

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6378699号
(P6378699)

(45) 発行日 平成30年8月22日 (2018. 8. 22)

(24) 登録日 平成30年8月3日 (2018. 8. 3)

(51) Int. Cl. F I
B 2 9 C 64/106 (2017. 01) B 2 9 C 64/106
B 3 3 Y 10/00 (2015. 01) B 3 3 Y 10/00

請求項の数 24 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2015-558307 (P2015-558307)	(73) 特許権者	515228818
(86) (22) 出願日	平成26年2月21日 (2014. 2. 21)		ライング オーローク オーストラリア
(65) 公表番号	特表2016-514061 (P2016-514061A)		プロプライエタリー リミテッド
(43) 公表日	平成28年5月19日 (2016. 5. 19)		オーストラリア, 2060 ニュー サウス
(86) 国際出願番号	PCT/AU2014/000160		ウェールズ, ノース シドニー, アー
(87) 国際公開番号	W02014/127426		サー ストリート 100, レベル 4
(87) 国際公開日	平成26年8月28日 (2014. 8. 28)	(74) 代理人	110000338
審査請求日	平成29年2月2日 (2017. 2. 2)		特許業務法人HARAKENZO WOR
(31) 優先権主張番号	2013900587		LD PATENT & TRADEMA
(32) 優先日	平成25年2月21日 (2013. 2. 21)		RK
(33) 優先権主張国	オーストラリア (AU)	(72) 発明者	ガーディナー, ジェームス ブルース
(31) 優先権主張番号	2013901886		オーストラリア, 2008 ニュー サウス
(32) 優先日	平成25年5月27日 (2013. 5. 27)		ウェールズ, チッパンデル, ローズ
(33) 優先権主張国	オーストラリア (AU)		ストリート エル2/97

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 建築部材を鋳造する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

コンピュータ制御された装置を用いて、建築部材を形成するために建築材料を鋳造する方法であって、

上記装置は、型枠材料のリザーバに連通しており、かつ、コンピュータの指令に応じて少なくとも 1 m^3 の大きさの建築空間内において移動可能である材料堆積ヘッドを有しており、

上記方法は、

上記装置によって、型枠形状に関連付けられたコンピュータの指令を受信する工程と、

上記建築空間内において上記材料堆積ヘッドを移動させ、型枠材料を特定の位置に選択的に堆積させ、3次元的な鋳肌を有するとともに、上記型枠形状に対応する型枠を徐々に製造する工程と、

上記鋳肌に接触させるように、建築材料を注入する工程と、

上記鋳肌に接触した上記建築材料を少なくとも部分的に硬化させ、上記建築部材を形成する工程と、

上記建築部材から上記型枠の少なくとも一部分を除去する工程と、を含むことを特徴とする建築部材を形成するために建築材料を鋳造する方法。

【請求項 2】

上記型枠を製造する工程は、二重曲率を有する少なくとも一部分を備えた上記鋳肌を製造する工程をさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の建築材料を鋳造する方法。

【請求項 3】

上記型枠を除去する工程は、上記建築部材および上記型枠を、上記型枠の融点よりも高い温度に加熱し、上記型枠の少なくとも一部分を融解させる工程を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の建築部材を形成するために建築材料を鋳造する方法。

【請求項 4】

融解された上記型枠材料を上記リザーバに収集および再循環させる工程をさらに含むことを特徴とする請求項 3 に記載の建築部材を形成するために建築材料を鋳造する方法。

【請求項 5】

上記温度は、70 よりも低い温度であることを特徴とする請求項 3 に記載の建築部材を形成するために建築材料を鋳造する方法。

10

【請求項 6】

上記型枠材料は、ワックスコンパウンドであることを特徴とする請求項 3 に記載の建築部材を形成するために建築材料を鋳造する方法。

【請求項 7】

上記型枠を除去する工程は、上記型枠に液体をスプレーし、上記型枠の少なくとも一部分を溶解させる工程を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の建築部材を形成するために建築材料を鋳造する方法。

【請求項 8】

上記型枠を除去する工程は、上記建築部材、および上記型枠の少なくとも一部分を液体中に沈め、上記型枠の少なくとも一部分を溶解させる工程を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の建築部材を形成するために建築材料を鋳造する方法。

20

【請求項 9】

特定の位置において、上記建築部材の表面処理に影響を与えるための 1 つまたは複数の材料を上記型枠に選択的に塗布する工程をさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の建築部材を形成するために建築材料を鋳造する方法。

【請求項 10】

上記建築部材の表面処理に影響を与えるために使用される上記材料は、酸、色素、塗料、またはマスキングのうちの少なくとも 1 つであることを特徴とする請求項 9 に記載の建築部材を形成するために建築材料を鋳造する方法。

【請求項 11】

上記建築材料を注入する工程に先立ち、特定の位置において、上記型枠に凝固遅延剤を選択的に塗布する工程と、

30

上記建築部材から上記型枠の少なくとも一部分が除去された後に、機械的な手段によって、上記建築部材から硬化されていない建築材料を除去する工程と、をさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の建築部材を形成するために建築材料を鋳造する方法。

【請求項 12】

上記装置は、コンピュータの指令に応じて上記建築空間内において移動可能であるミルヘッドをさらに有しており、

上記方法は、上記建築材料を注入する工程に先立ち、特定の位置において、上記装置によって上記型枠を選択的に加工する工程をさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の建築部材を形成するために建築材料を鋳造する方法。

40

【請求項 13】

上記型枠を製造するために上記材料堆積ヘッドを移動させる工程は、シェルによって少なくとも部分的に囲まれた骨格構造を製造するために、上記材料堆積ヘッドを移動させる副次的な工程をさらに含み、

上記骨格構造およびシェルは、上記型枠を形成することを特徴とする請求項 1 に記載の建築部材を形成するために建築材料を鋳造する方法。

【請求項 14】

上記骨格構造は、相互に連結している支柱のネットワークを有することを特徴とする請求項 13 に記載の建築部材を形成するために建築材料を鋳造する方法。

50

【請求項 15】

上記骨格構造は、流体が上記型枠内を通過することを可能とする少なくとも1つのコンジットを規定することを特徴とする請求項13に記載の建築部材を形成するために建築材料を鋳造する方法。

【請求項 16】

上記型枠を製造するために上記材料堆積ヘッドを移動させる工程は、上記建築空間の少なくとも一部分を選択的に加熱または冷却する副次的な工程をさらに含むことを特徴とする請求項1に記載の建築部材を形成するために建築材料を鋳造する方法。

【請求項 17】

上記建築材料を注入する工程に先立ち、特定の位置において、上記型枠上に複合材料の1つまたは複数の部分を配置する工程をさらに含み、

上記建築部材から上記型枠の少なくとも一部分が除去された後に、上記複合材料の1つまたは複数の上記部分は、上記建築部材に固定されていることを特徴とする請求項1に記載の建築部材を形成するために建築材料を鋳造する方法。

【請求項 18】

上記型枠上に複合材料の1つまたは複数の部分を配置する工程の後に、複合材料の1つまたは複数の上記部分を少なくとも部分的に硬化させる工程をさらに含むことを特徴とする請求項17に記載の建築部材を形成するために建築材料を鋳造する方法。

【請求項 19】

コンピュータ制御された装置を用いて、建築部材を形成するために建築材料を鋳造する方法であって、

上記装置は、型枠材料のリザーバに連通しており、かつ、コンピュータの指令に応じて建築空間内において移動可能である材料堆積ヘッドを有しており、

上記方法は、

上記装置によって、第1の型枠形状に関連付けられたコンピュータの指令を受信する工程と、

上記型枠形状に対応する第1の型枠を製造するために、上記建築空間内において上記材料堆積ヘッドを移動させ、型枠材料を特定の位置に選択的に堆積させる工程と、

複合材料の均質な層を形成するために、特定の位置において、上記第1の型枠上に複合材料の1つまたは複数の部分を配置する工程と、

複合部材を形成するために、複合材料の上記層を硬化させる工程と、

上記複合部材から上記第1の型枠を除去する工程と、

上記複合部材の少なくとも一部分に接触させるように、第1の建築材料を注入する工程と、

上記複合部材に接触した上記第1の建築材料を硬化させ、第1の建築部材を形成する工程と、を含むことを特徴とする建築部材を形成するために建築材料を鋳造する方法。

【請求項 20】

上記第1の建築部材の近傍に、第2の型枠を配置する工程と、

上記第1の建築部材および上記第2の型枠の少なくとも一部分に接触させるように、第2の建築材料を注入する工程と、

上記第1の建築部材および上記第2の型枠に接触した上記第2の建築材料を硬化させ、上記第1の建築部材に連結された第2の建築部材を形成する工程と、

上記第1の建築部材および上記第2の建築部材の両方から、上記第2の型枠を除去する工程と、をさらに含むことを特徴とする請求項19に記載の建築部材を形成するために建築材料を鋳造する方法。

