

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6940610号
(P6940610)

(45) 発行日 令和3年9月29日 (2021.9.29)

(24) 登録日 令和3年9月6日 (2021.9.6)

(51) Int. Cl.

F I

B 2 2 C 9/04 (2006.01)

B 2 2 C 9/04 D

B 2 2 C 9/24 (2006.01)

B 2 2 C 9/24 C

B 2 2 C 13/08 (2006.01)

B 2 2 C 9/04 C

F 0 2 C 7/00 (2006.01)

B 2 2 C 13/08 A

F 0 2 C 7/00 D

請求項の数 6 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2019-531747 (P2019-531747)
 (86) (22) 出願日 平成29年10月16日 (2017.10.16)
 (65) 公表番号 特表2020-513327 (P2020-513327A)
 (43) 公表日 令和2年5月14日 (2020.5.14)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2017/056715
 (87) 国際公開番号 W02018/111397
 (87) 国際公開日 平成30年6月21日 (2018.6.21)
 審査請求日 令和1年8月13日 (2019.8.13)
 (31) 優先権主張番号 15/377,796
 (32) 優先日 平成28年12月13日 (2016.12.13)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 米国 (US)

(73) 特許権者 390041542
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州 1 2 3
 4 5、スケネクタデイ、リバーロード、1
 番
 (74) 代理人 100079049
 弁理士 中島 淳
 (74) 代理人 100084995
 弁理士 加藤 和詳
 (72) 発明者 ダイネス、ジェームズ、ハーバート
 アメリカ合衆国 4 5 2 1 5 オハイオ州
 シンシナティ ノーマン ウェイ 1

前置審査

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 鋳物部品を製造するためのマルチピース一体型コア・シェル構造

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数のフィラメントで接続された第 1 コア部 (1 5 0 1) と第 1 シェル部 (1 5 0 2) とを含む第 1 部分を備え、

前記第 1 部分は、

複数のフィラメントで接続された第 2 コア部 (1 5 0 3) と第 2 シェル部 (1 5 0 4) とを含む第 2 部分と接して前記第 1 コア部と前記第 2 コア部との間および前記第 1 シェル部と前記第 2 シェル部との間にキャビティを有するセラミック鋳型 (1 5 0 0) を形成し、

前記キャビティは、前記セラミック鋳型の鋳造および取り外しの際に鋳造部品を画定するようになっており、

前記第 1 コア部または前記第 1 シェル部は、前記第 2 コア部または前記第 2 シェル部上のインターロック機構と接するように構成された、少なくとも 1 つのインターロック機構を含む、

部分セラミック鋳造鋳型。

【請求項 2】

前記鋳造部品はタービンプレードまたは静翼である、請求項 1 記載の部分セラミック鋳造鋳型。

【請求項 3】

前記第 1 シェル部は、前記第 1 コア部に面するピン支持体を備える、請求項 1 または請

10

20

求項 2 に記載の部分セラミック鑄造鑄型。

【請求項 4】

前記第 1 コア部はピン支持体を備える、請求項 1 ～請求項 3 のいずれか一項に記載の部分セラミック鑄造鑄型。

【請求項 5】

(a) 加工物の硬化部分を液体セラミックフォトリマーと接触させることと、
(b) 前記液体セラミックフォトリマーに接する窓を通して前記硬化部分に隣接する前記液体セラミックフォトリマーの一部を照射することと、
(c) 未硬化の前記液体セラミックフォトリマーから前記加工物を取り出すことと、
(d) 部分セラミック鑄造鑄型の第 1 シェル部 (1502)、および任意選択的に第 1 コア部 (1501)、が形成されるまでステップ (a) ～ (c) を繰り返すことと、を含み、

10

前記任意選択的に形成された第 1 コア部および前記第 1 シェル部は少なくとも任意選択の第 2 コア部 (1503) および第 2 シェル部 (1504) と接して、前記第 1 コア部および／または前記第 2 コア部と前記第 1 シェル部および前記第 2 シェル部との間にキャビティを含むツーピースセラミック鑄造鑄型 (1500) を形成するように構成され、

前記キャビティは、前記セラミック鑄型の鑄造および取り外しの際に鑄造部品を画定するように構成される、

請求項 1 ～請求項 4 のいずれか一項に記載の部分セラミック鑄造鑄型の製造方法。

【請求項 6】

20

鑄造部品の製造方法であって、

ツーピースセラミック鑄造鑄型 (1505) に含まれる請求項 1 ～請求項 4 の何れか一項に記載の前記部分セラミック鑄造鑄型の第 1 コア部 (1501) および第 1 シェル部 (1502) を少なくとも第 2 コア部 (1503) および第 2 シェル部 (1504) と共に組み立てて、前記第 1 コア部および前記第 2 コア部と前記第 1 シェル部および前記第 2 シェル部との間に、前記ツーピースセラミック鑄造鑄型の鑄造および取り外しの際に前記鑄造部品の形状を画定するように構成されたキャビティを含む前記ツーピースセラミック鑄造鑄型を形成することと、

前記ツーピースセラミック鑄造鑄型に液体金属 (1700) を注入するとともに、前記液体金属を凝固させて前記鑄造部品を形成することと、

30

前記鑄造部品から前記ツーピースセラミック鑄造鑄型を取り外すことと、

を含む製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、一般に、傾斜インベストメント鑄造ツーピース・コア・シェル鑄型構成要素、およびこれらの構成要素を利用する方法に関する。ツーピース・コア・シェル鑄型は、第 1 コア部および第 1 シェル部を含む部分鑄型から組み立てられる。ツーピース・コア・シェル鑄型は、第 1 コア部および第 1 シェル部を少なくとも第 2 の部分鑄型における第 2 コア部および第 2 シェル部に取り付けることによって組み立てられる。本発明に従って製造されたツーピース・コア・シェル鑄型はまた、鑄型のコアとシェルとの間に、これらツーピース鑄型から製造された鑄造部品に孔、すなわち噴散冷却孔を形成するために利用できる一体セラミックフィラメントを含み得る。コアとシェルとの間に十分なセラミックフィラメントを使用してコアの蛇行のための浸出経路を探し出して提供することによってまた、ボールろう付けシュートを排除し得る。先端プレナムコアとシェルとの間にセラミックフィラメントを設けることにより、従来の先端ピンの必要性、およびそれに続くろう付けによる閉鎖を排除しながら、浮動先端プレナムを支持することもできる。一体型コア・シェル鑄型は、ジェット航空機エンジンまたは発電用タービン部品用のタービンプレードおよび静翼を製造するために使用される超合金の鑄造などの鑄造作業において有用な特性を提供する。

40

50

【背景技術】

【0002】

現代の多くのエンジンおよび次世代のタービンエンジンは、入り組んで複雑な形状を有する構成要素および部品を必要とし、それらは新しいタイプの材料および製造技術が必要とする。エンジン部品および構成要素を製造するための従来の技術は、面倒なインベストメントプロセスまたはロストワックス鋳造を含む。インベストメント鋳造の一例は、ガスタービンエンジンに使用される典型的な動翼の製造を含む。タービンプレードは通常、エンジン内において作動中に加圧冷却空気を受け取るための少なくとも1つまたは複数の入口を有するブレードのスパンに沿って延びる半径方向チャネルを有する中空の翼型部を含む。ブレード内の様々な冷却通路は通常、前縁と後縁との間の翼型部の中央に配置された蛇行チャネルを含む。翼形部は通常、加圧冷却空気を受け取るためにブレードを通して延びる吸気口を含み、吸気口は、翼形部の加熱された側壁と内部冷却空気との間の熱伝達を増大させるための短いタービュレータリブまたはピンなどの局所的特徴を含む。

