いくつかの方法は、他のフィードバック機構のうち範囲探査(range finding)、光学フィードバック、モーション・センシング、写真測量(photogrammetry)、モーション・キャプチャ、ソナー、ライダ(lidar)を含んでもよい。

[モーション方法]

【0179】

図に示すように押出機を移動させる代替方法を採用してもよい。これらは、図22に示すような追加の制御軸、図23に示される油圧装機器、図24で示される押出機の様々なハンド・ヘルドを使用するガントリー(gantry)・システム、CNCシステム、または伝統的な3Dプリンターを含むが、これらに限定されない。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 8 0 】

上で説明したように押出機および移動機構の目的は、材料が堆積した通路を生成するために点を接続させることである。各通路を他に追加して最後に構築する内部構造体またはオブジェクトを作製する多孔質マトリックスを最終的に生成する。

[ 多孔質マトリックス ]

## 【 0 1 8 1 】

図 2 5 ~ 3 0 の例と共に示したように隙間のない内部体積に付与されたセル・パターンを適用することにより多孔質マトリックスを生成する。セル・パターンを自己反復型であってもよいし、または 1 つのセルまたはセルの群とは異なってもよい。分子、植物、動物、または人のセル、ミネラル、発泡体 ( foams )、自然発生パターン、数式、多面体、空間フレーム、トラスの構造体の理想化されたバージョンまたは他のパターンを使用して全体の構造体の内部体積をモジュール方式にしてもよい。多孔質マトリックスの目的は、使用される材料、結合した空間および特定パターンに由来する強さの間のバランスを生成することである。各押し出されたセグメントの材料、直径、形状および長さは、多孔質マトリックスの密度で決定される。天然のセル構築物と同様に、様々な品質を調節して様々な結果を達成し得るが、構造体を含ませ強度、分離、柔軟性、開放性、剛性および他の有用な品質間の機能の特異性を追加してもよい。

10

## 【 0 1 8 2 】

上記および図示された多孔質マトリックスの構築方法に加えて、押出を含まないが、実質的に同様の最終結果を生じる多孔質マトリックスを製造する他の方法がある。例えば、発泡体の結晶化、有機構造体の成長、媒体内の乾燥プロセス、モジュラー煉瓦、パネル構造の接続面または従来の添加剤製造を使用して本特許で特定された構造を作製することが挙げられる。

20

[ 添加された材料 ]

## 【 0 1 8 3 】

構造体の強度および耐久性は、押し出された材料のみの関数 ( または機能 ; function ) であってもよいが、他の材料を適用して個々のセグメント間の空隙 ( void ) を充填してもよい足場 ( scaffold ) として多孔質マトリックスを利用することによって追加の利点が実現されてもよい。生きているセル構築物と同様に、セル壁がいくつかの強度を供するが、内部体積充填材料のない大半の場合、構造体は保持されない。人体内の水圧、骨の石灰化、植物の膨圧 ( turgor pressure ) のように、セルを充填する材料は構造体支持のための追加強度を供する。本発明の一態様では、同様の構築方法は、多孔質マトリックスを充填する材料を利用して全体の構造体をさらに強化する。

30

## 【 0 1 8 4 】

材料を外面に付着させるまたは構造体の空隙に成長させるような多孔質マトリックスと材料を組み合わせるための他の方法を使用してもよい。

[ 壁 & 建築物 ]

## 【 0 1 8 5 】

建築物として使用される構造体では、多孔質マトリックスを充填する一方法を図 3 1 を参照して説明してもよく、壁 3 1 0 0 の内部構造体 3 1 0 1 は他の領域から壁の一領域を分離するセプタム層 3 1 0 2 を含む。複数のセプタム 3 1 0 2 を利用してもよいが、この例において一セプタム層 3 1 0 2 が使用される。スプレー発泡体断熱材 ( Spray foam insulation ) を壁の内側 3 1 1 2 から適用し、セプタム層 3 1 0 2 により壁アセンブリにさらに浸透するのを止める。スプレー発泡体 3 1 0 3 は、壁アセンブリ 3 1 0 0 から所望の R 値を参照して決定された深さを満たす。

40

## 【 0 1 8 6 】

次の工程は、ショットクリート ( shotcrete )、ポンピング ( pumping ) または他の適切な適用機構または技術の手段により外側 3 1 1 3 からコンクリート 3 1 0 4 の適用である。全体のマトリックス 3 1 0 1 がコンクリート 3 1 0 4 で充填されその後終了するように、コンクリート 3 1 0 4 を適用してもよく、またはコンクリート 3 1 0 4 を外面グリッド

50

3105を部分的に曝露する薄さに適用してもよい。その後、多孔質マトリックスの外面3105を使用することにスタッコ仕上げ(stucco finish)3106を適用してスタッコが旋盤(lathe)として固定されてもよい。既存のまたは未開発の構築物プラクティスおよび製品を利用してコンクリート3104およびグリッド3105に取り付けられた他の外面仕上げ(exterior finishes)を利用してよい。コンクリート3104がひとたび硬化すると、薄殻コンクリート構築体において一般的であるため、建物の重要な構造要素として役立つかもしれない。しかしながら、この場合では、多孔質マトリックス3101はコンクリートの引張強化材(tensile reinforcement)の部分と部分との両方の形状に作用する。コンクリート3104の十分な硬化の後、スプレー塗布された石膏(gypsum)3107を構造体の内面3112に塗布し、工具で切り取り、平滑に研磨し、他の内壁仕上げと共通するように仕上げてもよい。多くの他の内面仕上げもまた使用されてもよい。

10

## 【0187】

多孔質マトリックスの特定の領域または部分3108を堅実に押し出して装飾的トリム要素(decorative trim elements)3108、接合部を生成するか、または他の固定具もしくは機器を壁アセンブリに組み込むのを助けるために使用されてもよい。コンジット(または導管; conduit)、軌道、配線、気道(airways)およびパイプを現場で印刷することも、コンクリート硬化後に一体化してもよい。コンクリート硬化後に完成すると、空間を発泡体3103内に引き出してもよく、通常のコンジット/配管(piping)を経路付けされた空隙内に配置されてもよく、その後、必要に応じて内部仕上げの適用前に再絶縁されてもよい。

20

## 【0188】

多孔質マトリックスのある種のエリアまたは部分3108は、固体様式で押し出して装飾トリムエレメント3108、接合部を作るか、または他の備品または装置を壁部アセンブリに統合することを助け得る。導管、レースウェイ、配線、気道および配管は、元の位置でプリントするかまたはコンクリートが硬化した後に統合してもよい。コンクリートが硬化した後に完成する場合は、フォーム3103に空間を引き出してもよく、および正常な導管/配管を引き出した空間に位置させ、ついで望ましい場合は、内部仕上げの適用の前に再隔離することができる。

## 【0189】

構造体の強度を増大させる1の任意の方法は、押出物の外表面をコートする噴霧型補強材料を適用し、接合部で補強し始めて多孔質マトリックスを完成および補強することである。噴霧した補強材料は、実質的な重量を加えることなく、押出物の周囲に硬直した鞘を提供し得る。この補強技術は、特定の微細な海洋生物がその骨格を築くために使用する石灰化法に類推し得る。

30

## 【0190】

多孔質マトリックスへの材料の追加は、従来の正常な手動的方法を用いて行うことができ、本明細書に記載する運動機構、またはマトリックスへの材料の望ましい添加を行ういづれか他の技術によって自動化し得る。

[スケールおよび利用]

## 【0191】

本明細書に記載する建築構造の例は単なる例示であるが、無数の他の使用が可能であり、限定するものではないが、数ある中で建物建築業、製造業、農業、自動車産業、航空宇宙産業、ファッション業、3次元プリント、家具、および医薬の分野における使用が含まれる。建設業におけるスケールは、セグメント当たり1/2"~6"またはそれより大きいものとし得る。より小さなスケールのセグメントは、0.002"のオーダーの3Dプリンターで層をスキップすることによって製造したものと同様に小さいものとし得る。より大きなスケールの構造体は、数フィートほど大きな体積およびスパンを取り込み得る。可能なおよび望ましいスパンは、材料の特性、押出物のセクション特性、およびセグメントの形状に依存する。

40

## 【0192】

50

小さな装置を本明細書で記載した技術を用いて構築し得る。例えば、中空内部空間を有する対象物（または、オブジェクト）を製造し、その外部をほうろうでコートしてコーヒークップを形成することができる。より大きなスケールの例は、絶縁体、気密式容器膜、および内装仕上げから構成される内部空間を有する多孔質マトリックスに外面スキン層がフィットされた定期旅客機の内壁構造とし得る。

#### 【0193】

ロボット・アーマチャ（robotic armature）または他の運動機構を用いれば、より大きな程度の運動を許容するレールシステム上に機構をマウントすることによってさらなるスケールおよび運動フレキシビリティを得ることができる。図32に示すように、可動性プラットフォーム上にロボット・アームをマウントして無限範囲の運動を有するロボット制御型プラットフォーム3200を生成することによってよりフレキシブルな方法が可能となる。