【請求項 21】

上記第1の建築材料および上記第2の建築材料は、実質的に同一の組成を有することを特徴とする請求項20に記載の建築部材を形成するために建築材料を鋳造する方法。

【請求項 22】

複合材料の1つまたは複数の上記部分は、コンピュータの指令に応じて移動可能な、コ

10

20

30

40

50

コンピュータ制御された複合レイアップヘッドによって上記型枠上に配置されることを特徴とする請求項 17 または 19 に記載の建築部材を形成するために建築材料を鑄造する方法。

【請求項 23】

上記複合材料は、予備含浸テープであることを特徴とする請求項 17 または 19 に記載の建築部材を形成するために建築材料を鑄造する方法。

【請求項 24】

コンピュータ制御された装置を用いて、建築部材を形成するために建築材料を鑄造する方法であって、

上記装置は、型枠材料のリザーバに連通しており、かつ、コンピュータの指令に応じて建築空間内において移動可能である材料堆積ヘッドを有しており、

上記方法は、

上記装置によって、第 1 の型枠形状に関連付けられたコンピュータの指令を受信する工程と、

上記第 1 の型枠形状に対応する第 1 の型枠を製造するために、上記建築空間内において上記材料堆積ヘッドを移動させ、型枠材料を特定の位置に選択的に堆積させる工程と、

特定の位置において、上記第 1 の型枠上に複合材料の 1 つまたは複数の部分を配置する工程と、

1 つまたは複数の第 1 の複合部材を形成するために、複合材料の 1 つまたは複数の上記部分を硬化させる工程と、

上記装置によって、第 2 の型枠形状に関連付けられたコンピュータの指令を受信する工程と、

上記第 2 の型枠形状に対応してあり、かつ、上記第 1 の型枠、もしくは、1 つまたは複数の第 1 の複合部材と少なくとも部分的に接触している第 2 の型枠を製造するために、上記建築空間内において上記材料堆積ヘッドを移動させ、型枠材料を特定の位置に選択的に堆積させる工程と、

特定の位置において、上記第 2 の型枠上に複合材料の 1 つまたは複数の部分を配置する工程と、

1 つまたは複数の第 2 の複合部材を形成するために、複合材料の 1 つまたは複数の上記部分を硬化させる工程と、

上記第 1 の型枠および上記第 2 の型枠の少なくとも一部分に接触させるように、建築材料を注入する工程と、

上記第 1 の型枠および上記第 2 の型枠に接触した上記建築材料を硬化させ、建築部材を形成する工程と、

上記建築部材から上記第 1 の型枠および上記第 2 の型枠を除去する工程と、を含むことを特徴とする建築部材を形成するために建築材料を鑄造する方法。

【発明の詳細な説明】

【発明の詳細な説明】

【0001】

〔技術分野〕

本発明は、建物または同様の建築物を建築するために使用される建築部材を形成するために、組立可能な建築材料を鑄造することに一般的に関する。特に、本発明は、モールド（型枠）を用いて、建築部材を形成するために建築材料を鑄造することに関する。

【0002】

〔本発明の背景〕

建築物を建築するために用いられる部材、または建築物の主要な部分を構成する部材を形成するために、組立可能な建築材料（コンクリート等）の鑄造は、かなり長い時間をかけて行われている。一般的に、これらの材料を鑄造する工程は、モールド（一般的に型枠として知られている）を構築する工程を含む。このモールドは、建築部材の所望の形状とは逆の形状を有するキャビティを有する。概ね、液体の建築材料は、キャビティの内部に

10

20

30

40

50

注入され、固定（硬化）される。これにより、キャビティの内部の建築材料を固め、所望の形状を有する建築部材を形成することができる。そして、モールドは、建築部材から除去される。

【0003】

建築部材を鋳造することの利点の1つは、複雑な形状の建築部材を製造し得るという点にある。これにより、特定の機能的または審美的な特性を有する部材を鋳造することが可能となる。例えば、組立可能な建築材料は、液体から固体へと状態変化するため、当該材料は、無定形かつ複雑な形状を有するモールドの内部へと注入され、硬化され得る。この結果、固められた部分は、モールドの形状に十分に対応した、無定形かつ複雑な形状を有することとなる。この形状は、他のプロセスを利用して製造することは困難であろう。

10

【0004】

建築様式および工学のさらなる高度化に伴い、非標準的な「フリーフォーム」形状の建築部材を鋳造する必要性が増加している。多くの非標準的な形状の建築物に共通する問題の1つは、「アンダーカット」またはオーバーハングする表面の存在である。もし、剛性が高い従来の型枠を用いて、このような表面を有する建築部材が鋳造されたならば、建築部材が固体化した時、型枠は建築部材と係合することとなる。このため、建築部材から型枠を除去することは、困難または不可能である。

【0005】

この問題点を克服するための過去の解決策は、複雑な多部品の型枠または消耗品の型枠の使用を伴っている。多部品の型枠は、型枠から建築部材を取り外すために、解体可能である。また、消耗品の型枠は、建築部材が固まった後に当該部材を取り外すために、例えば型枠のみを砕くことによって、破壊される。しかしながら、多くの場合、このような解決策は、多部品の型枠の複雑性、および/または、各鋳造プロセスにおいて消費される型枠の量ゆえに、高コストとなってしまう。そして、型枠材料の消費量が増加してしまい、また、鋳造された部材から型枠を除去するために、かなり多くの時間および/またはエネルギーが必要となってしまう可能性がある。

20

【0006】

従って、建築部材を形成するために建築材料を鋳造する（特に、オーバーハングする表面等の複雑な形状を有する建築部材を鋳造する）、より効率的かつコスト面で効果が高い方法を提供することができれば、有益であろう。

30

【0007】

〔本発明の概要〕

本発明の一態様によれば、コンピュータ制御された装置を用いて、建築部材を形成するために建築材料を鋳造する方法が提供される。ここで、上記装置は、型枠材料のリザーバに連通しており、かつ、コンピュータの指令に応じて建築空間内において移動可能である材料堆積ヘッドを有している。そして、上記方法は、上記装置によって、型枠形状に関連付けられたコンピュータの指令を受信する工程と、上記型枠形状に対応する型枠を製造するために、上記建築空間内において上記材料堆積ヘッドを移動させ、型枠材料を特定の位置に選択的に堆積させる工程と、上記型枠の少なくとも一部分に接触させるように、建築材料を注入する工程と、上記型枠に接触した上記建築材料を少なくとも部分的に硬化させ、上記建築部材を形成する工程と、上記建築部材から上記型枠の少なくとも一部分を除去する工程と、を含む。

40

【0008】

本発明の別の態様によれば、コンピュータ制御された装置を用いて、建築部材を形成するために建築材料を鋳造する方法が提供される。ここで、上記装置は、型枠材料のリザーバに連通しており、かつ、コンピュータの指令に応じて建築空間内において移動可能である材料堆積ヘッドを有している。そして、上記方法は、上記装置によって、第1の型枠形状に関連付けられたコンピュータの指令を受信する工程と、上記型枠形状に対応する第1の型枠を製造するために、上記建築空間内において上記材料堆積ヘッドを移動させ、型枠材料を特定の位置に選択的に堆積させる工程と、複合材料の均質的な層を形成するために

50

、特定の位置において、上記第1の型枠に複合材料の1つまたは複数の部分を選択的に塗布する工程と、複合部材を形成するために、複合材料の上記層を硬化させる工程と、上記複合部材から上記第1の型枠を除去する工程と、上記複合部材の少なくとも一部分に接触させるように、第1の建築材料を注入する工程と、上記複合部材に接触した上記第1の建築材料を硬化させ、第1の建築部材を形成する工程と、を含む。