10

【0003】

典型的には高強度超合金金属材料からのこれらのタービンプレードの製造は、図1に示される多数の工程を含む。まず、タービンプレードの内側に所望の複雑な冷却通路に適するように精密セラミックコアが製造される。翼型部、プラットフォーム、および一体型蟻継ぎを含むタービンプレードの正確な3次元外面を画定する精密なダイスまたは鋳型も作成される。このような鋳型構造の概略図を図2に示す。セラミックコア200は、結果として生成されるブレードの金属部分を画定する空間または空隙を間に形成する2つの金型半部の内側に組み立てられる。組み立てられた金型にワックスが注入されて空隙を充填し、その中に封入されたセラミックコアを取り囲む。2つの金型半部が分割され、成形ワックスから取り外される。成形ワックスは所望のブレードの正確な形状を有し、次いでセラミック材料で被覆されて周囲のセラミックシェルを形成する。その後、ワックスが溶融されてシェル202から除去され、セラミックシェル202と内部セラミックコア200および先端プレナム204との間に対応する空隙または空間201が残る。次いで、溶融超合金金属がシェル内に注ぎ込まれてその中の空隙を充填し、再びシェル202内に収容されているセラミックコア200および先端プレナム204を封入する。溶融金属を冷却して凝固させ、次いで外部シェル202ならびに内部コア200および先端プレナム204を適切に取り外して、内部冷却通路が見られる所望の金属タービンプレードを残す。浸出プロセスを介してセラミックコア材料を除去するための経路を提供するために、ボールシュート203および先端ピン205が設けられ、ボールシュート203および先端ピン205は、浸出するとタービンプレード内に、後にろう付けして閉じる必要があるボールシュートおよび先端孔を形成する。

20

30

【0004】

次いで、鋳造タービンプレードは、作動中にガスタービンエンジン内で翼型部の外面上に保護用の冷却空気の膜または覆いを形成する、内部に流された冷却空気用の出口を提供するべく、必要に応じて翼形部の側壁を貫通する適切な列のフィルム冷却孔の穿孔など、追加的な鋳造後の修正に供され得る。タービンプレードがセラミック鋳型から取り外された後、セラミックコア200のボールシュート203は、鋳造タービンプレードの内部空隙を通る所望の空気経路を提供するために追って溶接閉鎖される通路を形成する。しかしながら、これらの鋳造後の修正は限定的であり、タービンエンジンの複雑さが増し続けていることとタービンプレード内の特定の冷却回路の認識されている効率性とを考慮すると、より複雑で入り組んだ内部形状が必要とされる。インベストメント鋳造はこれらの部品を製造することができるが、位置精度および複雑な内部形状は、これらの従来の製造方法を使用して製造することがより複雑になる。従って、入り組んだ内部空隙を有する三次元部品のための改良された鋳造方法を提供することが望まれる。

40

【0005】

セラミックコア・シェル鋳型を製造するために3-D印刷を使用する方法が、ロールスロイス社(Rolls-Royce Corporation)に譲渡された米国特許第

50

8, 851, 151号明細書に記載されている。鋳型を製造する方法は、マサチューセッツ工科大学に譲渡された米国特許第5, 387, 380号明細書に開示されているような粉末床セラミック法 (powder bed ceramic processes)、および3Dシステムズ社 (3D Systems, Inc.) に譲渡された米国特許第5, 256, 340号明細書に開示されているような選択的レーザ活性化 (Selective Laser Activation: SLA) を含む。‘151特許によるセラミックコア・シェル鋳型は、これらの方法の印刷解像度能力によって制限されている。図3に示すように、一体型コア・シェル鋳型のコア部301とシェル部302とは、型の下端に設けられた一連の結合構造体303を介して一緒に保持されている。‘151特許では、その長さがその直径とほぼ同じである短いシリンダによって接合された千鳥状の垂直キャビティを含む冷却通路が提案されている。次いで、‘151特許に開示され、参照により本明細書に組み込まれる既知の技術を使用して、コア・シェル鋳型内に超合金タービンブレードが形成される。タービンブレードがこれらのコア・シェル鋳型のうちの1つの中に鋳造された後、型が取り去られて鋳造超合金タービンブレードが現れる。

10

【0006】

鋳造プロセスの最終製品において微細な細部鋳物特徴を提供し得る、より高解像度の方法を用いて製造されたセラミックコア・シェル鋳型を製造する必要性が依然としてある。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0007】

20

本発明は、第1シェル部と選択的に第1コア部とを含む第1のセラミック鋳型部分と第2シェル部と選択的に第2コア部とを含む第2のセラミック鋳型部分とからなるツーピース・コア・シェル鋳型として形成される新規な鋳型に関し、第1のセラミック鋳型部分は、第1コア部および／または第2コア部の間、および第1シェル部および第2シェル部の間に空隙を含むツーピースセラミック鋳型を形成するために、第2のセラミック鋳型部分と係合するように構成されており、空隙は、セラミック鋳型の鋳造および取り外しの際に鋳造部品を画定するように構成されている。第1のセラミック鋳型部分および／または第2のセラミック鋳型部分は、完全なコア・シェル鋳型への組み立てを容易にするために少なくとも1つの取り付け点を備えていてもよい。適切な取り付け点の非限定的な例としては、例えば、舌と溝または蟻継ぎ手型取り付けなどの噛み合わせ配置が挙げられる。適切な取り付け点の他の非限定的な例は、実接合である。

30

【0008】

一実施形態において、本発明は、コア、シェル、およびロック機構を有する第1の部分セラミック鋳型の製造方法に関する。製造方法は、(a) 加工物の硬化部分を液体セラミックフォトリソグレイと接触させることと、(b) 液体セラミックフォトリソグレイに接する窓を通して硬化部分に隣接する液体セラミックフォトリソグレイの一部を照射することと、(c) 未硬化の液体セラミックフォトリソグレイから加工物を取り出すことと、(d) 第1の部分セラミック鋳型が形成されるまでステップ(a)～(c)を繰り返すことと、を含み、第1の部分セラミック鋳型は、間に少なくとも1つの空隙を有するコア部およびシェル部と、少なくとも1つのロック機構と、を含み、空隙は、第1の部分セラミック鋳型の鋳造および取り外しの際に鋳造部品の一侧を画定するように構成されている。製造方法は、ステップ(d)の後、例えば(e) シェルとロック機構とを有する第2の部分セラミック鋳型を製造するためにステップ(a)から(d)を繰り返すこと、(f) 第1の部分セラミック鋳型と第2の部分セラミック鋳型とをそれらのロック機構を介して接合することにより、コアとシェルを有するツーピースセラミック鋳型を形成すること、(g) ツーピースセラミック鋳造鋳型に液体金属を注入し、液体金属を凝固させて鋳造部品を形成して、鋳造部品を製造すること、の工程をさらに含み得る。製造方法は、ステップ(g)の後、鋳造部品から鋳型を取り外すことを含むステップ(h)をさらに含んでもよく、このステップは、好ましくは第1のセラミック鋳型部分を第2のセラミック鋳型部分から機械的または物理的に、および選択的にアルカリ浴での化学浸出によっても取り外すことを

40

50

含む。鑄造部品から鑄型を取り外すステップはまた、フィラメントによって提供される鑄造部品の穴を通してセラミックコアの少なくとも一部を浸出させることを含む得る。

【0009】

別の実施形態では、本発明は、コアとシェルとを有するツーピースセラミック鑄型の製造方法に関し、ツーピースセラミック鑄型は、第1のセラミック鑄型部分と第2のセラミック鑄型部分とから形成される。製造方法は、(a) 第1の加工物の硬化部分を液体セラミックフォトリソグレイムと接触させること、(b) 液体セラミックフォトリソグレイムに接触する窓を通して硬化部分に隣接する液体セラミックフォトリソグレイムの一部を照射すること、(c) 未硬化の液体セラミックフォトリソグレイムから加工物を取り出すこと、そして(d) 第1のセラミック鑄型部分が形成されるまで、ステップ(a)～(c)を繰り返す、第1のセラミック鑄型は、少なくとも1つのロック機構、任意選択で第1コア部、第1シェル部を含み、第1のセラミック鑄型部分が第1コア部で形成されている場合、第1シェル部はコア部とシェル部との間に少なくとも1つのキャビティを有し、キャビティは、鑄造およびセラミック鑄型の除去の際に鑄造部品の第1の面の形状を画定するように適合されていること、(e) 第2のセラミック鑄型部分が形成されるまで、第2の加工物についてステップ(a)～(d)を繰り返す、第2のセラミック鑄型部分は、少なくとも1つのロック機構、任意選択で第2コア部、第2シェル部を含み、第2のセラミック鑄型部分が第2コア部で形成されている場合、第2シェル部はコア部とシェル部との間に少なくとも1つのキャビティを有し、キャビティは、鑄造およびツーピースセラミック鑄型の取り外しの際に鑄造部品の第2の面の形状を画定するように適合されていること、(f) 第1のセラミック鑄型部分を第2のセラミック鑄型部分にそれらのロック機構を介して取り付けて、コアおよびシェルを有するツーピースセラミック鑄型を形成すること、を含む。製造方法は、ステップ(f)の後、ツーピース鑄造用鑄型に液体金属を注ぎ込み、液体金属を凝固させて鑄造部品を形成するステップ(g)をさらに含んでもよい。製造方法は、ステップ(g)の後、鑄造部品からツーピース鑄型を取り外すことを含むステップ(h)をさらに含んでもよく、このステップは、第1のセラミック型部分を第2のセラミック型部分から機械的または物理的に取り外すこと、ならびに選択的にアルカリ浴での化学浸出をも含むことが好ましい。鑄造部品から鑄型を取り外すステップはまた、フィラメントによって提供される鑄造部品の穴を通してセラミックコアの少なくとも一部を浸出させることを含む得る。