10

#### [論理流れ]

#### 【0194】

図33は論理流れ図である。これは、所定の構造を生成するためにとり得る工程の例示的な概観である。製造する構造の性質および用いる材料により、膨大な置換、変更、改善、省略などが可能であり望ましい。図33の方法では：

- a．対象物または構造体は、工程3300において好ましくはCADプログラムを用いて表され、記録される。
- b．この設計の体積は、工程3301において最終構造体に望ましい特性を有する多孔質マトリックスで充填する。
- c．マトリックスの各セグメントをトレースする一連の経路を工程3302に引き出す。
- d．運動機構は、工程3303のこの一連の運動経路を用いてプログラムする。速度、温度、停止/開始、流動および他の特性に関するさらなる情報は、プログラミングを用いて入力し得る。
- e．工程3304において、プログラムを実行し、運動および押出を誘導して構造体を作り出す。
- f．一部または全体を完成したら、工程3305において他の材料を構造体に添加し得る。

20

#### [セブタム]

#### 【0195】

セブタムは、他の領域から1の領域を分離する層として定義される。それは、材料の浸透を妨害する材料もしくは固体材料またはそれらの両方の組合せに包埋された多孔性の層とすることができる。セブタムは、多孔質マトリックスを作り出すのと同じ機構および方法によって作り出した縦長構造体とすることができる。押し出し機構のさらなるコンポーネントは、マトリックスとは異なる材料を押し出すかまたは堆積させて添加工程の間にセブタムを形成するように構成することができる。セブタムは、外側表面に固定したかまたは多孔質マトリックスの中に包埋された材料とすることもできる。セブタムの有利な特徴は、多孔質マトリックスの1の領域を他の領域から分離すること、材料を内部的に補強すること、ラスと同様に多孔質マトリックスに材料を結合する手段を提供すること、またはそこで印刷した材料の高密度化が添加した材料に対する機械的付着を提供する。

30

40

#### 【0196】

図34は、多孔質マトリックス、セブタム、およびインフィル材料の種々の構成を図示する。多孔質マトリックス3101は、ポジションA、B、もしくはCまたはこれらの例のポジションの組合せに位置し得るセブタムを有する。種々の材料を領域3401、3402、3403、および/または3404に加えることができる。材料は、これらの領域で停止し、それらを通して流れ、または一般的にこれらの領域の中に含まれ得る。ポジションCのセブタムは、マトリックス3101に付着し、熱的若しくは超音波で溶接する、その他の方法で、付着することができる。材料3404は、ポジションCのセブタムの外側に添加することができる。セブタムCは、材料内の内部補強として作用し、または材料をマトリックス3101内のある体積に閉じ込めるバリアとなり得る。セブタムAおよびBはこれらの機能のいずれかに同様に作用

50

し得る。

【0197】

幾つかの可能な形態を図35に示す。図35aはポジションCにセプタムを有するマトリックス3101を示し、ここでは材料3が、外側3113から適用し、ある種の深さまで伸長し、 $r$  - 値に対応するスプレーフォームである。材料2は外側3113から加えたコンクリートであり、材料1はセプタムポジションAの補強ラスを用いるスタッコ（または化粧しっくい；stucco）である。

【0198】

図35bは、マトリックス3101内の特定の領域へのスプレーフォーム材料2の浸透および拡大を制限するポジションCにセプタムを有するマトリックス3101を示す。材料1はコンクリートであり、ここでマトリックス3101は、コンクリート内で補強として作用し、それを他の材料に結合する。材料1のコンクリートは、マトリックス3101の面を超えて伸長し、表面仕上げを形成する。

【0199】

図35cは、ポジションCにフォーム（発泡体）材料2およびバリア材料を有する完全にカプセルに包まれたマトリックス3101を示す。セプタム位置Aの境界面は、仕上げ表面にぎざぎざを付け、ついで材料1をフォーム表面に付着し得る。材料3もセプタムCの外側境界にも付着し得る。

【0200】

図は単に説明目的のものであって、材料/セプタムの組合せは多くの他の構成をとり得る。セプタムは、同一アセンブリ内の位置から位置までの範囲とすることもできる。

【0201】

セプタムの1の形態は、フリーフォーム（または自由形式または自由形状；freeform）または層ベースの押出しによって生成することができる。この方法において、セプタムは図34のポジションA、B、またはCとすることができ、マトリックスと同時に、しかし、適当な密度のフリーフォームまたは層ベースの構成で拡大し得る。または、ポジションCでマトリックス3101の表面に沿って堆積した2次材料とし得る。セプタムは固形バリアまたはオープンラスとすることができ、セプタムは、他の付加材料が結合し得る様々なパラメータの必須のサブサーフェスであり、固形アセンブリの外面を形成する。この例において、セプタムと材料との間の結合は、コンポジット材料の特性を提供し得る。

[囲まれたセプタム]

【0202】

図36は、セプタムが多孔質マトリックス3601内の不連続な体積を完全または実質的に取り囲む形態を示す。マトリックス3601は、全体としてのアセンブリの形状を提供し、閉じたセプタム3602によって囲まれる内部通路または領域を形づくり得る。閉じたセプタム3602は、多孔質マトリックス3601に挿入し、その後に充填したセプタムが拡大して多孔質マトリックスによって形づくられた内部体積を充填およびあてはまるように、材料3603で充填される、靴下のような可撓性材料のスリーブまたはチューブとし得る。閉じたセプタム3602は、本明細書に列挙した機能を発揮するいずれかの材料とすることができ、生地、プラスチック、ポリマー、金属、セメント混合、ゴム、溶解性材料、噴霧材料、配管、3Dプリントした材料、または他の機能性材料から生成し得る。添加フィラー（または充填剤）3603は、コンクリート、フォーム、砂、水、空気または他の材料とすることができ、閉じたセプタム3602は、多孔質マトリックス3601内を補強するものとして使用し得、圧縮荷重および/または引っ張り荷重の耐荷重性に寄与し得る。

【0203】

多孔質マトリックス3601は、閉じたセプタム3602を充填した場合は粗い形状3603を提供し得る。セプタムおよび材料は、壁部または他のアセンブリ内で補強チューブとして作用し得る。それは、図36に図示する束または3604に示す単数のチューブとすることができ、閉じたセプタム3602を束にする場合、それはマトリックス自体によって他の材料と結合し得、あるいは1のチャンネルに複数のチューブが存在し得る。閉じたセプタムは、サイズ

10

20

30

40

50

、断面、および力にตอบสนองした構成でも変化し得、あるいはアセンブリ内に力を作り出す。

【0204】

閉じたセプタム3602および充填剤3603は、多孔質マトリックス3601内の様々な場所に位置させて、コンポジットアセンブリの特性を変化させることができる。充填剤材料3603または3605は、機械的、熱的、電気的または他の特性をコンポジットに加えることができる。より大きな閉じたセプタム3602は充填剤材料3603の大きな中央チャンバーを提供し得る、または多数のより小さな閉じたセプタムは垂直または水平面で互いに近接して積層して、他の材料の添加のための一般的に平面のセプタムとして作用し、あるいは多孔質マトリックスの周囲の周りのセプタムとして作用して中間に空洞を提供し得る。

【0205】

閉じたセプタム3604は、他の材料で充填する多孔質マトリックス3601内の空間を残しながら、空気、水、または溶解性材料3605で一時的に充填する。ついで、充填剤3605、空気または水を引き抜くかまたは溶解して配線もしくは配管用のオープン・レースウェイを提供し、あるいは空気または水の通路として保存し得る。

【0206】

多孔質マトリックス内の閉じたセプタムの内部は、材料で充填するかまたはアセンブリのコンポーネントを収容し得る。充填したかまたはふさがったセプタムは、いずれかの種類の耐-荷重性エレメントまたは他の組み立てるアセンブリの慣用的なエレメントとして機能し得る。建築上の、インフラストラクチャーの、または他の建造物の適用において、閉じたセプタムおよび生じる内部体積は、絶縁体、ユーティリティ・インフラストラクチャー、加熱および冷却、排水、ダクト、またはバッテリー、雨水または水もしくは空気用の濾過装置のようなより最近のイノベーションに適応し得る。航空宇宙または海洋コンポーネントのような他の産業におけるコンポジット多孔質マトリックス・アセンブリの応用は、内部セプタムおよび燃料、空気、水、または他の資源を保存する空間を利用し得る。電気および機械系は閉じたセプタムを用いて作り出した空間または空洞も利用し得る。

[コンポジット]

【0207】

本明細書で用いる「コンポジット材料」または「コンポジットアセンブリ」なる語は、それを含む個々の材料の特性を超える特性を有する生成物を生じる必須様式の材料の組合せをいう。多孔質マトリックスは、充填剤材料を添加することなく構造的および他の目的を奏するが、増大した性能およびさらなる機能性は、コンポジット材料またはアセンブリを形成するための他の材料およびコンポーネントを取り込んで達成し得る。樹脂-繊維コンポジットにおける織り物ガラスまたはカーボンファイバーのパターンのように、多孔質マトリックスが無類のコンポーネントまたはコンポジットとしてのある種の性能基準を達成するように構成し得るように、ある種の荷重特性のために構成することができる。ファイバーガラス-樹脂コンポジットの場合と同様に、優れた品質が反対のモードの欠陥を有する生成物を組み合わせさせた結果である場合がある。