【0009】

本発明の別の態様によれば、コンピュータ制御された装置を用いて、建築部材を形成するために建築材料を鋳造する方法が提供される。ここで、上記装置は、型枠材料のリザーバに連通しており、かつ、コンピュータの指令に応じて建築空間内において移動可能である材料堆積ヘッドを有している。そして、上記方法は、上記装置によって、第1の型枠形状に関連付けられたコンピュータの指令を受信する工程と、上記第1の型枠形状に対応する第1の型枠を製造するために、上記建築空間内において上記材料堆積ヘッドを移動させ、型枠材料を特定の位置に選択的に堆積させる工程と、特定の位置において、上記第1の型枠に複合材料の1つまたは複数の部分を選択的に塗布する工程と、1つまたは複数の第1の複合部材を形成するために、複合材料の1つまたは複数の上記部分を硬化させる工程と、上記装置によって、第2の型枠形状に関連付けられたコンピュータの指令を受信する工程と、上記第2の型枠形状に対応する第2の型枠を製造するために、上記建築空間内において上記材料堆積ヘッドを移動させ、型枠材料を特定の位置に選択的に堆積させる工程（ここで、上記第2の型枠は、上記第1の型枠、もしくは、1つまたは複数の第1の複合部材と少なくとも部分的に接触している）と、特定の位置において、上記第2の型枠に複合材料の1つまたは複数の部分を選択的に塗布する工程と、1つまたは複数の第2の複合部材を形成するために、複合材料の1つまたは複数の上記部分を硬化させる工程と、上記第1の型枠および上記第2の型枠の少なくとも一部分に接触させるように、建築材料を注入する工程と、上記第1の型枠および上記第2の型枠に接触した上記建築材料を硬化させ、建築部材を形成する工程と、上記建築部材から上記第1の型枠および上記第2の型枠を除去する工程と、を含む。

【0010】

本明細書の文脈において、「建築部材」という文言は、構造物を建築するために他の部材と組み合わせて使用される任意の物体を一般的に指しており、ビル、橋、および他の構造物（例えば、人口岩礁、パイプ、または水処理プラント等）を建築するために使用される部材を特に指している。より大型の構造物に取り付けられた建築部材、または、完全な個別の構造物を形成する建築部材も、「建築部材」の範囲内に含まれると認められる。

【0011】

本明細書を通じて、「型枠」という文言は、流体または柔軟性が高いマトリクスから十分に固められた構造物へと、材料を転移させる時に、別の材料の構造を形成するために使用される物品を一般的に指す。こうした「型枠」は、モールド、バック、コア、またはマンドレルを含む。

【0012】

本明細書において、「複合材料」または「複合」という文言は、繊維強化ポリマー複合材料を一般的に指している。ここで、繊維強化ポリマー複合材料は、熱可塑性複合材料、短繊維の熱可塑性材料、長繊維の熱可塑性材料、および長繊維によって強化された熱可塑性材料を含む。複合材料は、天然（有機的な）材料または合成（非有機的な）材料によって形成されたファイバを含んでいてよい。特に、本明細書は、炭素繊維、ガラス繊維、衣服、マット、テープ、および繊維予備含浸（「プリプレグ」として知られている）テープに言及している。しかしながら、複合という用語は、金属マトリクス材料またはセラミックマトリクス材料への言及を含んでいてもよい。

【0013】

〔図面の簡単な説明〕

本発明の好適な実施形態は、以下の添付図面を参照して、例示のみを目的として説明される。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 4 】

図 1 A は、型枠を製造するために材料を堆積させる装置の斜視図である。

【 0 0 1 5 】

図 1 B は、コンピュータ制御されたミルスピンドルの斜視図である。

【 0 0 1 6 】

図 1 C は、ミルスピンドルに接続された、コンピュータ制御されたロボットアームの斜視図である。

【 0 0 1 7 】

図 1 D は、材料堆積ヘッドに接続された、コンピュータ制御されたロボットアームの斜視図である。

10

【 0 0 1 8 】

図 2 は、型枠および鋳造された建築部材の斜視図である。

【 0 0 1 9 】

図 3 は、別の鋳造された建築部材の斜視図である。

【 0 0 2 0 】

図 4 は、別の型枠および鋳造された建築部材の部分断面図である。

【 0 0 2 1 】

図 5 は、さらに別の建築部材の斜視図である。

【 0 0 2 2 】

図 6 は、建築空間内に取り付けられた補強フレームの斜視図である。

20

【 0 0 2 3 】

図 7 A は、さらに別の型枠および鋳造された建築部材の立体分解図である。

【 0 0 2 4 】

図 7 B は、さらに別の鋳造された建築部材の詳細図である。

【 0 0 2 5 】

図 8 A および 8 B は、さらに別の型枠、および対応するそれぞれの鋳造された建築部材の斜視図である。

【 0 0 2 6 】

図 9 は、複数の柱に固定された、別の鋳造された建築部材の斜視図である。

【 0 0 2 7 】

図 1 0 は、様々な型枠に対して複合材料を塗布する装置の斜視図である。

30

【 0 0 2 8 】

図 1 1 は、2つのさらに別の型枠（1つの型枠は、複合材料が固定される部分を有している）の斜視図である。

【 0 0 2 9 】

図 1 2 は、複合材料によって覆われており、かつ、さらに別の鋳造された建築部材に連結されている、さらに別の型枠の斜視図である。

【 0 0 3 0 】

図 1 3 A は、複合材料が固定される部分を有するさらに別の型枠の斜視図である。

【 0 0 3 1 】

図 1 3 B は、複合材料の主要な部分を有する、2つの別の建築部材の側面図である。

40

【 0 0 3 2 】

図 1 4 A および 1 4 B は、複合材料に固定された部分を有する別の型枠と、当該型枠を使用して鋳造された建築部材との断面図である。

【 0 0 3 3 】

図 1 5 A ~ 1 5 D は、複合材料の複数の主要な部分を有する、さらに別の型枠を製造する様々な工程を示す。

【 0 0 3 4 】

図 1 5 E は、複合材料の複数の主要な部分を有する、別の鋳造された建築部材の断面図である。

50

【 0 0 3 5 】

〔 好適な実施形態の詳細な説明 〕

本開示は、型枠形状に関連付けられたコンピュータの指令に応じて、コンピュータ制御された装置によって製造されたモールド（型枠）を用いて、建築部材を形成するために組立可能な建築材料（コンクリート等）を鑄造する方法に一般的に関する。特に、本開示は、装置によって製造された少なくとも1つの融解可能または溶解可能な型枠を用いて、建築部材を形成するために建築材料を鑄造する方法に関する。ここで、少なくとも1つの型枠は、当該型枠から硬化した建築部材を取り除くために、融解または溶解される。そして、型枠の材料は、再利用のために、コンピュータ制御された装置に対してリサイクルされてよい。さらに、本開示は、コンピュータ制御された装置によって製造された型枠を用いて、建築部材を形成するために建築材料を鑄造する方法に関する。ここで、鑄造プロセスにおいて、建築部材に影響を与える複合材料および/または表面処理が、選択的に型枠に塗布される。また、鑄造プロセスにおいて、当該複合材料および/または表面処理は、建築部材に転写される、または、建築部材と一体化される。

10

【 0 0 3 6 】

図1Aには、型枠2を製造するために材料を堆積させる装置1が示されている。装置1は、第1のガントリー3、第2のガントリー4、および伸張可能なアーム5を備える。第1のガントリー3および第2のガントリー4は、互いに直交するように配置されており、相互に関連して移動可能である。また、アーム5は、第2のガントリー4に沿って移動可能なキャリッジ6に接続されている。材料堆積ヘッド7は、少なくとも2つの軸の周りを回転可能であるように、アーム5の端部に接続される。材料堆積ヘッド7は、1つまたは複数の堆積ノズル8を有する。堆積ノズル8は、ホース9を介して、実質的に液体である型枠材料が収容された型枠材料のリザーバ（不図示）に連通している。ガントリー3・4、キャリッジ6、およびアーム5は、協働して材料堆積ヘッド7を建築空間（build volume）内において移動させる。建築空間とは、装置1の近傍において定義される空間であり、この例ではガントリー3・4より下の空間である。「建築スケール」の型枠（すなわち、建築物向けの大型の建築部材を鑄造できるように、十分に大きい型枠）を製造できるように、建築空間は1m³よりも大きいことが標準的である。

20

【 0 0 3 7 】

装置1は、型枠形状に関連付けられたコンピュータの指令に応じて、建築空間内において材料堆積ヘッド7を移動させる。そして、装置1は、型枠形状に対応した型枠2を製造するために、型枠材料の一部を所定の位置に堆積させる。型枠形状に関連付けられたコンピュータの指令は、コンピュータ支援設計（CAD）ソフトウェアによって生成された、建築部材または型枠のデジタルな3次元（3D）モデルに依存する。型枠の建築部材の3Dモデルは、CADソフトウェアを操作するユーザ、および/または、CADソフトウェアによって実行されるアルゴリズムによって生成されてもよい。一般的に、CADデータは、CADソフトウェアの仮想的な環境内の建築部材の形状（デジタルな「バック」として知られている）に対するユーザのモデリングの結果として提供される。そして、CADソフトウェアは、デジタルな「モールド」の形状を算出する。このモールドの形状は、バックの形状とは逆である。バックの形状は、建築部材を鑄造するために必要なモールド（型枠）の形状を提供する。そして、装置1には、デジタルなモールドに関連付けられたコンピュータの指令が与えられる。この指令は、装置に型枠2を製造させる指令である。