【0010】

別の態様では、本発明は鑄造部品の製造方法に関する。製造方法は、ツーピースセラミック鑄造鑄型に液体金属を注入し、液体金属を凝固させて鑄造部品を形成するステップを含み、ツーピースセラミック鑄型は、第1のセラミック鑄型部分、第2のセラミック鑄型部分、コア部分、およびコア部分との間に少なくとも1つのキャビティを有する少なくとも1つのシェル部分を含み、キャビティは、ツーピースセラミック金型の鑄造および取り外しの際に鑄造部品の形状を画定するようになっており、セラミック鑄造鑄型部分の一方または両方は、コア部分とシェル部分とを接合する複数のフィラメントをさらに含み、各フィラメントはコアとシェルとの間に及び、ツーピース鑄型を取り外す際に、フィラメントが鑄型部品に複数の穴を画定するようになっており、各セラミック鑄型部分は、少なくとも1つの取り付け点をさらに含み、それらの取り付け点を介して第2のセラミック鑄型部分から第1のセラミック鑄型部分を取り外すことにより、鑄造部品からツーピースセラミック鑄造鑄型を取り出すステップを含む。

【0011】

別の態様では、本発明は鑄造部品の製造方法に関する。製造方法は、ツーピースセラミック鑄型の第1コア部および第1シェル部を少なくとも第2コア部および第2シェル部と共に組み立てて、第1コア部および第2コア部と第1シェル部および第2シェル部との間にキャビティを含むツーピースセラミック鑄型を形成し、キャビティは、ツーピースセラミック鑄型を鑄造および取り外す際に鑄造部品の形状を画定するようになっており、ツーピースセラミック鑄造鑄型に液体金属を注入し、液体金属を凝固させて鑄造部品を形成し

10

20

30

40

50

、ツーピースセラミック鋳型は、第1のセラミック鋳型部分、第2のセラミック鋳型部分、コア部、およびコア部との間に少なくとも1つのキャビティを有する少なくとも1つのシェル部を含み、キャビティは、ツーピースセラミック鋳型を鋳造および取り外す際に鋳造部品の形状を画定するようになっており、セラミック鋳造鋳型部分の一方または両方は、コア部とシェル部とを接合する複数のフィラメントをさらに含み、各フィラメントはコアとシェルとの間に及び、ツーピース鋳型を取り外す際に、フィラメントが鋳物部品に複数の穴を画定するようになっており、各セラミック鋳型部分は、少なくとも1つの取り付け点をさらに含み、それらの取り付け点を介して第2のセラミック鋳型部分から第1のセラミック鋳型部分を取り外すことにより、鋳造部品からツーピースセラミック鋳造鋳型を取り出すステップを含む。

10

【0012】

一態様では、鋳造部品は、タービンプレードまたは静翼である。タービンプレードまたは静翼は、例えば航空機エンジンにおける、または発電におけるガスタービンエンジンに使用されることが好ましい。タービンプレードまたは静翼は、上述のセラミックフィラメントによって画定された冷却孔パターンを有する単結晶鋳造タービンプレードであることが好ましい。フィラメントは、各フィラメントがコアとシェルとの間にまたがるコア部分とシェル部分とを接合し、フィラメントは0.1～2 mm²の範囲の断面積を有することが好ましい。

【0013】

冷却孔パターンを形成するために使用される多数のフィラメントは、先端コアを支持するのに十分な強度を提供し得る。先端フィラメントが先端プレナムコアを支持するように作られている場合、それらはより大きく、すなわち2 mmより大きな断面積で作られてもよく、はるかに少ない数のフィラメント、または単一のフィラメントが使用されてもよい。もっとも、これらのより大きなフィラメントのうちの2～4本が望ましい数である。鋳造後、フィラメントの結果として先端プレナム側壁に残っている穴またはノッチは、ろう付けして塞ぐか、タービンプレード設計または静翼設計に組み込まれてもよく、その必要性を回避するために、フィラメントは、部品の仕上げ加工形状の外側に配置されてもよい。

20

【0014】

別の態様において、本発明は、各々が、間に少なくとも1つのキャビティを有するコア部分とシェル部分とを有する第1のセラミック鋳造鋳型部分および第2のセラミック鋳造鋳型部分と、各フィラメントがコアとシェルとの間にまたがり、コア部分とシェル部分とを接合する複数のフィラメントと、を備えたツーピースセラミック鋳造鋳型に関し、キャビティは、鋳造およびツーピースセラミック鋳型の取り外しの際に鋳造部品の一面の形状を画定するように適合されており、フィラメントは、ツーピース型の取り外し時に、コア部分によって画成されるキャスト構成要素内のキャビティとキャスト構成要素の外表面との間に流体連通を提供する複数の穴を画定するように適合されている。好ましくは、鋳造部品はタービンプレードまたは静翼であり、コア部分とシェル部分とを結合する複数のフィラメントは、ツーピース鋳型を取り外す際にタービンプレード内に複数の冷却孔を画定する。好ましくは、コア部分とシェル部分を接合する複数のフィラメントは、0.01～2 mm²の範囲の断面積を有する。セラミックは、光重合セラミックまたは硬化光重合セラミックであってもよい。

30

40

【0015】

一態様では、第1コア部および／または第1シェル部は、第2コア部および／または第2シェル部上のインターロック機構と係合するように構成された少なくとも1つのインターロック機構を含む。インターロック機構は、第2の部分セラミック鋳造鋳型と締結するように構成された、連結舌部または溝、連結バグを有する蟻継ぎまたは実接合であってもよい。

【0016】

一態様では、第1コア部および／または第1シェル部は、第1コア部または第1シェル

50

部に面するピン支持体またはバンパーを備えている。

【0017】

一態様では、セラミック鑄型は、コア部とシェル部とを接合する複数の結合構造を含み、結合構造は、鑄型を取り外す際に鑄造部品内に複数の穴を画定するように構成される。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】従来のインベストメント鑄造のステップを示すフローチャートである。

【図2】従来の方法で製造されたボールシュート付きコア・シェル鑄型の従来の方式の一例を示す概略図である。

【図3】コア部とシェル部とを接続する結合部を有する先行技術の一体型コア・シェル鑄型の斜視図を示す。

10

【図4】直接光処理（DLP）のための方法手順の連続した段階を実行するための装置の概略横断面図を示す。

【図5】直接光処理（DLP）のための方法手順の連続した段階を実行するための装置の概略横断面図を示す。

【図6】直接光処理（DLP）のための方法手順の連続した段階を実行するための装置の概略横断面図を示す。

【図7】直接光処理（DLP）のための方法手順の連続した段階を実行するための装置の概略横断面図を示す。

【図8】図7のA-A線に沿った概略断面図を示す。

20

【図9】本発明の一実施形態による2つのコア・シェルサブアセンブリの側面図および取り付け方向を示す。

【図10】図9に示す2つのコア・シェルサブアセンブリの組立図を示す。

【図11】機械的に連結可能な取り付け点を備えた二部一体型コア・シェル鑄型を示す。

【図12】本発明の実施形態による、2つのコア・シェルサブアセンブリを取り付けるために使用可能な連結舌部および溝を示す。

【図13】本発明の一実施形態による、2つのコア・シェルサブアセンブリを取り付けるために使用可能な連結蟻継ぎを示す。

【図14】本発明の一実施形態による、2つのコア・シェルサブアセンブリを取り付けるために使用可能な一体型連結ペグを備えた実接合を示す。

30

【図15】本発明の一実施形態による、タービンプレードの表面に冷却孔を設ける目的でコアからシェルまで延びるフィラメントを含む二部一体型コア・シェル鑄型を示す。

【図16】本発明の一実施形態による、タービンプレードの表面に冷却孔を設ける目的でコアからシェルまで延びるフィラメントを含む二部一体型コア・シェル鑄型を示す。

【図17】本発明の一実施形態による、ブレード先端部のそばに出るコア・プリント・フィラメントを有する一体型コア・シェル鑄型の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