【0208】

圧縮荷重の場合、多孔質マトリックスの欠陥の様式は、その個々の部材または支柱の座屈となり得る。各々の支柱を取り囲む拡大するフォームのような他の材料をマトリックスに添加する場合は、フォームを拡大することによって支柱の全長に沿ってそれを支え得る。フォームは、支柱が面からゆがむまたは外れる(buckling out)ことを防ぎ、それによってコンポジットアセンブリによって生じ得る圧縮力を増大させる。同様にして、フォームは多孔質マトリックスによって押しつぶれることを防ぐ。多孔質マトリックスまたは拡大するフォームのいずれかの圧縮強さは、全体アセンブリのコンポジット強度よりも低くすることができる。

【0209】

マトリックスは、それ自体がコンポジットである材料を受けることもできる。1の態様において、多孔質マトリックスは、樹脂-浸透カーボンファイバーに包まれた形態で使用

10

20

30

40

50

して、軽量かつ剛直なコンポジットコンポジット・エアフォイルまたはハイドロフォイルを形成することができる。このコンポジットの特性は、得られたシェル - マトリックス構造を剛直なフォームで充填することによってさらに高めることができる。種々の程度のコンポジットの挙動は、かかる組合せを介して達成し得る。

#### 【0210】

コンポジットアセンブリは、接合部の化学結合に化学剤を添加することまたは張力補強用の接合部を包むことを介して製造することができる。1の例は、断面に押出物の分岐したアームを有する図45に図示するプロフィールを有するであろう。添加した材料4502は、アーム4501間を充填し、添加した材料と押出物とを物理的に連結する。幾つかの例における目標は、2の材料の間の構造リンクを増加することとすることができ、他の例において

10

[フリーフォーム付加製造]

#### 【0211】

フリーフォーム付加製造(FAM)は、幾つかの点において通常の付加製造から離れている。第1に、対象物が一般的に平面層に細分化する「スライスする」ことを介して対象物の体積を離散化するのではなく、FAMは計算メッシュ(computational mesh)を利用して、種々の数のセグメントを構成する「セル(cell)」を創成する。

20

#### 【0212】

第2に、通常の方法は対象物を含むデジタルスライスに対応する連続した層の材料を堆積または融合するが、FAMはフリーフォーム押出しを利用して、セル(例えば、四面体または正二十面体ほか)のトポロジーに依存して連続して変化し得る三次元経路に沿って材料を堆積し、それが線または連続直線(または線群; polyline)というよりむしろ点または節のみで基礎をなす構造によって支持されている場合でさえ、その三次元形状を保持するようにそれに沿って材料が積極的に固化する。これは、他の方法が一般的に材料の層状堆積に依存する場合、かかる堆積が平面でない場合でさえ、FAMは基礎をなす構造または材料と実質的な接触または支持なしでフリーフォーム経路に沿って材料を堆積し得ることをいう。

30

#### 【0213】

フリーフォーム付加製造は、材料がいずれの角度または方向でも対象物に添加させることを許容する。図37においては、対象物3711を組み立てている。水平基礎で組み立てる場合、プラットフォーム3708領域3702は頂上3701を作る。フリーフォーム付加製造を用いれば、領域3703を領域3702の側面に組み立てることができる。領域3704中のサポート材料を典型的な3Dプリント技術と共通させる必要はない。図1からの運動機構102は、方向付けして領域3702の側面に材料を増強することができる。フリーフォーム付加製造のさらなる利点は、垂直ビルド・プラットフォーム3709もしくはシーリング・ビルド(ceiling build)・プラットフォーム3710から出発して対象3711を構築する、または他の方向のビルド・プラットフォームを構築することである。垂直ビルド・プラットフォーム3709を用いる場合、材料は、重力、層ごとの増強、または支持材料を考慮することなく、直接的に水平または垂直的に添加することができる。

40

[選択的固化]

#### 【0214】

フリーフォーム付加製造の1の有利な特徴は、オリフィスから出てすぐに材料を選択的に固化し得ることである。材料は層状様式で組み立て、ついでパラメータにおける変化の際に自由にスイッチすることができる。必要性が生じる場合には、層状およびフリーフォーム押出しの両方を利用することが有利となり得る。フリーフォームFAMは、隙間から出る際に材料をほぼ全体的に固化することもでき、あるいはそれを部分的に溶融させてプロセス速度を増大させることができる。固化の程度および固化が生じる位置は、本発明の範囲内で利用可能な方法のパラメータによって調整し得る。

50

## [押出物形状]

## 【0215】

ノズルオリフィスは、押出物の固化を促進する冷却チャネル3802に近接したダイ3801およびオリフィスとともに図38に示す。押出物は、種々の方向の複数のアームと一緒に示すように形作られた1の態様でオリフィス3801から流出する。冷却チャネル3802は、ノズル内でかつノズルから出る際に付近で示すように組み入れ得る、冷却チャネル381または他の冷却チャネルを用いて押出機から出る際に押出物が固化するのを促進する。

## 【0216】

マルチアームド (multi-armed) 押出物形状の種々の構成を、化合物アームまたは枝分かれの丸い突出部を含み得る図39に図示する。本発明の幾つかの実施形態の一般的原則は、より大きな固化を促進するために断面積を最小化しつつ、押出物の表面積を最大化することである。かかるアームは、材料の固化をより良好に促進するために冷却流体が押出物部材に沿って流動する距離を延長するようにも作用し得る。

10

## 【0217】

図39に示すセクションは、形成した押出物3801のアームの間またはその上を流動する冷却流体3802を有し得る。図40は、冷却流体が、形成した押出物内の部分的または完全に閉じたチャネル内を流動し得る同様の形態を図示する。

## 【0218】

ノズルアセンブリの熱は、押出しプロセスを通してプラスチックを溶融状態に保つことができる。冷却通路の隣接する位置は、押出物内部およびオリフィスの外部と相互作用し得る。押出形状に最も近い加熱および冷却機構の関係は、フリーフォーム押出し、ノズルから出る際の付近での固化、およびノズルから出る際の押出物の選択的固化を可能にし得る。これらの関係は、動的とすることができ、動的様式で制御することができる。

20

## [押出物温度の制御]

## 【0219】

図38および39に示す形態では、加熱および冷却機構はノズルアセンブリに必須であり、ノズルから出る際に近くで固化するフリーフォーム押出し、押出物の選択的固化、材料の層状増強、および付加接合部の熱溶着を許容する。

## 【0220】

図43は、ノズルアセンブリに必須であり得る冷却システムの幾つかの可能な構成を示し、どのように各々の構成が選択的な固化特性を生成するかを示している。

30

## 【0221】

図43aは、ノズル内の押出物4303付近に位置する冷却流体通路4302を有するノズル4301の1の形態を図示し、それはノズル開口部4304付近にアパーチャ4307を有し、そこで冷却流体4305が押出物に直接的に流れる。この形態においては、押出物が能動的に冷却される領域4306は、ノズルの内部の部分ならびにノズル開口部を超える幾分かの距離を含んでいる。

## 【0222】

図43bは、ノズルアセンブリに必須であり得るが、押出物4303およびノズル開口部4304の直近に位置しない冷却流体通路4302を有するノズル4301のもう1の形態を図示する。この形態においては、押出物が能動的に冷却される領域4306は下方にシフトし、ノズル内部まで顕著に伸長しておらず、ノズル開口部を超える短い距離も除外し得る。これにより、ノズル開口部のすぐ外側のエリア内で押出物が高熱を維持することができ、押出物の部材または層の間の連結部の熱溶着を容易にし得る。

40

## 【0223】

図43cは、図43aおよび図43bに示した構成を組み合わせることができるノズルの別の実施形態を示す。複数の冷却流体の配置は、押出物の固化の正確な制御を達成するために、独立してまたは組み合わせて用いてもよい。図43に示す冷却構成のすべてを、本明細書中に開示される他のノズルの態様と組み合わせて使用してもよい。

## 【0224】

50

図47は、ノズルと一体であってもよい開口部を通して熱媒体4702を導くノズル4701の1つの実施形態を示す。熱媒体4702を、材料がノズルから出て、結果的に望ましい結合強度を有する熱溶接部4705を得る、既に固化した材料と共に接合部4704を形成するノズル・オリフィス4703に向ける。

【0225】

図41は、そこを流れて冷却流体4102がノズル4101内に、およびノズル・オリフィス4105から出る時に押出物4103上を流れてもよい、環状リング4104の構成の使用を示す。環状冷却通路および押出物およびノズル・オリフィスの間の距離は、図43に示された通路と同様に変化してもよい。複数の環状通路はまた、ノズルの設計に組み込まれ、かつ図43に示されるように、独立してまたは組み合わせて使用して