30

40

【 0 0 3 8 】

なお、装置1は、近距離音場ソナーまたは赤外線スキャナ等の3Dスキャナ（不図示）を備えている。この3Dスキャナは、型枠2の形状をスキャンし、製造プロセスにおいて所定の間隔で、3Dモデルの形状を照合する。3Dスキャナが所定の許容誤差を超えた3Dモデルの変化を検出した場合には、コンピュータの指令が装置1によって実行される。これにより、型枠2の形状が所定の許容誤差内において製造されるように、当該形状が調整される。例えば、この処理は、装置1によって型枠2に型枠材料を付加する処理、または、装置1によって型枠2から型枠材料を除去する処理を含んでいてもよい。

50

【 0 0 3 9 】

一般的に、型枠材料は、水平方向に十分に平坦な層上に、装置 1 によって連続的に堆積される。当該層は、(i) 基板 1 0 上に堆積された第 1 の層と、(i i) 以前に堆積された層と少なくとも一部分において接触するように堆積された、それぞれの後続的な層とを有する。また、型枠材料は、例えば型枠材料自身を支持するビードを形成する連続的な曲線として、様々な平面または非平面的な層上に堆積されてもよい。

【 0 0 4 0 】

概略として、型枠 2 を製造するために、装置 1 が型枠材料の連続的な層を堆積させる場合には、層の厚さは 0 . 0 5 ~ 1 c m の範囲内であってよい。これにより、型枠の分解が効率化される。ある場合には、材料の層は、これより厚くともよい。一例として、大型の型枠を製造するために必要な時間を最小化することが優先事項である場合には、「ステップ」が層間に形成される、または、他の欠陥が型枠上に形成されることとなる。このような例において、「ステップ」または表面の欠陥は、加工（仕上げ）作業によって除去される。この作業は、装置 1 が、コンピュータの指令に応じてミルヘッドを操作することによって行われることが一般的である。これにより、型枠から型枠材料の一部を選択的に除去することができる。

【 0 0 4 1 】

型枠材料は、リザーバ（不図示）から装置 1 に供給される。型枠材料は、実質的に液体状態にあり、型枠材料から、ホース 9 を通ってノズル 8 へと流れるために十分な粘性を有している。型枠材料の複合物は、型枠材料の粘度を最適化し、流速を向上させるために、粘度向上剤を含んでいてもよい。型枠材料は、ノズル 8 からの堆積に先立ち、当該材料の融点以上の温度に加熱されることが好ましく、融点よりも 0 ~ 1 0 高い範囲内の温度に加熱されることが好ましい。堆積後ただちに、型枠材料は急速に冷却され硬化する。これにより、型枠材料は、少なくとも部分的に凝固する。型枠材料は、堆積後ただちに、以前に堆積された型枠材料と近接した部分と密着した接合部を形成する。

【 0 0 4 2 】

型枠材料は、融解可能であることが好ましい。例えば、ワックスコンパウンドは、比較的低い温度において融解され、装置 1 における再利用に先立って必要とされる最小限のプロセスによって、リザーバに収集および再循環され得る。型枠材料は、7 0 よりも低い温度において融解することが好ましい。これにより、型枠 2 を加熱し、型枠 2 に係合したコンクリートの建築部材を鋳造する時に、硬化中に、熱がコンクリートの建築部材の構造に有意な影響を及ぼさないようにすることができる（熱がコンクリートの建築部材の構造に有意な影響を及ぼした場合には、建築部材の強度の低下が発生し得る）。

【 0 0 4 3 】

また、型枠材料は、水溶性であってよい。例えば、プラスターは、溶解可能であり、随意的にリザーバに収集および再循環され得る。同様に、発泡体等の化学的な溶液を有する型枠材料は、溶解可能であってよい。建築部材を硬化させた後に、(i) 型枠 2 に化学的な溶液等の液体をスプレーすることによって、または、(i i) 型枠 2 および建築部材の少なくとも一部分を液体中に沈めることによって、型枠 2 は溶解する。これにより、型枠材料を溶解させ、鋳造された建築部材から型枠を除去することが可能である。

【 0 0 4 4 】

図 1 A では、型枠 2 が部分的に製造されている状態が示されている。型枠 2 は、格子として構成された、内部的な骨格構造 1 1 を有する。骨格構造 1 1 は、鋳肌 1 2 によって囲まれている。鋳肌 1 2 は、骨格構造 1 1 の周りに連続的な外部構造を形成する。この外部構造に、建築部材が最終的に注入され、セットされる。これにより、建築部材の形状を形成することができる。型枠 2 は、内部的な骨格構造 1 1 を有する中空の構造物として、装置 1 によって製造される。これにより、型枠 2 を製造するために必要な時間および型枠材料の量を最小化することができる。また、鋳造された建築部材から型枠 2 を除去する時に、型枠 2 を融解させるために必要な時間およびエネルギーを最小化することができる。骨格構造 1 1 は、（図 1 A に示されている通り）一貫したモザイク状のパターンによって形

10

20

30

40

50

成されていてもよいし、相互に連結している支柱を有する不均一なパターンによって形成されていてもよい。骨格構造 11 の形状は、型枠 2、および型枠 2 に接触する、鋳造された関連する建築部材の機能的な要求に応じて最適化されている。例えば、鋳造中に型枠 2 が支持する建築部材の重さ / 密度に応じて、骨格構造 11 の密度は、型枠 2 内の空間の全体に亘って変更されてよい。または、鋳造プロセス中に型枠 2 を冷却するために、骨格構造 11 は、型枠 2 の内部を通過する流体の経路を形成するための 1 つまたは複数のコンジットを形成してよい。

【 0 0 4 5 】

図 1 A において、型枠 2 は、基板 10 と鋳肌 12 との間に伸展している側壁によって封止されている。なお、複数の側壁の少なくとも一部分は、骨格構造 11 の内部に液体または気体を通過させるために、設けられていない。これにより、型枠 2 を急速に冷却および硬化させること、または、収縮を低減するために型枠 2 を加熱することが可能となる。同様に、建築空間の一部または全ては、型枠 2 および / または建築部材の温度に影響を与えるために、選択的に温度制御される。材料堆積ヘッド 7 は、加熱または冷却された液体 / 気体を選択的に噴射するための付加的なノズル（不図示）を備えていてもよい。これにより、型枠 2 の温度に影響を与えることが可能となり、加熱時に型枠 2 を選択的に融解させ、型枠 2 の表面から不純物を除くことができる。

10

【 0 0 4 6 】

図 1 B において、装置 1 は、アーム 5 に取り付けられたミルスピンドル 13 に接続されている。装置 1 は、コンピュータの指令に応じて、材料堆積ヘッド 7 をミルスピンドル 13 に交換する。そして、装置 1 は、型枠 2 を加工し、特定の位置において型枠材料を除去する。ミルスピンドル 13 は、空気排出（真空）システムに接続された、1 つまたは複数の吸気口（不図示）を有していてもよい。これにより、ミルスピンドル 13 によって材料が除去される時に、ミルスピンドル 13 の近傍の空気を吸引することができ、型枠材料の粒子を収集することができる。

20

【 0 0 4 7 】

図 1 C は、装置 1 の別の態様を示している。装置 1 は、キャリッジ（不図示）に固定された、回転可能なロボットアーム 14 を有する。キャリッジは、建築空間の表面に固定されたトラック（不図示）に沿って移動可能である。ロボットアーム 14 は、キャリッジから伸展する複数のアーム部 15、16、および 17 を有する。第 1 のアーム部 17 は、回転可能であるようにキャリッジに固定されている。また、各アーム部 15 および 16 は、少なくとも 1 つの軸の周りに回転可能であるように、互いに接続されている。キャリッジに対する末端のアーム部 16 は、材料堆積ヘッド 7（不図示）またはミルスピンドル 13 に対して回転自在に接続可能である。ロボットアーム 14 は、少なくとも 5 つの回転軸の周りを回転可能である。これにより、ミルスピンドル 13（または堆積ヘッド 7）を、建築空間内において自由に移動させることができ、型枠材料を正確に堆積または加工することが可能となる。