添付の図面に関連して以下に記載される詳細な説明は、様々な構成の説明として意図されており、本明細書で説明される概念が実施され得る唯一の構成を表すことは意図されていない。詳細な説明は、様々な概念の完全な理解を提供する目的のための具体的な詳細を含む。しかしながら、これらの概念がこれらの具体的な詳細なしに実施されてもよいことは当業者には明らかであろう。例えば、本発明は、鑄造金属部品、好ましくはジェット航空機エンジンの製造に使用される鑄造金属部品を製造するための好ましい方法を提供する。具体的には、タービンプレード、翼、およびシュラウド部品などの単結晶ニッケル基超合金鑄造部品の製造は、本発明に従って有利に製造することができる。しかしながら、他の鑄造金属部品は本発明の技術および一体型セラミック鑄型を用いて製造することができる。

40

【0020】

本発明者らは、一体型コア・シェル鑄型を製造するための既知の従来の方法は、完成タ

50

ービンに浸出冷却孔をもたらすのに十分に小さいサイズおよび量の鋳型のコア部とシェル部との間に延びるフィラメントを印刷するのに必要な微細解像能力を欠いていたことを見出した。マサチューセッツ工科大学に譲渡された米国特許第5,387,380号明細書に開示されているような初期の粉末床法の場合、粉末床リコータアームの作用は、コアとシェルとの間に延びる十分に細かいフィラメントの形成を妨げて鋳物部分に浸出冷却穴のパターンをもたらす。本発明による一体型コア・シェル鋳型を製造するにあたり、トップダウン照射技術を使用する、3D Systems, Inc. に譲渡された米国特許第5,256,340号明細書に開示されているような選択的レーザ活性化(SLA)のような他の既知の技術を利用してもよい。しかしながら、これらのシステムの利用可能な印刷解像度は、鋳型最終製品において有効な冷却孔として働くのに十分に小さいサイズのフィラメントを製造する能力を著しく制限する。

10

【0021】

本発明者らは、本発明の一体型コア・シェル鋳型を直接光処理(DLP)を用いて製造できることを見出した。DLPは、樹脂タンクの底部に配置され、プロセスが行われるにつれて持ち上げられる構築プラットフォーム上に光を投影する窓を通してポリマーの光硬化が行われるという点で上記の粉末床法およびSLA法と異なる。DLPを用いると、硬化したポリマーの層全体が同時に製造され、そしてレーザを用いてパターンを走査する必要性が排除される。さらに、底部の窓と造形物における最新の硬化層との間で重合が起こる。底部の窓は、別の支持構造を必要とせずに材料の細いフィラメントを製造することを可能にする支持を提供する。言い換えれば、造形物の2つの部分を橋渡しする材料の細いフィラメントを製造することは困難であり、典型的には従来技術において回避されていた。例えば、本出願の背景技術の項で上述した‘151特許は、長さが直径程度である短いシリンダと接続された垂直プレート構造を使用していた。‘151特許に開示された粉末床技術およびSLA技術は垂直に支持されたセラミック構造を必要とし、これらの技術はフィラメントを確実に製造することが不可能であるという事実により、互い違いの垂直キャビティが必要とされる。さらに、粉体層内で利用可能な分解能は1/8インチ程度であり、伝統的な冷却孔の製造は実用的ではない。例えば、円形の冷却孔は一般に、3.2mm²未満の冷却孔面積に対応する2mm未満の直径を有する。そのような寸法の穴の製造は、いくつかのボクセルから穴を製造する必要性を考慮すると、実際の穴のサイズをはるかに下回る解像度を必要とする。この解像度は、単純に粉末床法では利用できない。同様に、ステレオリソグラフィーは、支持体の欠如およびレーザ散乱に伴う解像度の問題のために、そのようなフィラメントを製造する能力が限られている。しかし、DLPがフィラメントの全長を露光し、窓と構築板との間にフィラメントを支持するという事実により、コアとシェルとの間の全長にわたって十分に細いフィラメントを製造して所望の冷却孔パターンを有するセラミック物体を形成することが可能になる。もっとも、粉末床およびSLAを用いてフィラメントを製造することはできるが、上述のように十分に細いフィラメントを製造する能力は限られている。

20

30

【0022】

1つの適切なDLPプロセスは、Ivoclar Vivadent AGおよびTechnische Universität Wienに譲渡された米国特許第9,079,357号明細書、ならびに国際公開第2010/045950 A1および米国特許出願第2011310370号明細書に開示されており、これらの各々は、参照により本明細書に組み込まれ、図4～図8を参照して以下に論じられる。装置は、露光ユニット410の少なくとも一部を覆う少なくとも1つの半透明底部406を有するタンク404を含む。露光ユニット410は、現在形成されている層にとって望ましい幾何学的形状を有する露光領域をタンク底部406上に生成するために、制御ユニットの制御下で強度を位置選択的に調整することができる光源および変調器を含む。代替として、露光ユニットにレーザを使用してもよく、その光ビームは、制御ユニットによって制御される可動ミラーによって所望の強度パターンで露光フィールドを連続的に走査する。

40

【0023】

50

露光ユニット４１０の反対側には、タンク４０４の上方に生産プラットフォーム４１２が設けられており、生産プラットフォーム４１２は、露光ユニット４１０の上方の領域においてタンク底部４０６上で高さ調整可能な方法で保持されるように、昇降機構（図示せず）によって支持されている。生産プラットフォーム４１２は、少なくとも生産プラットフォーム４１２の下側に第１の層を形成するとき、生産プラットフォーム上で最初に硬化した層がさらに高い信頼性で接着するべく上からも露光できるように、生産プラットフォーム上のさらなる露光ユニットによって光を入射させることができるように透明または半透明であってもよい。

【００２４】

タンク４０４は、高粘性光重合性材料４２０の充填物を収容する。充填物の材料レベルは、位置選択的露光用に規定されることが意図されている層の厚さよりはるかに高い。光重合性材料の層を画定するために、以下の手順が採用される。生産プラットフォーム４１２は、（第１の露光ステップの前に）その下側が光重合性材料４２０の充填物に浸され、生産プラットフォーム４１２の下側とタンク底部４０６との間に正確に所望の層厚 Δ （図５参照）が残るような程度までタンク底部４０６に近づくように制御された方法で昇降機構によって降下される。この浸漬プロセスの間、光重合性材料は生産プラットフォーム４１２の下側とタンク底部４０６との間の間隙から排除される。層厚さ Δ が設定された後、所望の形状に硬化させるために、この層に対して所望の位置選択層露光が行われる。特に第１の層を形成するとき、上からの露光もまた透明または半透明の生産プラットフォーム４１２を介して行われるので、生産プラットフォーム４１２の下側と光重合性材料との間の接触領域において確実に完全な硬化が起こり、それ故、第１の層の生産プラットフォーム４１２への良好な接着が保証される。層が形成された後、生産プラットフォームは昇降機構によって再び持ち上げられる。

【００２５】

続いてこれらのステップが数回繰り返され、最後に形成された層４２２の下側からタンク底部４０６までの距離がそれぞれ所望の層厚さ Δ に設定され、その上の次の層が所望の方法で位置選択的に硬化される。

【００２６】

露光ステップに続いて生産プラットフォーム４１２が持ち上げられた後、露光領域では、図６に示されるように材料不足が生じる。これは、厚さ Δ に設定された層を硬化させた後、この層の材料が生産プラットフォームおよびその上に既に形成された成形体の一部と共に硬化されて持ち上げられるからである。したがって、既に形成された成形本体部の下側とタンク底部４０６との間に欠けている光重合性材料は、露光領域を囲む領域からの光重合性材料４２０の充填物から充填されなければならない。しかしながら、材料の粘度が高いために、それ自体が成形本体部の下側とタンク底部との間の露出領域に逆流することではなく、材料の窪みまたは「穴」がここに残ることがある。