10

【0226】

図49は、ノズル本体4901内のまたはノズル本体4901と一体である内部通路は、結合剤4902が多孔質マトリックス内の連結点4904で蓄積することができるように、結合剤として機能する材料の流れ4902を可能にするノズルを示す。上記結合剤は、エポキシ樹脂などの押し出されるポリマーに好適な接着剤であってもよく、またはABSの場合のアセトンなど、押し出されるポリマーに好適な溶媒であってもよい。

【0227】

上記ノズルは、これらに限定されないが、注型、機械加工、および焼結を含む方法のいずれか1つまたは組み合わせを用いて製造してもよい。これらの方法の更なる形態は、特に、単一のノズル装置内で複数の系を製造するために使用されてもよい。

20

[ 押出方向 ]

【0228】

押出物の形状は、押出機またはノズルの中央軸に対して様々な角度で押し出した場合に、それは同一または同等の性能特性を供するように設計されてもよい。性能特性には、これらに限定されないが、固化速度、構造特性、および複合アセンブリ内に添加された材料との一体性が挙げられる。

[ 複数の材料の共押出 ]

【0229】

図15は、自由形状押出に対する固化、および最終押出構造体内への充填剤材料の化学的または機械的な一体性などの望ましい性能特性を向上させる、一次ポリマーとは全く異なる材料特性を有する、二次ポリマーまたは一次ポリマー内または一次ポリマーの周囲のポリマーの共押出（または同軸押出；coaxial extrusion）を示す。

30

【0230】

図38のノズル・オリフィスはまた、押し出されたポリマー内におよび押し出されたポリマーを囲んで、更なる材料を押し出してよい。これには、更なる引張強度および曲げ強度のために、木材、カーボン、ガラス、鋼、チタン酸カリウム、アラミド、および他の適合性の繊維などの1つ以上の繊維添加剤を含んでもよい。これらの繊維の種類それぞれは、チョップド形状(chopped form)で、または連続ストランドとして添加してもよい。

40

【0231】

一次ポリマー内に押し出すことができる他の添加剤は、紫外線光による分解からの保護、耐火性、または他の環境条件から耐損傷性などの機能を達成するために使用してもよい。ポリマー鎖延長剤などの別のクラスの添加剤を、ポリマーのそれ自体への接着性を高めるために使用してもよい。これらの添加剤は、特に引張荷重において、より良好な強度特性を供するために、ポリマー鎖間の分子架橋を促進する。これらの改善された特性は、押出部材間の結合強度を向上させることができると共に、個々の部材の延性破壊および脆性破壊の両方並びに座屈を低減することができる。鎖延長は、層の間の鎖伸長反応を促進する、まだ高温であってもよい先に押し出した層上に材料を付着させた層系添加剤の押出に特に有用である。添加剤押出における層間結合は、従来から構造用途における故障のポイ

50

ントであり；従って、（より大きな表面接触および機械的結合を提供する）成形押出プロファイルと（未硬化ポリマー層間の分子結合を提供する）ポリマー鎖延長化合物との組み合わせは、層系添加剤の押出製品の構造的特性をかなり改善することができる。

【0232】

図44は、押出物の断面内の複数のポリマーおよび添加剤のいくつかの可能な配置を示す。

【0233】

図44aは、一次材料4402を包囲するジャケットとして押し出された二次材料4401を示す。この例では、二次材料4401は、一次材料4402より迅速に固化または固くすることができ、従って、一次材料が優れた構造性能を供することができる、加工速度を増加させるために使用されてもよい。同様の構成は、セメントなどの充填剤材料との接着を促進するために、二次材料4401を使用してもよい。二次材料4401は、紫外線暴露、熱膨張、衝撃荷重、火炎伝播および煙の発生、または他の不利な条件に対する耐性を提供する保護層として作用することができる場合には、図44aに示すような、包囲したジャケットの構成が特に望ましい可能性がある。

10

【0234】

図44bは、一次材料4402の周囲の部分に沿って押し出された二次材料4401を示す。上記製品は一次材料4402の特性から利益を得ることができ、上記製造方法は二次材料4401の特性から利益を得ることができるように、この実施態様は特に、望ましい材料特性を有するがよりゆっくりと硬化する一次材料4402を急速に固化して固くする、二次材料4401を利用してよい。

20

【0235】

図44cは、形成された押出成形体の突出部内に埋め込まれた二次材料4401のロッドを示す。かかる配置は、繊維、ストランド、ワイヤー、またはさらなる引張強度を提供し得る他の成分のような二次材料4401を組み込み得る。

【0236】

また、図44cに示された押出物の構成は、ノズル冷却システムが有効な場合、押出物とその周囲の溶融した一次材料を支持するために固体または十分に固いままであるように一次材料4402よりわずかに高い温度で溶ける二次材料4401を利用し得る。しかしながら、ノズル冷却システムが有効でないかもしくはそれほど有効でない場合、またはノズルの温度が適当な期間有効に上げられるならば、押出物は溶融するか、または壊れるように十分に軟化し得る。かかる点では、連続する繊維またはワイヤーで必要なように、押出機は、埋め込まれた二次材料を切断するための装置の必要性なしに異なる位置へ停止および移動し得る。

30

【0237】

また、二次材料が押出物に組み込まれる図44ならびに図15および18に示される構成のいずれを用いても、マトリックス構造体内のさらなる機能性を達成し、光繊維、誘電体、電氣的または熱伝導度および単一または複合押出物の他のかかる特性を活用し得る。

[位置検出]

【0238】

二次材料の1つのかかる機能は、多孔質マトリックス内の接合部または極値のような目標点をマークする方法である。図46は、押出物部材4604に沿って目標点4603にて、押出物4604、および金属粉末のようなマーキング材料4602を分配し得るノズル4601を示す。マーキング材料は別個の誘電、磁気、容量、または三次元空間におけるマークされた目標点の位置決定、格納、およびモニターすることができるセンサーによって引き続いて検出し得る他の特性を保持し得る。センサーは運動機構に接続でき、いずれかの目標点の位置におけるそのような変化は、運動機構および押出しシステムのコントローラーに伝えられる。次いで、コントローラーは、変化に応答する、損害を修復する、またはそうでなければ、自己修正するためにプロセスパラメータ、運動プランニングおよび他の変数を適合し得る。

40

50

## [ プレファブリケーション ]

## 【 0 2 3 9 】

全体の対象または構造体は、別々に構築し得る成分パーツに分割してもよく、次いで、より大きなアセンブリを作製するために一緒に連結され得る。様々なサイズおよび構成の成分はこの方法で生成し得る。成分は様々な手段を介して一緒に接合されて、より大きな構造体を形成し得る。成分の接合方法は、摩擦、機械的留め具、溶接、スロット、ありつぎまたは安全に1つの対象を別のものに固定する他の手段を含み得る。他の材料で事前に充填されたか、または他の材料の追加に先立って一緒に連結し得る成分を連結し得る。

## [ 形成された押出物での層状押し出し ]

## 【 0 2 4 0 】

図48は、層状構成におけるオブジェクトを構築するために、プロフィール形状の押出物を用いる方法を示す。図48aおよび48bに示すように、プロフィール形状押し出しは、押出成形体の層間の機械的結合を加え得る。プロフィール形状押し出しは、オブジェクトの層間の表面積結合および中間層剪断抵抗を増加し得る。加えて、自由形式のアディティブ製造に適切であるプロフィールからの調整は、図48cおよび図48dに示した層状構築に有用であり得る。丸い突出部を持つ自由形式押し出しプロフィール形状は圧縮して、中間層結合および機械的強度を増加し得る平らな形状を形成する。

## 【 0 2 4 1 】

また、不可欠なノズル冷却は、大部分が層間のカーリングおよび剥離に配慮せずに構築されることを可能にし得る。ノズルにおける不可欠な冷却は、選択的にさらなる収縮および剥離を低下し得る点まで材料を凝固する。

## [ 多重ブロック構造 ]

## 【 0 2 4 2 】

図19は、多孔質マトリクスブロックの単一ユニットの1つの可能な構成を示す。そのユニットは対角化した面でプリントして、安定性および強度を全体のマトリクス構造体に加えることができ、ならびに歪曲を低下できる。全体的なブロックの一貫した寸法決定は、ユニット自体の同様の一貫した対角化を可能とする。

## 【 0 2 4 3 】

図37は、全体のブロックの連結のユーティリティを示す。全体的な幾何学を保存するために、ブロック3703はブロック3701および3702から分離し得る。ブロックの異なる連結は、全体的な対象が生成されるのを可能にし得る。

## 【 0 2 4 4 】

さらに、図21は、ブロックの連結のユーティリティを示す。プログラムは、多孔質パターンの適用を多様化し得る。異なるパターンの適用は、異なるブロックの連結によって促進し得る。