30

【 0 0 4 8 】

図 1 D では、図 1 C に示されたロボットアーム 14 は、材料堆積ヘッド 7 に接続されている。そして、ロボットアーム 14 は、別の型枠 120 を製造するために、型枠材料の一部を選択的に堆積させる。装置 1 は、コンピュータの指令に応じて、材料堆積ヘッド 7 とミルスピンドル 13 とを自動的に交換する。また、ロボットグリッパー等の他のヘッドへの交換が、装置 1 によって行われてもよい。他のヘッドは、物品を把持および移動させるものであってもよいし、または、流体を選択的に噴射させるためのスプレーガン（不図示）であってもよい。特に、大規模な応用例では、1 つまたは複数のトラックに沿って移動する複数のロボットアーム 14 が設けられる。これにより、建築空間の様々な領域において、型枠材料の堆積および / または加工を同時に行うことができる。

40

【 0 0 4 9 】

図 1 C および図 1 D を参照すると、ロボットアーム 14 の末端のアーム部 16 には、スプレーノズル（不図示）がさらに設けられてもよい。スプレーノズルは、型枠 2 に対して

50

、液体（例えば、凝固遅延剤、酸、色素、塗料、またはマスキング材料等）を選択的に塗布する。上述の通り、ロボットアーム14の移動、および型枠2に対する液体の塗布は、コンピュータ制御されている。一般的に、像または機能的な形状を形成するために、スプレーされた材料は、選択的に塗布される。酸および凝固遅延剤等の材料は、異なる濃度で塗布されてよい。これにより、(i)型枠2に接触する建築材料が酸によってエッチングされる程度、および/または、(ii)建築材料の硬化が遅延される程度を変化させることができる。凝固遅延剤が型枠2に塗布された場合、建築部材を硬化させ型枠2を除去した後に、凝固遅延剤と接触している硬化されていない建築材料は、例えば機械的な手段（加圧された水等）によって、建築部材から除去される。これにより、型枠に塗布された像または機能的な形状を露出させ、建築部材に転写することができる。

10

【0050】

図2は、装置1によって製造された後の型枠2を示す。型枠2は、波状の鑄肌12を有する。型枠2に接触して鑄造されている建築部材17は、型枠2の近傍に配置される。これにより、鑄肌2に対して相補的な形状を有する表面を得ることができる。建築部材17は、(i)装置1の建築空間内に型枠2を製造し、(ii)型枠2の各側面にシャッター（不図示）を取り付け、シャッターと型枠2の鑄肌12との間にキャビティを生成し、(iii)実質的に液体である建築材料をキャビティの内部に注入し、(iv)シャッターおよび型枠2に接触している建築材料を硬化させ、(v)型枠2からシャッターを取り外し、鑄造された建築部材17から型枠2を除去することによって鑄造される。また、型枠2には、延長された側壁が設けられてもよい。これにより、シャッターが不要となる。

20

【0051】

図3には、別の建築部材18が示されている。建築部材18は、上述の方法の各工程に基づいて鑄造されている。建築部材18は、複数の「オーバーハングする」（「アンダーカット」としても知られている）表面19を有している。当該表面は、アンダーカット表面19に近接する凹部を形成する。アンダーカット表面19は、建築材料が硬化する時に、型枠（不図示）が建築部材18から離れるように直線的に引きこまれることを防止する。これにより、型枠を建築部材18と係合させることができる。そして、係合した型枠および建築部材18は、型枠材料の融点よりも高い温度に加熱される。これにより、型枠を融解させ、当該型枠を建築部材18から除去することができる。型枠材料は、型枠材料のリザーバに収集および再循環される。当該材料は、装置1によって別の型枠を製造するために再利用されてよい。

30

【0052】

一般的に、型枠から建築部材を除去する時には、建築空間の温度を制御し、型枠を融解するために、装置1の建築空間内における型枠および建築部材の両方を加熱することが好ましい。そして、型枠材料は、排水システムによって収集され、（必要に応じて）処理され、リザーバに再循環される。型枠材料の処理は、材料の配合を最適化するために、残骸および化学処理を除去するための濾過を含んでいてもよい。

【0053】

図4は、上述の方法に基づいて装置1によって製造されたコア20と、コア20に接触するさらに別の鑄造された建築部材21との部分断面図である。複数のシャッター22は、建築空間内に固定され、コア2とは離間して配置されている。シャッター22は、コア20の周囲にキャビティを形成する。建築材料は、建築部材21を形成するために、キャビティの内部に注入される。コア20は、複数のポアホール23を有する。建築材料は、ポアホール23の内部へと浸透する。建築材料が硬化された後、コア20および建築部材21は、コア20の材料の融点よりも高い温度に加熱される。これにより、コア20を融解させ、建築部材21からコアの材料を排出することができる。なお、コア20が溶解可能または水溶性の材料であれば、コア20は化学溶液などの液体を用いて溶解される。これにより、建築部材21が複雑かつ中空の内部構造（図4の場合には、ポアホール23に対応する複数の補強支柱24）を有するように、効果的かつサステナブルに、建築部材21を鑄造することができる。無駄な型枠材料を発生させずに、建築部材22からコア20

40

50

を速やかに除去することが可能となるためである。この点は、特定のデザインまたは工学的な形状（内部的なプレナム構造、通気シャフト、コンジット、およびチルドビーム等）を鋳造する場合に、特に有益である。また、コア 20 の少なくとも一部分は、鋳造された部材 21 の内部に残されていてもよい。これにより、（相変化材料として機能することによる）熱交換、絶縁、または構造的な補強等の機能的な要求を満たすことができる。

【0054】

図 5 は、別のモールドおよびコア（不図示）を用いて形成された、別の建築部材 25 を示す。図 5 の場合には、モールドおよびコアが融解され、鋳造された部材 24 から除去された後に、装飾的および/または機能的なアレイ状のキャビティ 26 が露出される。

【0055】

図 6 では、鋳造方法の随意的かつ付加的な工程が示されている。図 6 において、補強構造 27 は、建築材料の注入に先立ち、建築空間内に組み立てられている。このことは、装置 1 によって、特定の位置に支持型枠 28 を製造することを包含してよい。特定の位置とは、補強構造 27 が組み立てられる位置であり、必要に応じて補強構造 27 を支持する位置である。補強構造 27 は、コンピュータの指令に応じて、装置 1 または別の装置によって組み立てられてよい。また、支持型枠 28 は、3 次元的な曲線構造等の別の複雑な形状の型枠（不図示）の一部として形成されてよい。これにより、相補的かつ複雑な形状の補強構造（不図示）を支持することができる。補強構造 27 は、（配線、配管、加熱、または空気量調整のための）コンジット、絶縁処理部材、または防音処理部材等の機能的な部材を含んでいてもよい。

【0056】

図 7 A には、柱として形成されたさらに別の建築部材 29 が示されている。上述のように、2 つの別の型枠 30 および 31 は、装置 1 によって製造される。型枠 30 および 31 は、互いに連結し、両者の間にキャビティを形成する。補強構造 100 は、複数のロッドであり、キャビティの内部に配置される。建築材料は、キャビティの内部に注入され、型枠部材 30・31 および補強構造 100 と接触した状態で硬化される。これにより、キャビティに対応する形状を有するとともに、主要な補強構造 100 を有する建築部材 29 を形成することができる。

【0057】

図 7 B は、「チルドビーム」として構成されたさらに別の建築部材 101 を示す。上述のように、建築部材 101 は、装置 1 によって製造された型枠（不図示）を用いて鋳造される。建築部材 101 は、主要な複数の補強バー 102 と複数のコンジット 103 とを有する。補強バー 102 により、部材 101 の強度を向上させることができる。また、コンジット 103 により、流体（例：空気および/または水）を、建築部材 101 の内部に通し、当該建築部材の温度を調節することができる。特に、コンジット 103 は、冷却/加熱された水を内側のコンジット 104 に流し、空気を外側のコンジット 105 に通すように構成されていることが好ましい。これにより、建築部材 101 の周囲の環境の温度を調節することができる。

【0058】

図 8 A は、基板 10 上に別の型枠 32 を製造する材料堆積ヘッド 7 に接続されたロボットアーム 14 を示す。型枠 32 は、二次元的な形状に押し出され、基板 10 から突出する曲線状のリップによって形成される。各シャッター 33 との間の空間を形成する基板 10 の各側面に、シャッター 33 が取り付けられると、建築材料は空間内に注入され硬化される。これにより、建築部材 34 が形成される。以前に鋳造された建築部材 34 は、基板 10 の近傍に配置される。建築部材 34 は、表面にエンボスされた突出する形状を有する装飾的なパネルとして構成されている。

【0059】

図 8 B は、図 8 A を参照して説明された概要の別の構成を示す。図 8 B において、ロボットアーム 14 は、別の型枠 110 を製造する材料堆積ヘッドに接続されている。型枠 110 を使用して鋳造された別の建築部材 111 は、型枠 110 に近接して配置されている