【００２７】

露光領域に光重合性材料を補充するために、細長い混合要素４３２をタンク内の光重合性材料４２０の充填物を通して移動させる。図４～図８に示す例示的实施形態では、混合要素４３２は、タンク４０４の側壁に移動可能に取り付けられた２つの支持アーム４３０の間に引っ張られる細長いワイヤを含む。支持アーム４３０は、タンク４０４の側壁のガイドスロット４３４内に移動可能に取り付けられてもよく、その結果、支持アーム４３０間に引っ張られたワイヤ４３２は、支持アーム４３０をガイドスロット４３４内で動かすことにより、タンク底部４０６と平行に、タンク４０４に対して移動することができる。細長混合要素４３２は寸法を有し、その動きはタンク底部に対して案内され、これにより、細長い混合要素４３２の上縁部は、露光領域の外側におけるタンク内の光重合性材料４２０の充填物の材料レベルより下に留まる。図８の断面図に見られるように、混合要素４３２はワイヤの全長にわたってタンク内の材料レベルより下にあり、支持アーム４３０のみがタンク内の材料レベルを超えて突き出ている。細長い混合要素をタンク４０４内の材料の高さより下に配置することの効果は、細長い混合要素４３２がタンクに対する移動中

に露光領域を通して実質的にその前に材料を移動させるのではなく、むしろ、この材料は、わずかな上方への動きを実行しながら混合要素４３２の上を流れる。図６に示される位置から、例えば矢印Ａで示される方向の新しい位置への混合要素４３２の移動が図７に示される。タンク内の光重合性材料に対するこの種の作用によって、生産プラットフォーム４１２と露光ユニット４１０との間の材料が枯渇した露光領域に材料が逆流するように効果的に刺激されることが分かった。

【００２８】

タンクに対する細長い混合要素４３２の移動は、生産プラットフォーム４１２と露光ユニット４１０との間の露光領域を通る細長い混合要素４３２の所望の動きを達成するために、先ず、固定タンク４０４を用いて、支持アーム４３０をガイドスロット４３４に沿って移動させる線形駆動装置によって実行することができる。図８に示すように、タンク底部４０６は両側に凹部４０６'を有する。支持アーム４３０の下端はこれらの凹部４０６'内に突出する。これにより、タンク底部４０６を通る支持アーム４３０の下端部の動きを妨げることなく、細長い混合要素４３２をタンク底部４０６の高さに保持することが可能になる。

【００２９】

本発明の一体型ツーピース・コア・シェル鑄型を製造するために、ＤＬＰの他の代替方法を使用してもよい。例えば、タンクは回転可能なプラットフォーム上に配置されてもよい。加工物が連続する構築ステップの間に粘性プラットフォームから引き出されると、タンクはプラットフォームおよび光源に対して回転されて、粘性ポリマーの新しい層を提供し、その中に構築プラットフォームを浸漬して連続層を構築する。

【００３０】

図９は、本発明の一態様によるツーピースの一体型コア・シェル鑄型９００の概略側面図を示す。第１ピースは部分コア９０１と部分シェル９０２とを含み、第２ピースは部分コア９０３と部分シェル９０４とを含む。部分コア９０１および部分シェル９０２は、一体の部品として形成されてもよく、または別々の組立体であってもよい。部分コア・シェル構造には、図１０に示すように完全なコア・シェル鑄型１０００への組み立てを容易にする取り付け点９０５、９０６、９０７、および９０８が設けられている。本発明のツーピース鑄型は、組み立ておよび鑄造の前にそれらを検査することができるという利点を有する。以前の一体型ワンピース鑄型は、三次元印刷されたという鑄型の性質のために、鑄造前の鑄型の検査が困難であるという欠点を有していた。

【００３１】

図１０に示すように、コア・シェル鑄型１０００は、コア１００１またはシェル１００２部分と一体的に形成された構造を含み得る。例えば、コアバンパー１００３を設けてもよいし、シェルバンパー１００４を設けてもよい。二部分型の組み立て時に、バンパー１００３／１００４は、コア１００１とシェル１００２との間に必要な間隔を提供するように機能する。シェルと一体的に、二部分コア・シェルの組み立て時にコア部に当接するピン支持体１００５が設けられてもよい。図示されていないが、コアと一体にピン構造を設けてもよい。

【００３２】

図１１は、第１のコア部分１１０１／第１のシェル部分１１０２および第２のコア部分１１０３／第２のシェル部分１１０４を有する二部構成のコア・シェル鑄型１１００を示す。この実施形態では、第１の取り付け点１１０５がコアアセンブリの先端部分内に設けられ、第２の取り付け点１１０６がコア先端領域から遠い位置にあるシェル領域の一部に設けられる。図１２～図１４は、セラミックコア／シェリアセンブリに設けられた取り付け機構のいくつかの非限定的な例を示している。図１２は、第１の外側部分１２０１と、第１の内側部分１２０２と、第２の外側部分１２０３と、第２の内側部分１２０４とを有する舌部と溝型の連結具１２００を示す。図１３は、第１の外側部分１３０１と、第１の内側部分１３０２と、第２の外側部分１３０３と、第２の内側部分１３０４とを有する蟻継ぎ型の連結具１３００を示す。図１４は、第１の外側部分１４０１と、第１の内側部分

1402と、第2の外側部分1403と、第2の内側部分1404とを有する連結ペグを備える実接合を示す。

【0033】

図15は、取り付け機構1507、1508を有する第1コア部1501と、取り付け機構1511を有する第1シェル部1502と、取り付け機構1509、1510を有する第2コア部1503と、取り付け機構1512を有する第2シェル部1504と、を有する2部構成のコア・シェルアセンブリ1500の一例を示す。第1コア部1501と第1シェル部1502とはフィラメント1505で互いに連結されている。第2コア部1503と第2シェル部1504とは、フィラメント1506によって互いに連結されている。コア・シェル鋳型内で金属を鋳造し、フィラメントを浸出した後、フィラメントは鋳造タービンプレードに冷却孔パターンを画定する。同時係属中の出願、GE Docket #285020に記載されているように、これらの構造は、上記の図4～図11に関連して説明されたDLPプロセスを使用して形成されるのが好ましい。上記のDLP印刷プロセスを使用してセラミック型を印刷することにより、コアとシェルとの間の接続点がフィラメント1505および／または1506を介して提供されることを可能にするように鋳型を作製することができる。コア・シェル鋳型が印刷されたら、印刷されたセラミックポリマー材料を硬化させるために後熱処理工程を受けてもよい。次いで、超合金タービンプレードの製造に使用される従来の鋳造工程と同様に、硬化セラミック鋳型を使用してもよい。特に、フィラメント1505および1506は、タービンプレードの表面に浸出冷却孔のパターンを形成するのとは一致して大量に設けられるので、図2に示すようなボールシユート構造の必要性を排除することができる。

【0034】

フィラメント1505および1506は、好ましくは円筒形または楕円形であるが、湾曲していてもよいし非線形であってもよい。それらの正確な寸法は、特定の鋳造金属部品のための所望のフィルム冷却方式に従って変えられてもよい。例えば、冷却孔は、 $0.01 \sim 2 \text{ mm}^2$ の範囲の断面積を有し得る。タービンプレードでは、断面積は $0.01 \sim 0.15 \text{ mm}^2$ 、より好ましくは $0.05 \sim 0.1 \text{ mm}^2$ の範囲であってもよく、最も好ましくは約 0.07 mm^2 であってもよい。翼の場合、冷却孔は、 $0.05 \sim 0.2 \text{ mm}^2$ 、より好ましくは $0.1 \sim 0.18 \text{ mm}^2$ 、最も好ましくは約 0.16 mm^2 の範囲の断面積を有し得る。冷却孔の間隔は、典型的には、冷却孔の直径の2倍～10倍の範囲、最も好ましくは冷却孔の直径の約4倍～7倍の範囲の冷却孔の直径の倍数である。