## 【 0 2 4 5 】

図面に示されたかまたは前記された成分および活動の異なる構成、ならびに示されないか記載されない成分および工程が可能である。同様に、いくつかの特徴およびサブコンビネーションが有用であり、他の特徴およびサブコンビネーションに参照することなく使用し得る。本発明の実施形態は例示的に記載され、制限的な目的ではなく、別法の実施形態は、本願特許の読者に明白になるであろう。したがって、本発明は、前記されたかまたは図面に示された実施形態に限定されず、また、様々な実施形態および変更が後記の特許請求の範囲から逸脱することなく成すことができる。

10

20

30

40

【 図 1 】

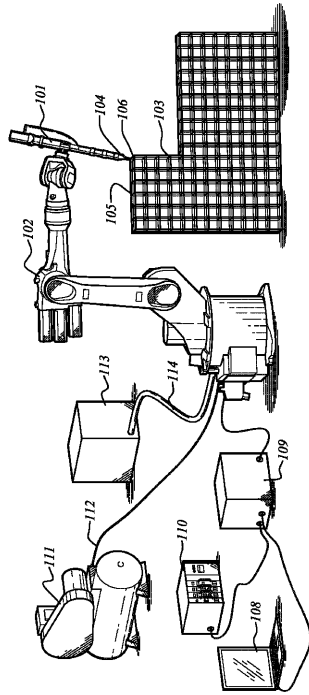


Fig 1

【 図 2 】

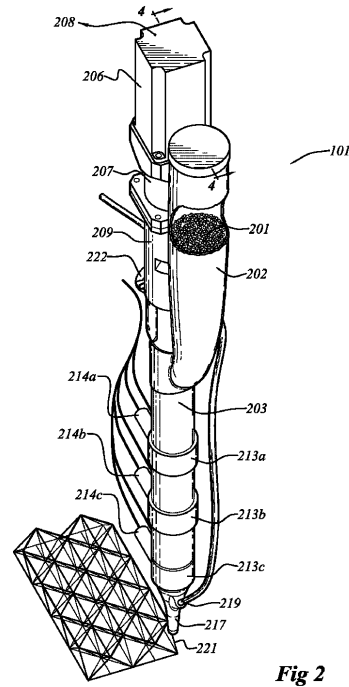


Fig 2

【 図 3 】

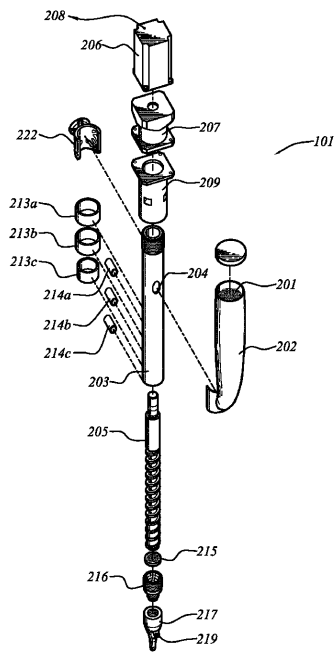


Fig 3

【 図 4 】

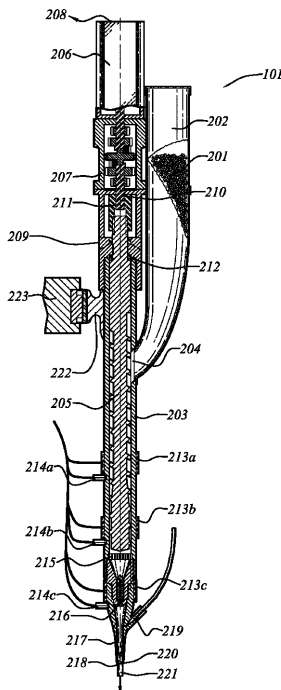


Fig 4

【 図 5 】

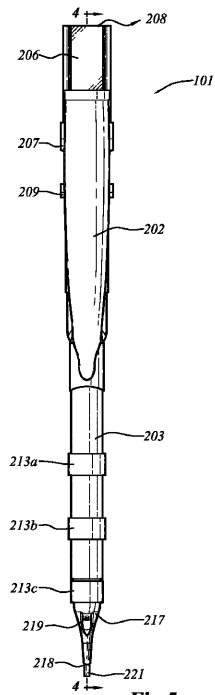


Fig 5

【 図 6 】

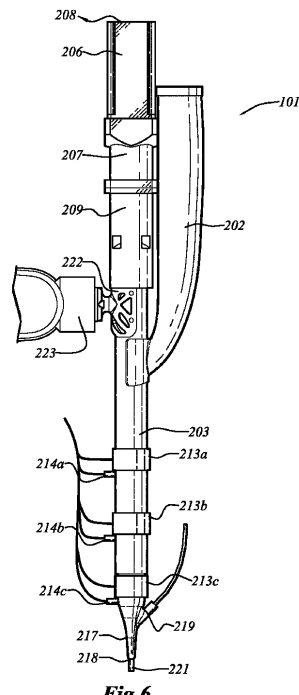


Fig 6

【 図 7 】

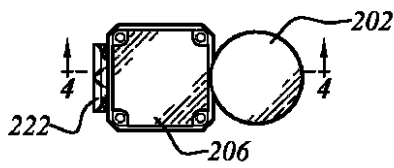


Fig 7

【 図 8 】

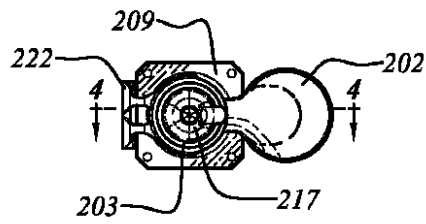
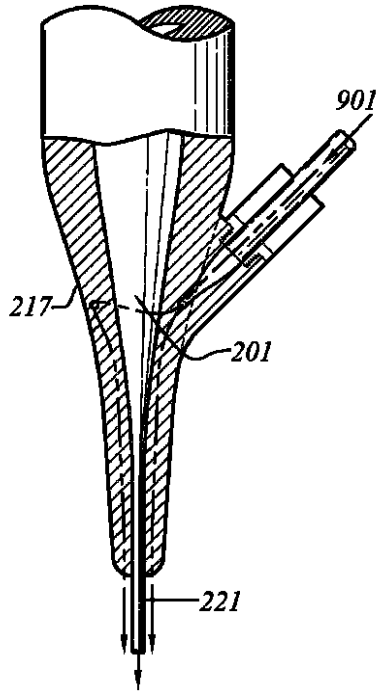