10

20

30

40

50

。鑄造された建築部材 1 1 1 は、型枠 1 1 0 に対応する形状を有している。これにより、複数のリップ 1 1 2 によって補強された、十分に中空の形状を有する、「格間が設けられた」床スラブを形成することができる。

【 0 0 6 0 】

図 9 は、上述の方法を使用して鑄造された、さらに別の大型の建築部材 3 5 を示す。建築部材 3 5 は、複数の柱 3 6 を連結する複雑な柱の節点アセンブリの一部として据え付けられている。建築部材 3 5 は、装置 1 によって製造された 1 つまたは複数の型枠を用いて、単一の部品として鑄造される。これにより、柱 3 6 から与えられる十分に大きな荷重を支持するための、均質的かつ強固な構造を形成することができる。

【 0 0 6 1 】

図 1 0 には、コンベア 4 0 上の別の複数の型枠 3 7 ・ 3 8 ・ 3 9 が示されている。型枠 3 7 ・ 3 8 ・ 3 9 はそれぞれ、上述のように装置 1 によって製造される。ロボットアーム 1 4 は、コンベア 4 0 の上方に配置されており、複合レイアップヘッド 4 1 に対して回転自在に接続されている。ロボットアーム 1 4 に近接した、コンベア 4 0 上の型枠 3 8 の形状に関連付けられたコンピュータの指令に応じて、ロボットアーム 1 4 は複合レイアップヘッド 4 1 を移動させる。これにより、型枠 3 8 の所定の位置に複合材料を選択的に塗布することができる。複合レイアップヘッド 4 1 には、複合材料のマットまたはテープを有する 1 つまたは複数のスピンドルが設けられている。複合レイアップヘッド 4 1 は、型枠 3 8 を複合材料 4 2 の連続的なストリームによって包み込む、または、複合材料 4 2 の一部を塗布する。また、複合レイアップヘッド 4 1 は、1 つまたは複数の複合材料リザーバ（不図示）に流体連通しているノズル（不図示）を有している。複合レイアップヘッド 4 1 は、コンピュータの指令に応じて、型枠 3 8 の特定の位置に、1 つまたは複数の複合材料から成る 1 つまたは複数の層を、選択的にスプレーする。また、一例として、型枠形状が特に複雑であり、ロボットアーム 1 4 による近接が不可能である場合には、複合材料は、手作業によって型枠に塗布されてもよい。

【 0 0 6 2 】

複合レイアップヘッド 4 1 による型枠 3 8 への複合材料の塗布の後（または塗布の時）、複合材料 4 2 は、型枠 3 8 と接触した状態で少なくとも部分的に硬化される。これにより、1 つまたは複数の複合材料部材が形成される。そして、建築部材の鑄造中に、型枠 3 8 および各複合材料の部材は、様々な方法によって使用されてよい。

【 0 0 6 3 】

一例として、型枠 3 9 は、鑄肌 4 3 に対応する均質な複合材料膜 4 4 を形成するために、鑄肌 4 3 と接触するように塗布されて硬化される複合材料を有する。続いて、型枠 3 9 および複合膜 4 4 は、建築材料によって少なくとも部分的に覆われる。そして、建築材料は硬化される。これにより、建築部材（不図示）を形成することができる。建築材料は、複合膜 4 4 と接触した状態で硬化される。これにより、建築材料と複合膜 4 4 との間の接合が形成される。そして、型枠 3 9 は建築部材から除去される。これにより、建築部材の対応する部分に固定されている複合膜 4 4 を露出させることができる。複合材料の機能的または審美的な特性の利益を享受するために、複雑となり得る建築部材の 1 つまたは複数の部分を複合材料によって被覆することが有益である場合には、この点は特に応用性に優れている。

【 0 0 6 4 】

また、例えば、複合材料のシェル 4 5 を形成するために、型枠 3 8 に接触させた複合材料を硬化させた後、型枠 3 8 は複合材料のシェル 4 5 から除去される。続いて、複合材料のシェル 4 5 の少なくとも一部分には、建築材料が充填される。そして、建築材料は硬化される。これにより、主要な複合材料のシェルを有する別の建築部材（不図示）を形成することができる。検知部材の外側の領域を複合材料によって被覆すること、または、建築部材の周囲に連続的な複合殻を形成することが有益である場合には、この点は特に応用性に優れている。

【 0 0 6 5 】

図 1 1 には、2つの型枠 4 6・4 7 が示されている。上述の通り、型枠 4 6 および 4 7 の両方は、装置 1 によって製造させる。第 2 の型枠 4 7 は、部分的に図示されている。第 1 の型枠 4 6 は、頂面および側壁と交差するように塗布された複合材料 4 8 の一部分を有する。第 2 の型枠 4 7 は、第 1 の型枠 4 6 と離間して配置されている。これにより、第 1 の型枠 4 6 と第 2 の型枠 4 7 との間のキャビティが設けられる。建築材料は、キャビティ 4 9 の内部に注入され、型枠 4 6・4 7 および複合材料 4 8 の一部分の両方と接触した状態で硬化させる。これにより、建築部材（不図示）が形成される。そして、型枠 4 6 および 4 7 の両方は、建築部材から除去される。これにより、キャビティ 4 9 の形状に対応する形状を有し、かつ、中央のボイドに交差する建築部材に一体的に結合された複合材料 4 8 を有する建築部材を露出させることができる。これにより、補強構造が得られる。

10

【 0 0 6 6 】

図 1 2 には、さらに別の建築部材 5 0 が示されている。建築部材 5 0 は、建築部材 5 0 内に固定された別の複合材料構造 5 1 を有する。複合材料構造 5 1 は、装置 1 によって製造された対応する第 1 の型枠（不図示）に複合材料を塗布し、かつ、当該複合材料を少なくとも部分的に硬化させることによって形成される。そして、キャビティを設けるために、第 2 の型枠（不図示）は、複合材料構造 5 1 に接触した状態で、装置 1 によって製造される。建築材料は、キャビティの内部に注入され、硬化される。そして、第 1 の型枠および第 2 の型枠は、除去される。これにより、建築部材 5 0 の内部から伸展する複合材料ベース 5 1 を有する柱状の建築部材 5 0 を露出させることができる。これにより、複雑な複合膜の内部構造が得られる。

20

【 0 0 6 7 】

また、複合材料構造 5 1 には第 2 の建築材料が充填され、第 2 の建築材料は硬化されてよい。これにより、複合材料構造 5 1 の内部に囲まれた第 2 の建築部材を形成することができる。第 2 の建築材料は、柱状の建築部材 5 0 の鑄造に使用された建築材料と同じであってよい。また、第 2 の建築材料は、柱状の建築部材 5 0 の鑄造に使用された建築材料と異なってもよい。これにより、様々な機能的または審美的な特性を得ることができる。例えば、柱状の建築部材 5 0 は、圧縮強度および引張り強度を得るために、コンクリートによって形成されてよい。他方、第 2 の建築部材は、絶縁性能を得るために、発泡体のポリマーによって形成されてよい。

【 0 0 6 8 】

図 1 3 A には、上述のように装置 1 によって製造された、さらに別の型枠 5 2 が示されている。型枠 5 2 では、複合材料の網 5 3 が頂面に交差するように固定されている。図 1 3 B には、2つの別の建築部材 5 4 および 5 5 が示されている。建築部材 5 4 および 5 5 は、固められた建築部材の層間に挟まれた複合材料の層を有する。建築部材 5 4 および 5 5 は、型枠 5 2 または同様の型枠を用いて鑄造される。

30

【 0 0 6 9 】

一例として、型枠 5 2 は、外側の型枠の部分 5 7 と内側の型枠の部分 5 8 との間のキャビティ 5 6 を規定する。建築材料は、キャビティ 5 6 の内部に注入され、型枠の部分 5 7・5 8 と複合材料の網 5 3 と接触した状態で硬化される。これにより、主要な複合材料の網 5 3 を有する、固体の建築部材の部分 5 9 を形成することができる。そして、このプロセスは、繰り返し行われてよい。これにより、外側の型枠の部分 5 7 および内側の型枠の部分 5 8 の頂面に、付加的な外側の型枠の部分および内側の型枠の部分（不図示）を製造することができる。また、付加的な複合材料の網 5 3 を固定し、付加的な建築部材の部分 5 9 を鑄造することができる。上述のプロセスの反復により、段階的なプロセスによって、建築部材 5 5 が製造される。また、型枠（および複合網）のみが上述のように段階的なプロセスによって製造され、建築部材 5 5 が単一の鑄造プロセスによって続いて鑄造されてよい。これにより、主要な複合膜 5 3 の層を有する、均質的な鑄造された建築部材 5 5 を形成することができる。