【0035】

フィラメント1505および／または1506の長さは、鋳造部品の厚さ、例えばタービンプレードまたは静翼の壁の厚さ、および鋳造部品の表面に対して冷却孔が配置される角度によって決まる。典型的な長さは、 $0.5 \sim 5 \text{ mm}$ 、より好ましくは $0.7 \sim 1 \text{ mm}$ の範囲であり、最も好ましくは約 0.9 mm である。冷却孔が配置される角度は、表面に対して約 $5 \sim 35^\circ$ 、より好ましくは $10 \sim 20^\circ$ 、最も好ましくは約 12° である。本発明による鋳造方法は、鋳造部品の表面に対して、従来の機械加工技術を用いて現在利用可能なものよりも小さい角度を有する冷却孔の形成を可能にすることを理解されたい。

【0036】

図16は、本発明の一実施形態による一体型コア・シェル鋳型1600の側面図を示す。図15に示す概略図と同様に、第1コア部1601は、いくつかのフィラメント1605を介して第1シェル部1602に接続されている。同様に、第2コア部1603は、いくつかのフィラメント1606を介して第2シェル部1604に接続されている。第1コア部1601および第1シェル部1602は、取り付け機構1608、1609、1610および1611を介して第2コア部1602および第2シェル部1604に取り付けられて、完全なコア・シェル鋳型組立体1600を形成することができる。組み立てられたコア・シェル鋳型1600は、タービンプレードをインベストメント鋳造するためのキャビティ1607を画定する。図17は、ニッケル基合金、すなわちインコネルなどの金属1700で充填されたキャビティ1607を示す。セラミックコア・シェルが浸出すると

、得られる鑄造物体は、タービンプレードまたは静翼の表面に冷却孔パターンを有するタービンプレードまたは静翼である。図16～図17はタービンプレードの前縁および後縁における冷却孔を示す断面図であるが、タービンプレードの側面または任意の他の場所を含む所望の場合には追加の冷却孔を設けることができることを理解されたい。特に、本発明を使用して、鑄造プロセス内において任意の特定の設計で冷却孔を形成することができる。言い換えれば、冷却孔を形成するために従前は穿孔が使用されていた任意のパターンで従来の冷却孔を形成することができる。しかしながら、本発明は、鑄造部品内に冷却孔を形成するための従来技術、すなわち穿孔の限界のために、これまで達成できなかった冷却孔パターンを可能にするであろう。

【0037】

10

浸出後、コア・プリント・フィラメントから得られるタービンプレードまたは静翼に生じた穴は、必要に応じてろう付け閉鎖されてもよい。そうでなければ、コア・プリント・フィラメントによって残された穴は、内部冷却通路の設計に組み込まれてもよい。あるいは、金属鑄造工程中に先端プレナムコアを定位置に保持するのに十分な量で先端プレナムコアをシェルに接続するために冷却孔フィラメントを設けてもよい。

【0038】

本発明に従ってコア・シェル鑄型構造を印刷した後、セラミック・コア・フォトポリマー材料の要件に応じてコア・シェル鑄型を硬化および／または焼成してもよい。溶融金属を鑄型に流し込み、一体のコア・シェル鑄型によって提供される形状および特徴を有する鑄造物体を形成してもよい。タービンプレードまたは静翼の場合、溶融金属は、従来のインベストメント鑄造鑄型で用いられることが知られている技術を用いて単結晶超合金タービンプレードまたは静翼に形成される超合金金属であることが好ましい。

20

【0039】

一態様では、本発明は、同様の方法で製造された他のコア・シェル鑄型の特徴を組み込んだ、または組み合わせた本発明のコア・シェル鑄型構造に関する。以下の特許出願は、これらの様々な態様およびそれらの使用の開示を含む。

【0040】

「統合型キャスティング・コア・シェル構造 (INTEGRATED CASTING CORE SHELL STRUCTURE)」と題され、代理人整理番号037216.00036/284976で、2016年12月13日に出願された米国特許出願番号 []。

30

【0041】

「浮遊チッププレナムを有する一体型キャスティング・コア・シェル構造 (INTEGRATED CASTING CORE SHELL STRUCTURE WITH FLOATING TIP PLENUM)」と題され、代理人整理番号037216.00037/284997で、2016年12月13日に出願された米国特許出願番号 []。

【0042】

「キャスティング部品を製造するための標準的なおよび／またはバンパーを製造するためのマルチピース一体型コア・シェル構造 (MULTI-PIECE INTEGRATED CORE-SHELL STRUCTURE WITH STANDOFF AND/OR BUMPER FOR MAKING CAST COMPONENT)」と題され、代理人整理番号037216.00042/284909Aで、2016年12月13日に出願された米国特許出願番号 []。

40

【0043】

「鑄物部品を製造するための印刷管を有する一体型鑄造コア・シェル構造 (INTEGRATED CASTING CORE SHELL STRUCTURE WITH PRINTED TUBES FOR MAKING CAST COMPONENT)」と題され、代理人整理番号037216.00032/284917で、2016年12月13日に出願された米国特許出願番号 []。

50

【0044】

「鋳造部品製造用の一体型鋳造コア・シェル構造およびフィルター（INTEGRATED CASTING CORE-SHELL STRUCTURE AND FILTER FOR MAKING CAST COMPONENT）」と題され、代理人整理番号037216.00039/285021で、2016年12月13日に出願された米国特許出願番号[]。

【0045】

「非線形穴を有する鋳造部品を製作するための一体型鋳造コア・シェル構造（INTEGRATED CASTING CORE SHELL STRUCTURE FOR MAKING CAST COMPONENT WITH NON-LINEAR HOLES）」と題され、代理人整理番号037216.00041/285064で、2016年12月13日に出願された米国特許出願番号[]。

10

【0046】

「非線形穴を有する鋳造部品を製作するための一体型鋳造コア・シェル構造（INTEGRATED CASTING CORE SHELL STRUCTURE FOR MAKING CAST COMPONENT WITH COOLING HOLES IN INACCESSIBLE LOCATIONS）」と題され、代理人整理番号037216.00055/285064Aで、2016年12月13日に出願された米国特許出願番号[]。

【0047】

「非線形穴を有する鋳造部品を製作するための一体型鋳造コア・シェル構造（INTEGRATED CASTING CORE SHELL STRUCTURE FOR MAKING CAST COMPONENT HAVING THIN ROOT COMPONENTS）」と題され、代理人整理番号037216.00053/285064Bで、2016年12月13日に出願された米国特許出願番号[]。

20

【0048】

これらの出願の各々の開示は、それらが本明細書に開示されているコア・シェル鋳型と併せて使用することができるコア・シェル鋳型およびその製造方法のさらなる局面を開示する限りにおいて、その全体が本明細書に援用される。本明細書は、好ましい実施形態を含む本発明を開示するために、また任意の装置またはシステムを製造および使用することならびに任意の組み込まれた方法を実行することを含めて任意の当業者が本発明を実施することを可能にするために実施例を使用する。本発明の特許性のある範囲は特許請求の範囲によって定義され、当業者が思い付く他の例を含み得る。そのような他の例は、それらが請求項の文字通りの言語と異ならない構造要素を有する場合、またはそれらが請求項の文字通りの言語とはごくわずかに異なる同等の構造要素を含む場合、請求項の範囲内にあることが意図される。記載された様々な実施形態からの態様、ならびにそのような各態様に対する他の既知の均等物は、本願の原理に従って追加の実施形態および技術を構築するために当業者によって混合および適合され得る。

30

【0049】

本発明の更なる態様が、以下の段落に記載の特許発明の対象によって与えられる。

40

【0050】

本発明の第1の態様は、第1コア部と第1シェル部とを備え、前記第1コア部および前記第1シェル部は、少なくとも第2コア部および第2シェル部と接して前記第1コア部と前記第2コア部との間および前記第1シェル部と前記第2シェル部との間にキャビティを有するセラミック鋳型を形成し、前記キャビティは、前記セラミック鋳型の鋳造および取り外しの際に鋳造部品を画定するようになっている、部分セラミック鋳造鋳型である。

【0051】

本発明の第2の態様は、上記第1の態様において、前記鋳造部品はタービンブレードまたは静翼である、部分セラミック鋳造鋳型である。

【0052】

50

本発明の第3の態様は、上記第1又は第2の態様において、前記第1コア部または前記第1シェル部は、前記第2コア部または前記第2シェル部上のインターロック機構と接するように構成された、少なくとも1つのインターロック機構を含む、部分セラミック鑄造鑄型である。

【0053】

本発明の第4の態様は、上記第3の態様において、前記インターロック機構は、第2の部分セラミック鑄造鑄型と締結するようになっている連結舌部または連結溝である、部分セラミック鑄造鑄型である。