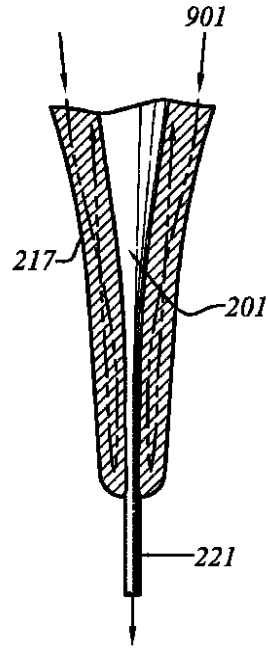
Fig 8

【 図 9 】



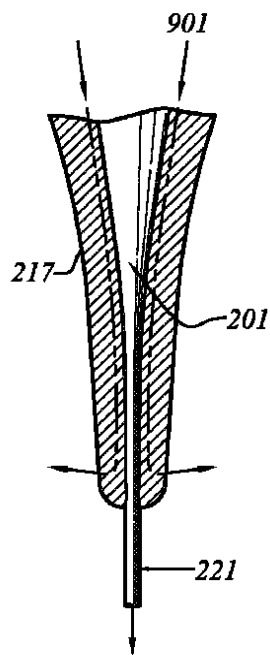
**Fig 9**

【 図 1 0 】



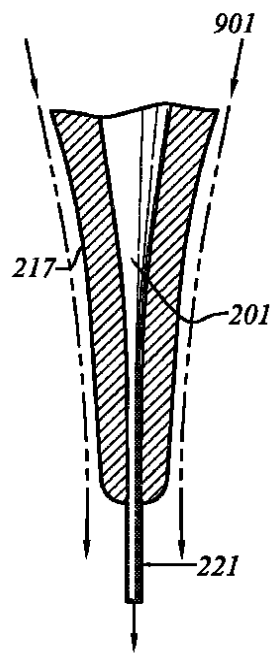
**Fig 10**

【 図 1 1 】



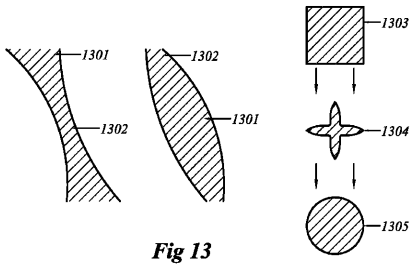
**Fig 11**

【 図 1 2 】

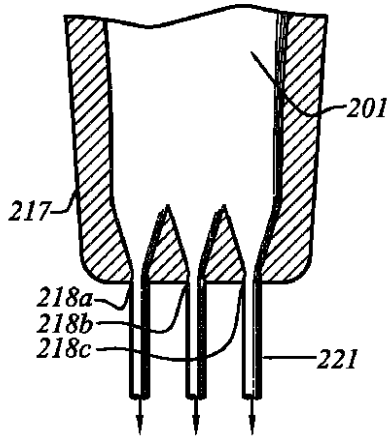


**Fig 12**

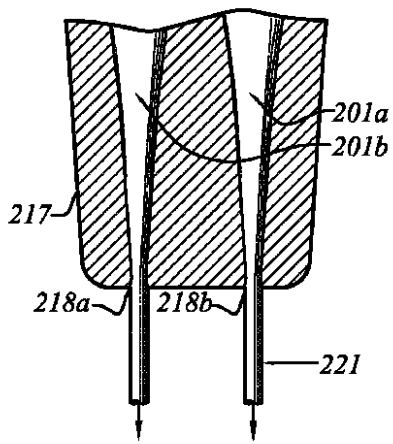
【 図 1 3 】



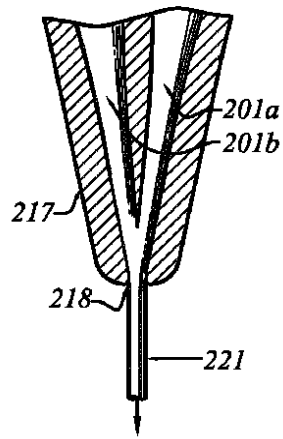
【 図 1 4 】



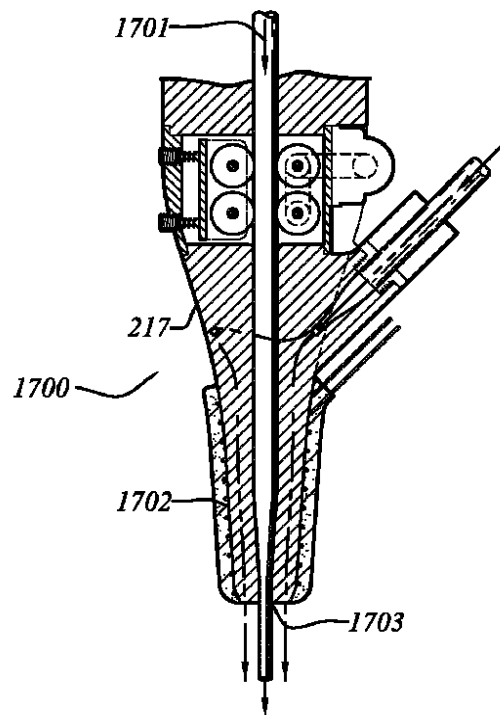
【 図 1 6 】



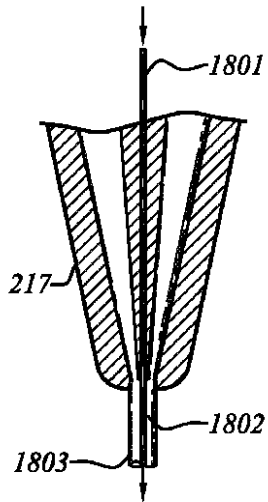
【 図 1 5 】



【 図 1 7 】

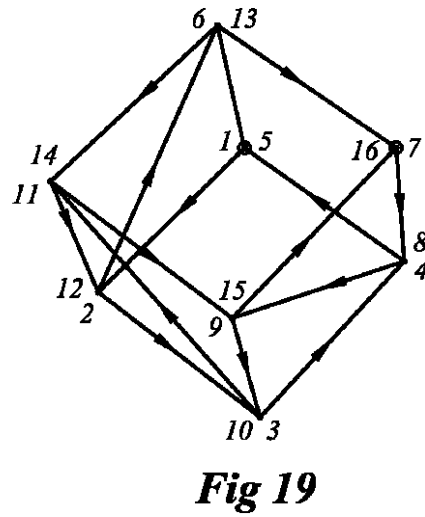


【 図 18 】



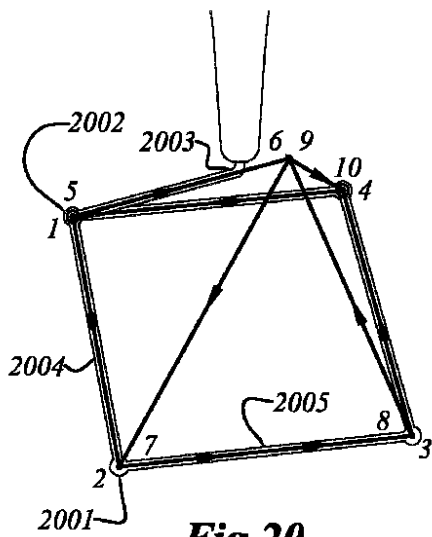
**Fig 18**

【 図 19 】



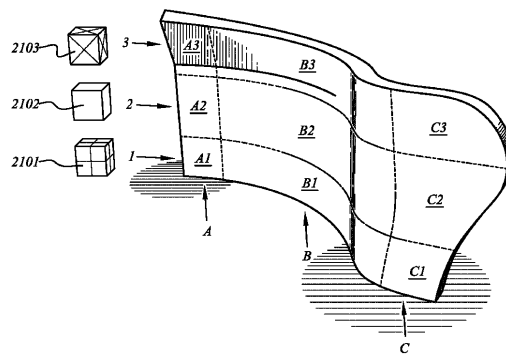
**Fig 19**

【 図 20 】



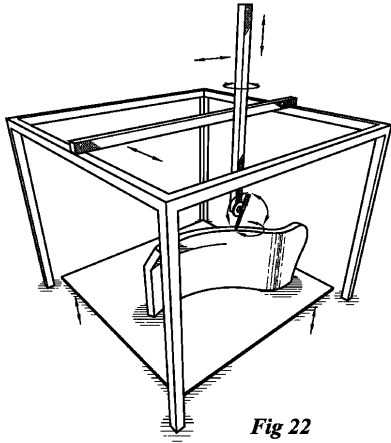
**Fig 20**

【 図 21 】



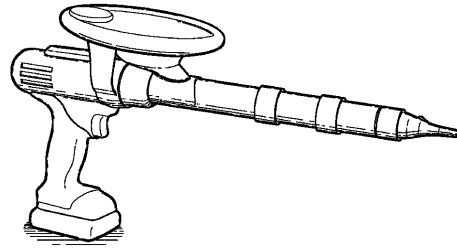
**Fig 21**

【 2 2 】



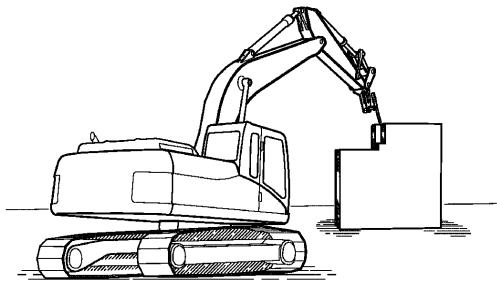
*Fig 22*

【 2 4 】



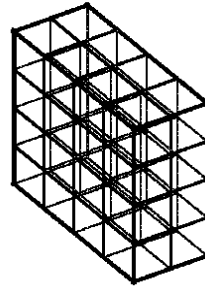
*Fig 24*

【 2 3 】



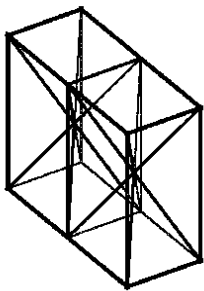