40

【 0 0 7 0 】

図 1 4 A は、上述のように装置 1 によって製造された別の型枠 6 0 の断面図を示す。型

50

枠 60 は、複数の線状のポイド 62 を有する内部 61 を備える。装置 1 による製造中に、複合材料 63 は、線状のポイド 62 の表面の少なくとも一部に塗布される。これにより、線状のポイド 62 に沿って配置された複合膜を形成することができる。また、キャビティ 65 を形成するために、型枠は、内部 61 と離間して配置された内面を有する外部 64 を備えている。鋳造プロセスにおいて、建築材料はキャビティ 65 の内部に注入される。これにより、キャビティ 65 および線状のポイド 62 は、建築材料によって満たされる。そして、建築材料は硬化される。これにより、図 14 B に示された固体の建築部材 66 を形成することができる。建築部材 66 は、十分に中空の構造であり、内部容積を規定する梁 67 のネットワークを有している。梁 67 のそれぞれは、一部の表面から突出する複合材料 63 を有する。これにより、複合材料の補強構造が得られる。例えば、固有であり、かつ相当に重大な負荷サイクル（例えば、地震の衝撃）に直面する可能性がある建築部材を製造する場合に、この点は特に有益である。梁 67 によって被覆された複合材料は、建築部材 66 の重量を有意に増加させることなく、建築部材の強度および剛性を向上させるためである。

10

【0071】

図 15 A ~ 15 E では、コンピュータの指令に応じて、ロボットアームが材料堆積ヘッド 7 およびミルスピンドル 13 を選択的に操作することにより、装置 1 によって型枠 68 が段階的に製造されている。各製造段階において、ロボットアーム 14 は、複合レイアップヘッド 41 を操作し、型枠 68 に複合材料部 69 を選択的に塗布する。型枠 68 を製造し、型枠 68 への複合材料 69 の塗布を繰り返すことにより、型枠 68 内に埋め込まれた複合材料層 69 が生成される。第 2 の型枠 70 は、第 1 の型枠 68 に近接するように製造または配置される。これにより、型枠 68 ・ 70 間のキャビティ 71 が形成される。建築部材は、キャビティ 71 の内部に注入され硬化される。これにより、固体の建築部材 72 が形成される。そして、好ましくは少なくとも型枠 68 を融解させることによって、型枠 68 ・ 70 は、建築部材 72 から除去される。これにより、建築部材 72 の内側に中空の内部を露出させることができる。建築部材 72 は、複合材料部 69 によって形成された、主要な複合骨格 73 を有する。