【0054】

本発明の第5の態様は、上記第3の態様において、前記インターロック機構は、第2の部分セラミック鑄造鑄型と締結するようになっている蟻継ぎである、部分セラミック鑄造鑄型である。

【0055】

本発明の第6の態様は、上記第3の態様において、前記インターロック機構は、第2の部分セラミック鑄造鑄型と締結するようになっている連結ペグを備えた実接合である、部分セラミック鑄造鑄型である。

【0056】

本発明の第7の態様は、上記第1～第6の態様において、前記第1シェル部は、前記第1コア部に面するピン支持体またはバンパーを備える、部分セラミック鑄造鑄型である。

【0057】

本発明の第8の態様は、上記第1～第7の態様において、前記第1コア部は、前記第1コア部に面するピン支持体またはバンパーを備える、部分セラミック鑄造鑄型である。

【0058】

本発明の第9の態様は、上記第1～第8の態様において、前記セラミック鑄型は、前記コア部と前記シェル部とを接合する複数の結合構造を含み、前記結合構造は、前記鑄型を取り外す際に前記鑄造部品内に複数の穴を画定するように構成されている、部分セラミック鑄造鑄型である。

【0059】

本発明の第10の態様は、上記第1～第9の態様において、前記鑄造部品はタービンブレードまたは静翼である、部分セラミック鑄造鑄型である。

【0060】

本発明の第11の態様は、部分セラミック鑄型の製造方法であって、(a)加工物の硬化部分を液体セラミックフォトポリマーと接触させることと、(b)前記液体セラミックフォトポリマーに接する窓を通して前記硬化部分に隣接する前記液体セラミックフォトポリマーの一部を照射することと、(c)未硬化の前記液体セラミックフォトポリマーから前記加工物を取り出すことと、(d)部分セラミック鑄型の第1シェル部、および任意選択的に第1コア部、が形成されるまでステップ(a)～(c)を繰り返すことと、を含み、前記任意選択の第1コア部および前記第1シェル部は少なくとも任意選択の第2コア部および第2シェル部と接して、前記第1コア部および／または前記第2コア部と前記第1シェル部および前記第2シェル部との間にキャビティを含むツーピースセラミック鑄型を形成するように構成され、前記キャビティは、前記セラミック鑄型の鑄造および取り外しの際に鑄造部品を画定するように構成される、部分セラミック鑄型の製造方法である。

【0061】

本発明の第12の態様は、上記第11の態様において、ステップ(d)の後に、前記ツーピースセラミック鑄型内に液体金属を注ぐこと、および前記液体金属を凝固させて前記鑄造部品を形成することを含むステップ(e)を含む、製造方法である。

【0062】

本発明の第13の態様は、上記第12の態様において、ステップ(e)の後に、前記ツーピースセラミック鑄型を前記鑄造部品から取り外すことを含むステップ(f)を含む、製造方法である。

【0063】

本発明の第14の態様は、上記第13の態様において、前記ツーピースセラミック鑄型を前記鑄造部品から取り外すことは、力学的力と化学的浸出との組み合わせを含む、製造方法である。

【0064】

本発明の第15の態様は、上記第11～第14の態様において、前記第1コア部または前記第1シェル部は、前記第2コア部または前記第2シェル部上のインターロック機構と接するように構成されている少なくとも1つのインターロック機構を含む、製造方法である。

【0065】

本発明の第16の態様は、上記第11～第15の態様において、前記ツーピースセラミック鑄型は、前記コア部と前記シェル部とを接合する複数の結合構造を含み、前記結合構造は、前記ツーピースセラミック鑄型を取り外す際に前記鑄造部品内に複数の穴を画定するように構成されている、製造方法である。

【0066】

本発明の第17の態様は、上記第11～第16の態様において、前記鑄造部品はタービンブレードまたは静翼である、製造方法である。

【0067】

本発明の第18の態様は、上記第11～第17の態様において、前記第1シェル部は、前記第1コア部に面するピン支持体またはバンパーを備えている、製造方法である。

【0068】

本発明の第19の態様は、上記第11～第18の態様において、前記第1コア部は、前記第1コア部に面するピン支持体またはバンパーを備えている、製造方法である。

【0069】

本発明の第20の態様は、上記第11～第19の態様において、前記第1の部分セラミック鑄型は第1コア部を有し、前記第2の部分セラミック鑄型は第2コア部を有する、製造方法である。

【0070】

本発明の第21の態様は、上記第11～第20の態様の前記ツーピースセラミック鑄型を用いた鑄造部品の製造方法であって、前記ツーピースセラミック鑄造鑄型に液体金属を注入するとともに前記液体金属を凝固させて前記鑄造部品を形成することと、前記鑄造部品から前記ツーピースセラミック鑄型を取り外すことと、を含む製造方法である。

【0071】

本発明の第22の態様は、鑄造部品の製造方法であって、ツーピースセラミック鑄型の第1コア部および第1シェル部を少なくとも第2コア部および第2シェル部と共に組み立てて、前記第1コア部および前記第2コア部と前記第1シェル部および前記第2シェル部との間に、前記ツーピースセラミック鑄型の鑄造および取り外しの際に前記鑄造部品の形状を画定するように構成されたキャビティを含む前記ツーピースセラミック鑄型を形成することと、前記ツーピースセラミック鑄造鑄型に液体金属を注入するとともに、前記液体金属を凝固させて前記鑄造部品を形成することと、前記鑄造部品から前記ツーピースセラミック鑄造鑄型を取り外すことと、を含む製造方法である。