*Fig 23*

【 2 5 】



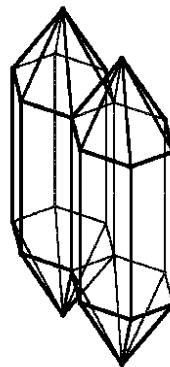
*Fig 25*

【 2 6 】



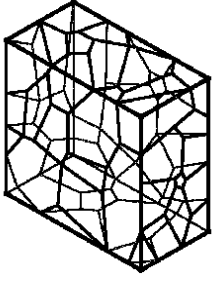
*Fig 26*

【 2 7 】



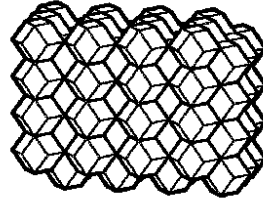
*Fig 27*

【 28 】



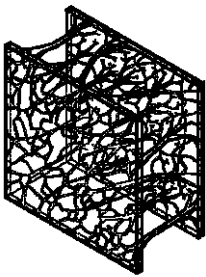
**Fig 28**

【 29 】



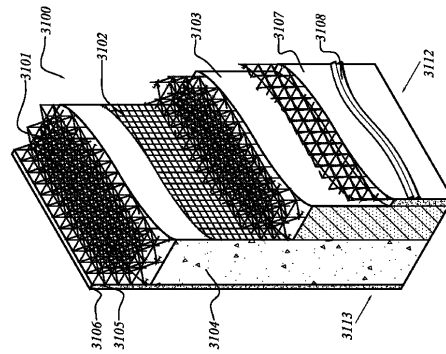
**Fig 29**

【 30 】



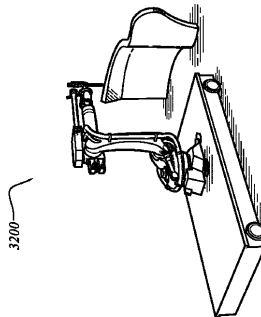
**Fig 30**

【 31 】



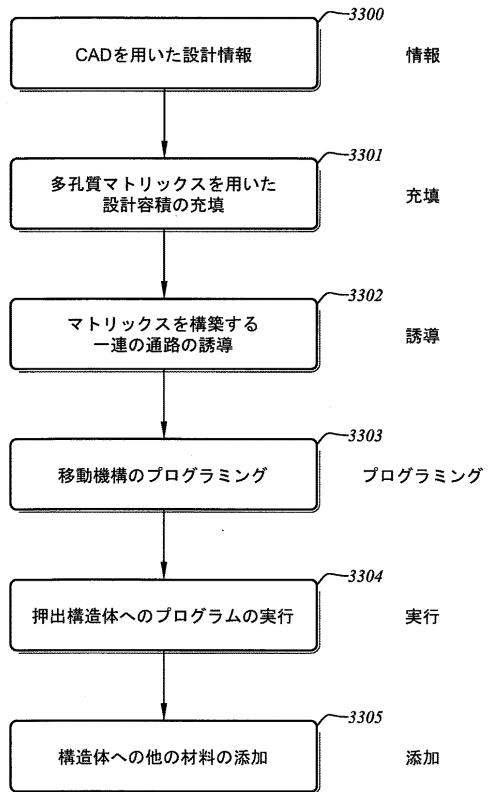
**Fig 31**

【 32 】



**Fig 32**

【 図 3 3 】



【 図 3 4 】

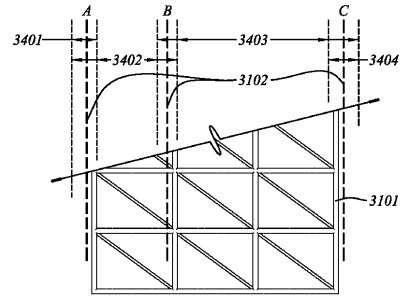


Fig 34

【 図 3 5 a 】

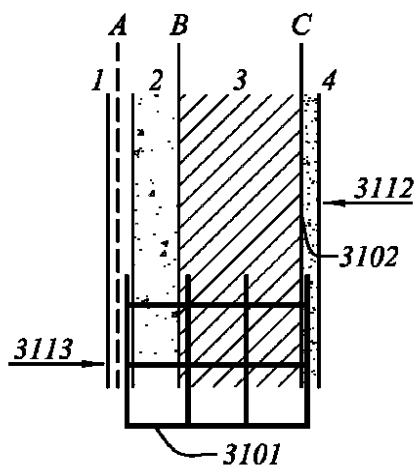


Fig 35a

【 図 3 5 b 】

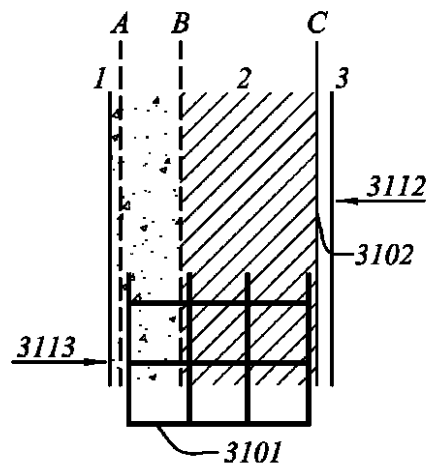


Fig 35b

【 図 3 5 c 】

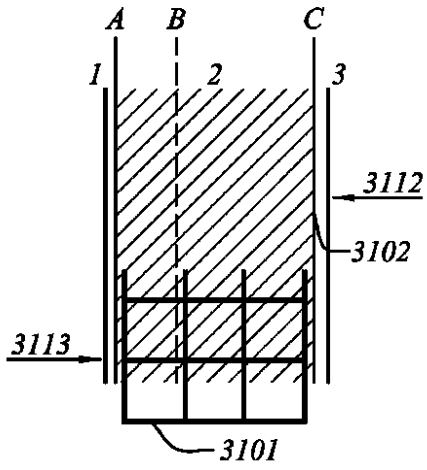


Fig 35c

【 図 3 6 】

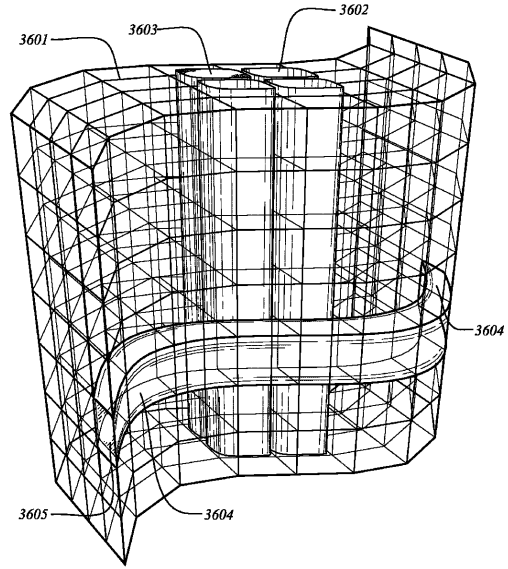


Fig 36

【 図 3 7 】

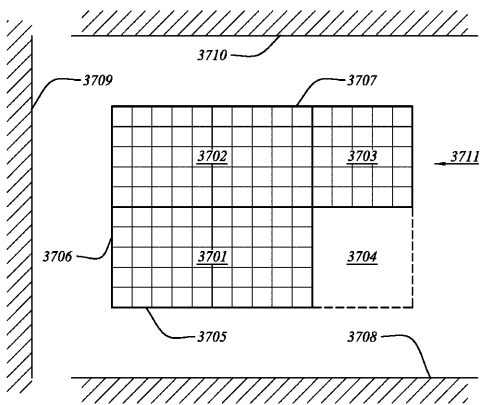


Fig 37

【 図 3 8 】

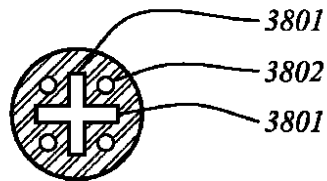


Fig 38

【 図 3 9 】

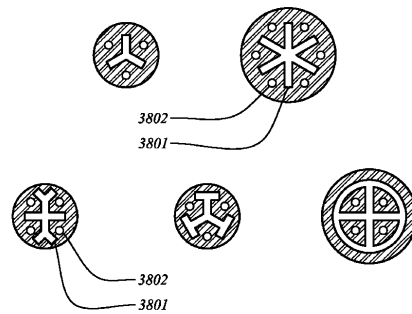
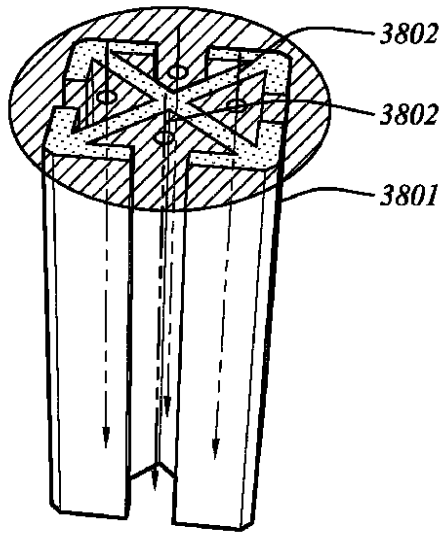