20

【0072】

なお、自明な変形または修正は、本発明の精神に基づいて行われてもよく、これらの変形または修正は、本発明の範囲内に含まれると認められることは、明らかであろう。

30

【図面の簡単な説明】

【0073】

【図 1 A】型枠を製造するために材料を堆積させる装置の斜視図である。

【図 1 B】コンピュータ制御されたミルスピンドルの斜視図である。

【図 1 C】ミルスピンドルに接続された、コンピュータ制御されたロボットアームの斜視図である。

【図 1 D】材料堆積ヘッドに接続された、コンピュータ制御されたロボットアームの斜視図である。

【図 2】型枠および鋳造された建築部材の斜視図である。

【図 3】別の鋳造された建築部材の斜視図である。

40

【図 4】別の型枠および鋳造された建築部材の部分断面図である。

【図 5】さらに別の建築部材の斜視図である。

【図 6】建築空間内に取り付けられた補強フレームの斜視図である。

【図 7 A】さらに別の型枠および鋳造された建築部材の立体分解図である。

【図 7 B】さらに別の鋳造された建築部材の詳細図である。

【図 8 A】さらに別の型枠、および対応する鋳造された建築部材の斜視図である。

【図 8 B】さらに別の型枠、および対応する鋳造された建築部材の斜視図である。

【図 9】複数の柱に固定された、別の鋳造された建築部材の斜視図である。

【図 10】様々な型枠に対して複合材料を塗布する装置の斜視図である。

【図 11】2 つのさらに別の型枠（1 つの型枠は、複合材料が固定される部分を有してい

50

る)の斜視図である。

【図12】複合材料によって覆われており、かつ、さらに別の鋳造された建築部材に連結されている、さらに別の型枠の斜視図である。

【図13A】複合材料が固定される部分を有するさらに別の型枠の斜視図である。

【図13B】は複合材料の主要な部分を有する、2つの別の建築部材の側面図である。

【図14A】複合材料に固定された部分を有する別の型枠の断面図である。

【図14B】複合材料に固定された部分を有する別の型枠を使用して鋳造された建築部材の断面図である。

【図15A】複合材料の複数の主要な部分を有する、さらに別の型枠を製造する様々な工程を示す図である。

【図15B】複合材料の複数の主要な部分を有する、さらに別の型枠を製造する様々な工程を示す図である。

【図15C】複合材料の複数の主要な部分を有する、さらに別の型枠を製造する様々な工程を示す図である。

【図15D】複合材料の複数の主要な部分を有する、さらに別の型枠を製造する様々な工程を示す図である。

【図15E】複合材料の複数の主要な部分を有する、別の鋳造された建築部材の断面図である。

10

【図1A】

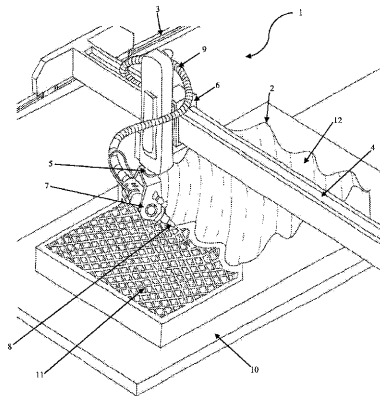


Figure 1A

【図1B】

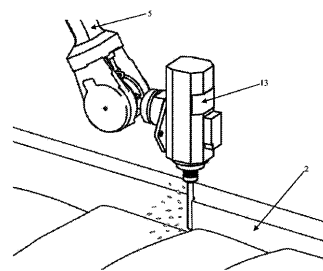


Figure 1B

【図1C】

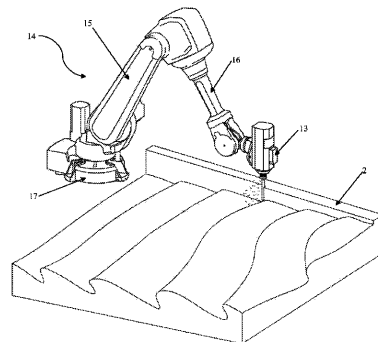


Figure 1C

【 図 1 D 】

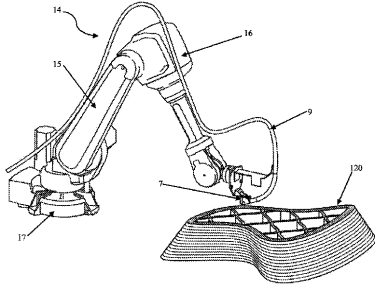


Figure 1D

【 図 3 】

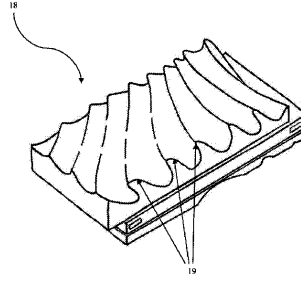


Figure 3

【 図 2 】

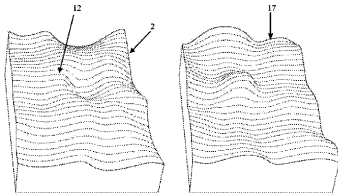


Figure 2

【 図 4 】

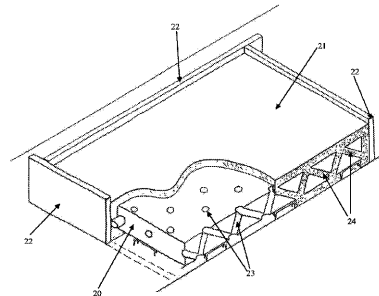


Figure 4

【 図 5 】

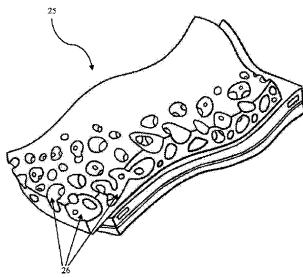


Figure 5

【 図 7 A 】

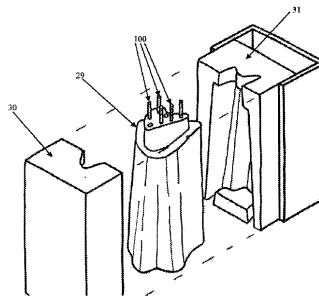


Figure 7A

【 図 6 】

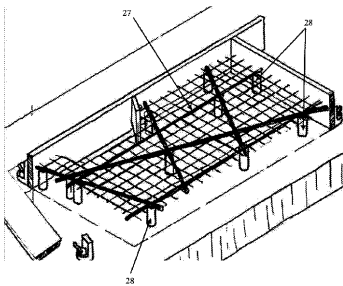


Figure 6

【 図 7 B 】

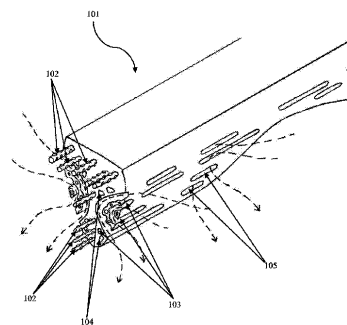


Figure 7B

【 8 A 】

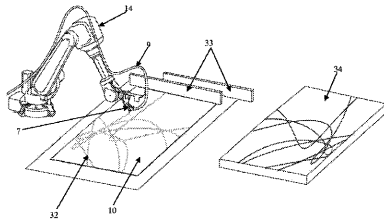


Figure 8A

【 8 B 】

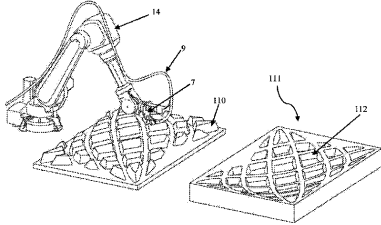


Figure 8B

【 9 】

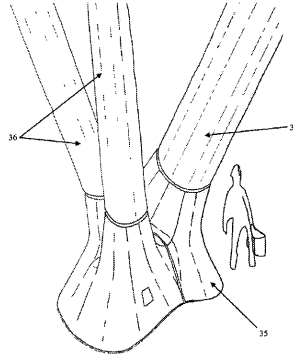


Figure 9

【 10 】

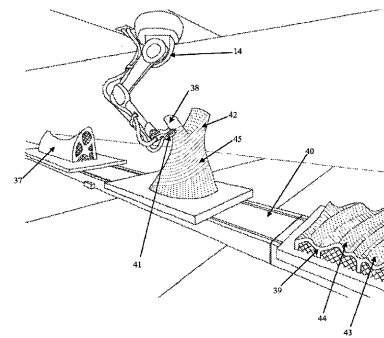


Figure 10

【 11 】

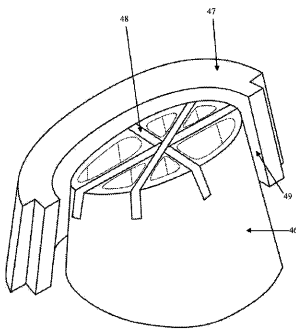


Figure 11

【 12 】

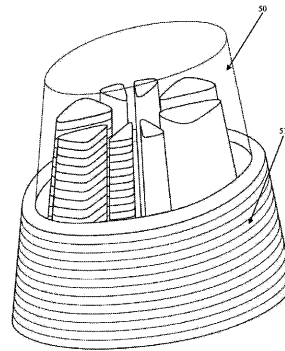


Figure 12

【 13 A 】

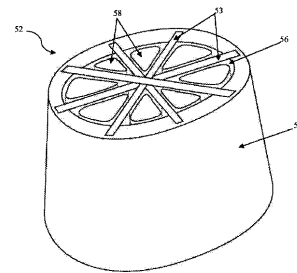
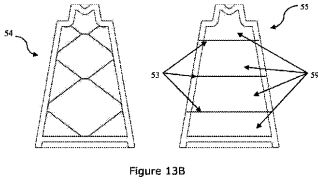
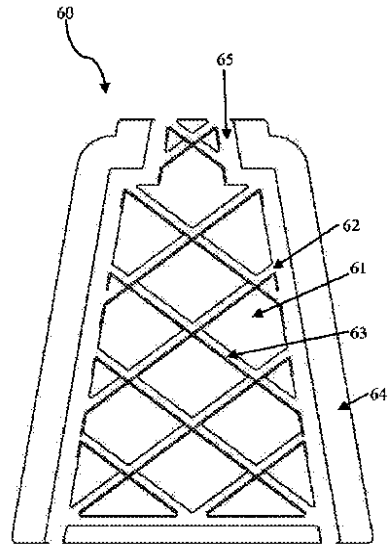


Figure 13A

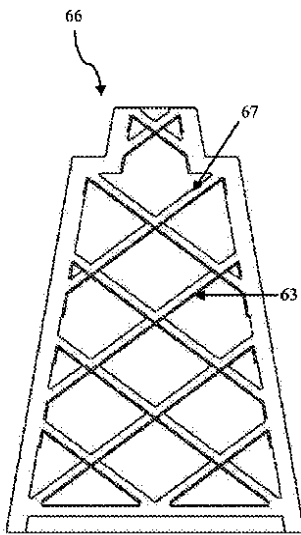
【 図 1 3 B 】



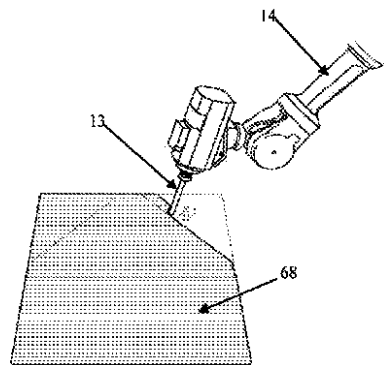
【 図 1 4 A 】



【 図 1 4 B 】



【 図 1 5 A 】



【 15 B 】

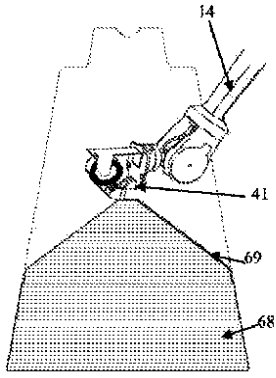


Figure 15B

【 15 C 】

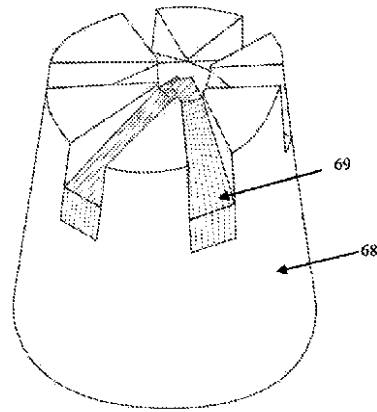


Figure 15C

【 15 D 】

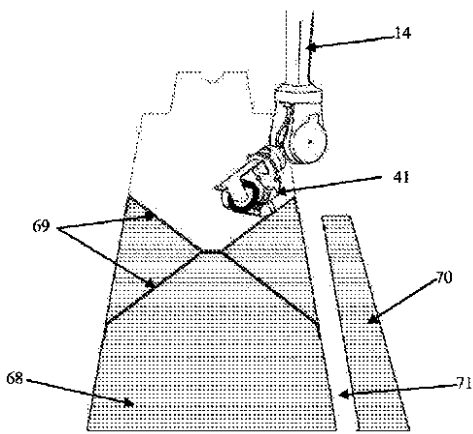


Figure 15D

【 15 E 】

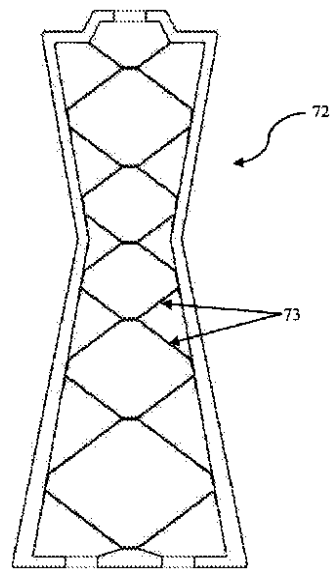


Figure 15E

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 2014900338

(32)優先日 平成26年2月5日(2014.2.5)

(33)優先権主張国 オーストラリア(AU)

(72)発明者 ヤンセン, スティーブン ロバート

オーストラリア, 2008 ニュー サウス ウェールズ, チッパンデール, ローズ ストリート
エル2 / 97

審査官 中山 基志

(56)参考文献 特開2008 - 161898 (JP, A)

特開2001 - 105420 (JP, A)

特表2008 - 544879 (JP, A)

特開平07 - 047527 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B29C64/00 - 64/40

B33Y10/00 - 99/00

B22C5/00 - 25/00

B28B1/00 - 1/54

B28B7/00 - 7/46