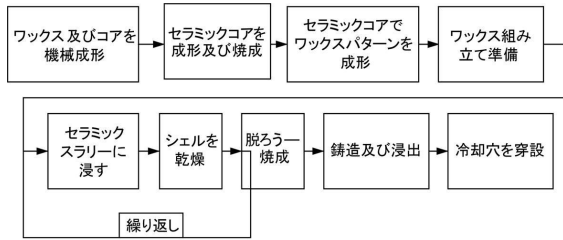
10

20

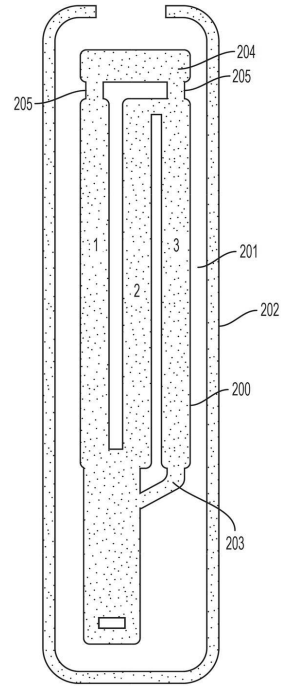
30

40

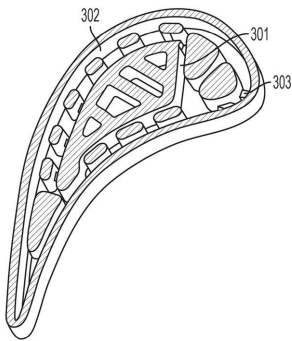
【図 1】

FIG. 1
PRIOR ART

【図 2】

FIG. 2
PRIOR ART

【図 3】

FIG. 3
PRIOR ART

【図 4】

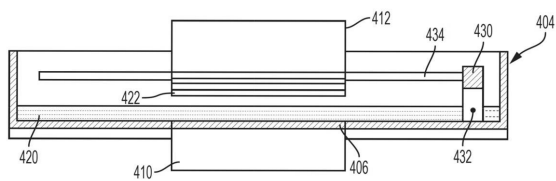


FIG. 4

【図 5】

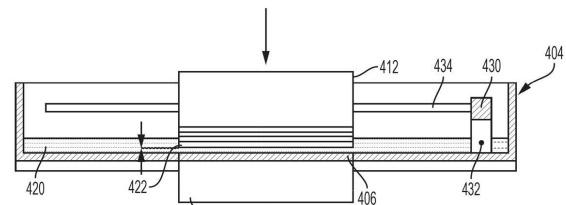


FIG. 5

【図 6】

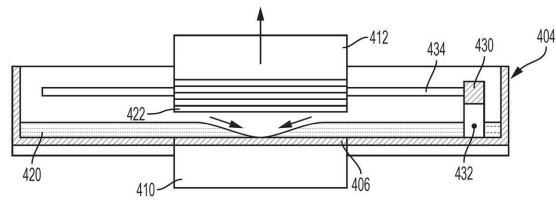


FIG. 6

【図 7】

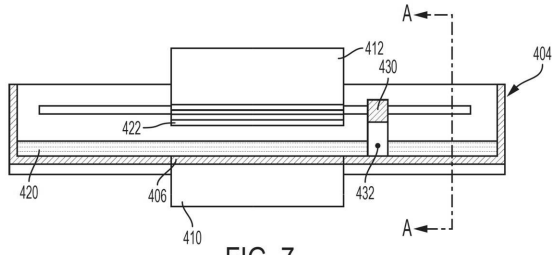


FIG. 7

【図 8】

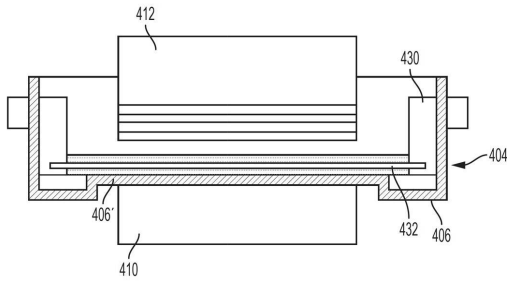


FIG. 8

【図 9】

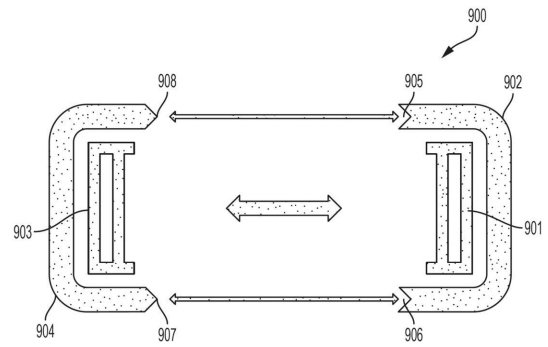


FIG. 9

【図 10】

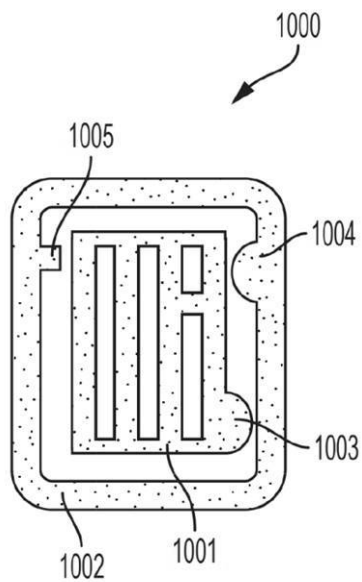


FIG. 10

【図 11】

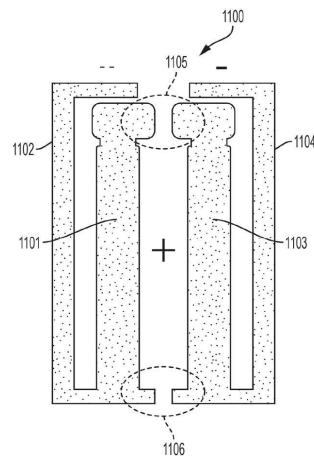


FIG. 11

【図 12】

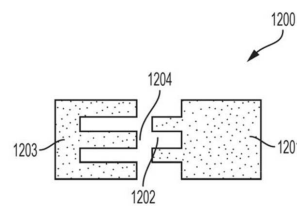


FIG. 12

【図 13】

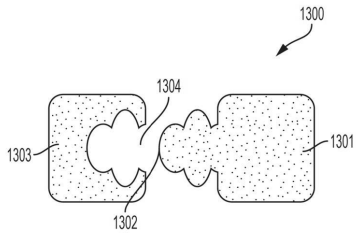


FIG. 13

【図 14】

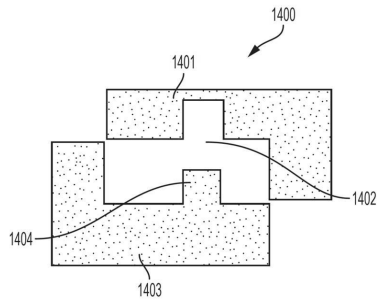


FIG. 14

【図 15】

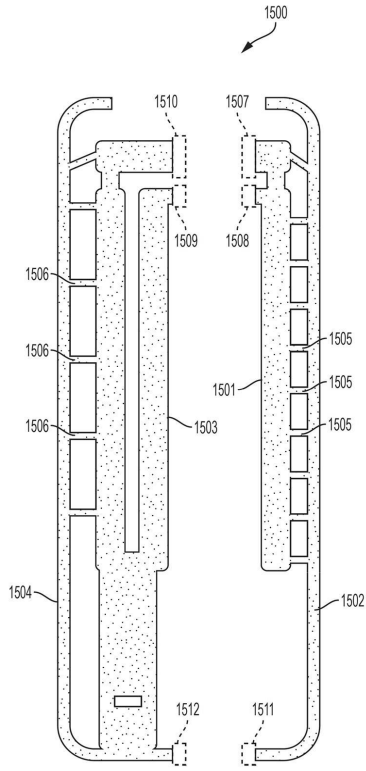


FIG. 15

【図 16】

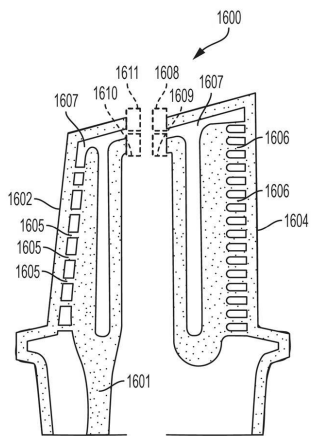


FIG. 16

【図 17】

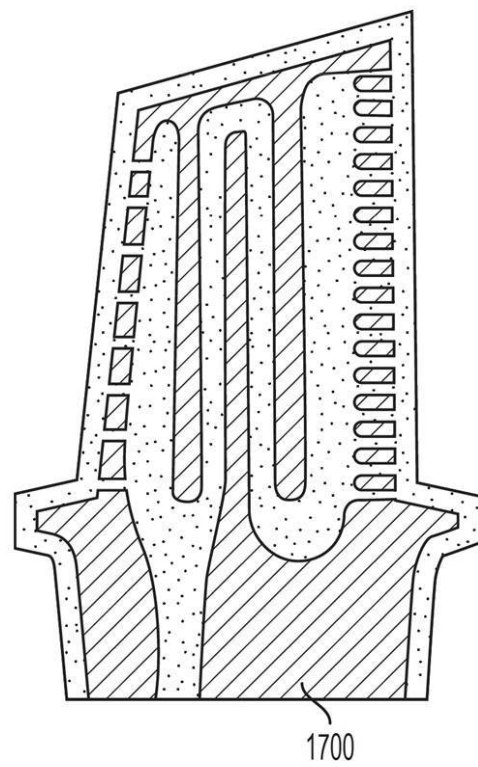


FIG. 17

フロントページの続き

- (72)発明者 プルゼスロースキ、ブライアン、デイビッド
アメリカ合衆国 45215 オハイオ州 シンシナティ ノーマン ウェイ 1
- (72)発明者 マッカラン、マイケル、ジョン
アメリカ合衆国 45301 オハイオ州 アルファ ヘラー ロード 2060
- (72)発明者 ヤン、シ
アメリカ合衆国 45301 オハイオ州 アルファ ヘラー ロード 2060
- (72)発明者 ピーターソン、ブライアン、パトリック
アメリカ合衆国 45301 オハイオ州 アルファ ヘラー ロード 2060

審査官 ▲辻▼ 弘輔

- (56)参考文献 特表2003-502159 (JP, A)
特開2008-144760 (JP, A)
特表2013-512783 (JP, A)
特開2014-139428 (JP, A)
特開2014-208373 (JP, A)
特表2016-501139 (JP, A)
特表2016-516591 (JP, A)
特表2016-533905 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B22C	9/04
B22C	9/24
B22C	13/08
B22F	3/105
B22F	3/16
B22F	10/00 - 10/85
B22F	12/00 - 12/90
B29C	64/00 - 64/40
B33Y	10/00
B33Y	70/00
B33Y	80/00
F02C	7/00