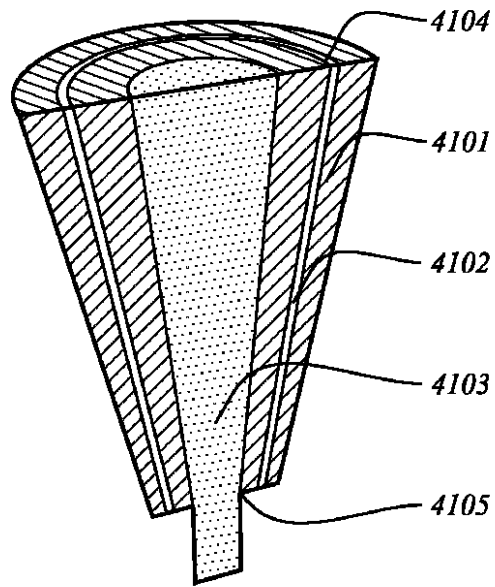
Fig 39

【 図 4 0 】



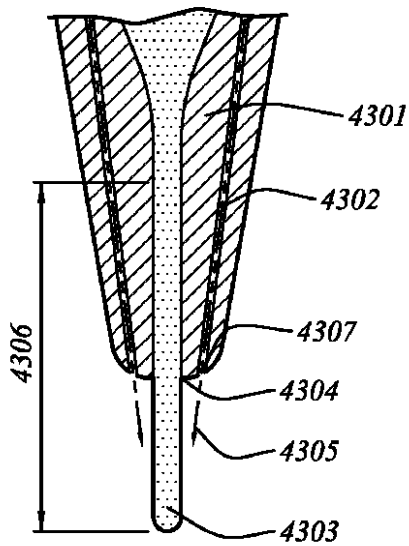
**Fig 40**

【 図 4 1 】



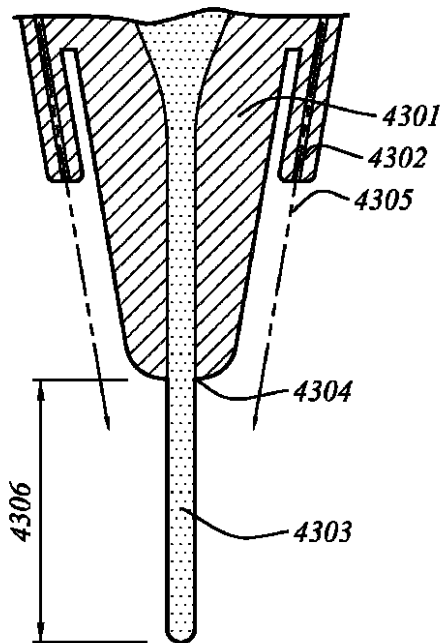
**Fig 41**

【 図 4 3 a 】



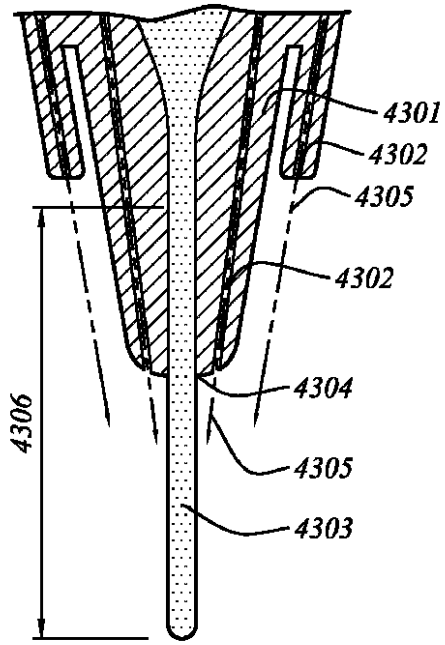
**Fig 43a**

【 図 4 3 b 】



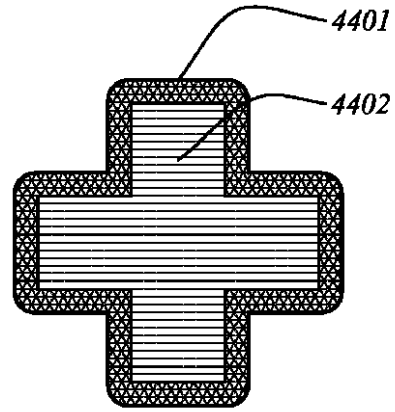
**Fig 43b**

【 4 3 c 】



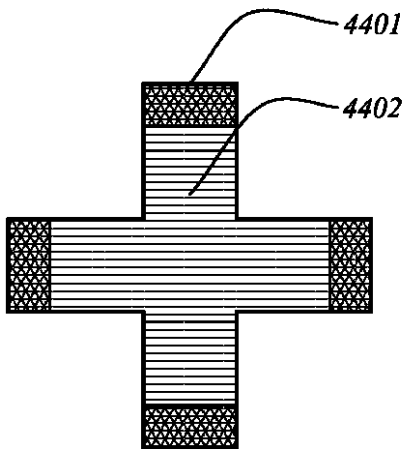
**Fig 43c**

【 4 4 a 】



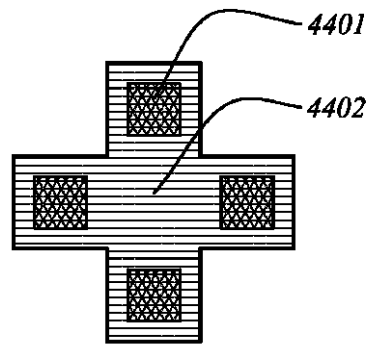
**Fig 44a**

【 4 4 b 】



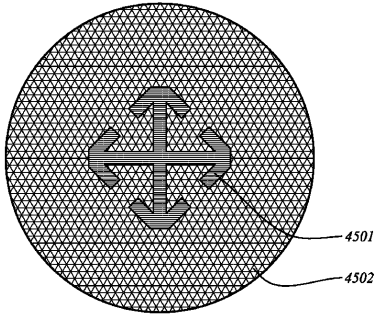
**Fig 44b**

【 4 4 c 】



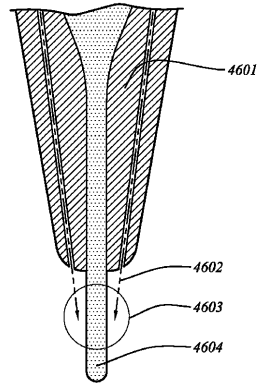
**Fig 44c**

【 図 4 5 】



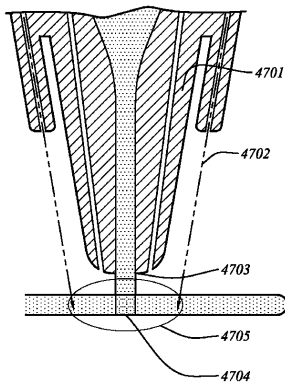
**Fig 45**

【 図 4 6 】



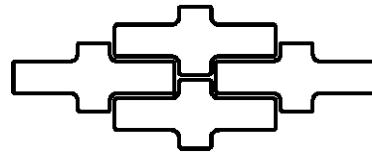
**Fig 46**

【 図 4 7 】



**Fig 47**

【 図 4 8 a 】



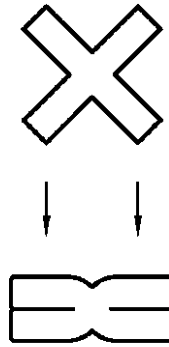
**Fig 48a**

【 48 b 】



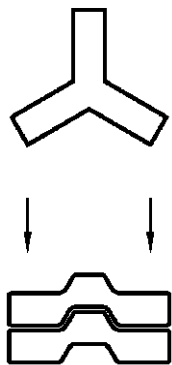
**Fig 48b**

【 48 c 】



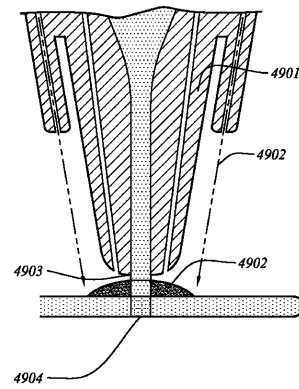
**Fig 48c**

【 48 d 】



**Fig 48d**

【 49 】



**Fig 49**

## フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I
B 2 9 C 48/05	(2019.01)	B 2 9 C 48/05
B 2 9 C 48/11	(2019.01)	B 2 9 C 48/11
B 2 9 C 48/12	(2019.01)	B 2 9 C 48/12
B 2 9 C 48/30	(2019.01)	B 2 9 C 48/30
B 3 3 Y 30/00	(2015.01)	B 3 3 Y 30/00
B 3 3 Y 80/00	(2015.01)	B 3 3 Y 80/00

- (72)発明者 ロバート・プラット・ボイド・ザ・フォース  
アメリカ合衆国 3 7 4 0 5 テネシー州チャタヌーガ、チェロキー・ブルーバード 1 0 0 番、スイート 1 2 5
- (72)発明者 クリストファー・ウェラー  
アメリカ合衆国 3 7 4 0 5 テネシー州チャタヌーガ、チェロキー・ブルーバード 1 0 0 番、スイート 1 2 5
- (72)発明者 アンソニー・ディサント  
アメリカ合衆国 3 7 4 0 5 テネシー州チャタヌーガ、チェロキー・ブルーバード 1 0 0 番、スイート 1 2 5
- (72)発明者 メロディ・リーズ  
アメリカ合衆国 3 7 4 0 5 テネシー州チャタヌーガ、チェロキー・ブルーバード 1 0 0 番、スイート 1 2 5
- (72)発明者 ブルース・ヒルバート  
アメリカ合衆国 3 7 4 0 5 テネシー州チャタヌーガ、チェロキー・ブルーバード 1 0 0 番、スイート 1 2 5

審査官 今井 拓也

- (56)参考文献 米国特許出願公開第 2 0 1 6 / 0 3 4 6 9 9 7 ( U S , A 1 )  
米国特許出願公開第 2 0 1 3 / 0 2 3 4 3 6 9 ( U S , A 1 )  
国際公開第 2 0 1 5 / 0 6 5 9 3 6 ( W O , A 2 )  
特開昭 6 2 - 2 9 7 1 0 9 ( J P , A )  
国際公開第 2 0 1 5 / 1 9 3 8 1 8 ( W O , 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 2 9 C 4 8 / 0 0 - 4 8 / 9 6