

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-154181
(P2017-154181A)

(43) 公開日 平成29年9月7日(2017.9.7)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
B 2 2 C	9/10	(2006.01)	B 2 2 C	9/10	M	4 E 0 9 3		
B 2 2 D	29/00	(2006.01)	B 2 2 D	29/00	F			
B 2 2 C	9/24	(2006.01)	B 2 2 C	9/24	C			
B 3 3 Y	10/00	(2015.01)	B 3 3 Y	10/00				

審査請求 有 請求項の数 19 O L 外国語出願 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2017-25514 (P2017-25514)
 (22) 出願日 平成29年2月15日 (2017.2.15)
 (31) 優先権主張番号 15/056,663
 (32) 優先日 平成28年2月29日 (2016.2.29)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 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 123
 45、スケネクタデイ、リバーロード、1
 番
 (74) 代理人 100137545
 弁理士 荒川 聡志
 (74) 代理人 100105588
 弁理士 小倉 博
 (74) 代理人 100129779
 弁理士 黒川 俊久
 (74) 代理人 100113974
 弁理士 田中 拓人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 第1金属部品及び第2金属部品を使用した鑄造

(57) 【要約】

【課題】入り組んだ内部ポイドを有する3次元部品のための改良された鑄造方法及び鑄型を提供する。

【解決手段】本開示は一般に、第1金属部品及び第2金属部品を備える鑄造用コアを含む、鑄型に関する。一態様では、第1金属部品は第2金属部品より低い融点を有する。別の態様では、第2金属部品は、第1金属部品の少なくとも一部を囲み、かつ、第1金属部品は除去され第2金属部品は除去されていない場合に、鑄造用コア内の空洞を画成する。

【選択図】 図4

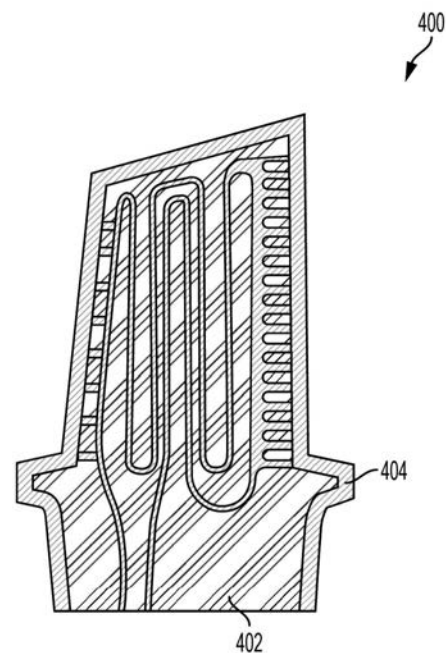


FIG. 4

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 金属部品及び第 2 金属部品を備える鋳造用コアを備える鋳型であって、第 1 金属部品が第 2 金属部品より低い融点を有し、第 2 金属部品が、第 1 金属部品の少なくとも一部を囲み、かつ第 1 金属部品が除去されると鋳造用コア内の空洞を画成する、鋳型。

【請求項 2】

第 1 金属部品が、アルミニウム、ニッケル、銅、金、又は銀の少なくとも 1 つを含む、請求項 1 に記載の鋳型。

【請求項 3】

第 1 金属部品が合金を含む、請求項 1 に記載の鋳型。

10

【請求項 4】

第 2 金属部品が、タングステン又はタングステン合金を含む、請求項 1 に記載の鋳型。

【請求項 5】

第 2 金属部品が、モリブデン又はモリブデン合金を含む、請求項 1 に記載の鋳型。

【請求項 6】

鋳造用コアの少なくとも一部を囲む外側のシェル鋳型をさらに含む、請求項 1 に記載の鋳型。

【請求項 7】

外側のシェル鋳型がセラミックを含む、請求項 6 に記載の鋳型。

20

【請求項 8】

第 2 金属部品が、鋳型に、1 以上の、冷却する特徴部を画成するよう構成されている、請求項 1 に記載の鋳型。

【請求項 9】

鋳造用コアが 1 以上のセラミック部品を備える、請求項 1 に記載の鋳型。

【請求項 10】

鋳造部品を製造する方法であって、鋳型組立体に空洞を形成するために、第 1 金属部品及び第 2 金属部品を備える鋳型組立体から第 1 金属部品を除去することであって、第 1 金属部品が第 2 金属部品より低い融点を有する、除去することと、鋳造部品を形成するために、熔融金属を、空洞の少なくとも一部に注ぎ込むことと、第 2 金属部品を鋳造部品から除去することを含む方法。

30

【請求項 11】

第 1 金属部品が、アルミニウム、ニッケル、銅、金、又は銀の少なくとも 1 つを含む、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

第 1 金属部品が合金を含む、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 13】

第 2 金属部品が、タングステン又はタングステン合金を含む、請求項 10 に記載の方法

40

【請求項 14】

第 2 金属部品が、モリブデン又はモリブデン合金を含む、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 15】

鋳型組立体が、熔融金属が空洞の少なくとも一部に注ぎ込まれた後に除去される外側のシェル鋳型をさらに備える、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 16】

外側のシェル鋳型がセラミックを含む、請求項 15 に記載の方法。

【請求項 17】

第 2 金属部品を除去することが、エッチング又は酸処理の少なくとも 1 つを含む、請求

50

項 10 に記載の方法。

【請求項 18】

第 1 金属部品を除去することが、溶融させることを含む、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 19】

第 1 金属部品及び第 2 金属部品を層ごとに付加的に形成することを含む方法であって、
(a) 融着領域を形成するために、粉体床の粉体層に照射を行うステップと、
(b) 粉体床の上に後続の粉体層を提供するステップと、
(c) 少なくとも第 1 金属部品及び第 2 金属部品に対応する、2 以上の異なる粉体組成を用いて、ステップ (a) 及びステップ (b) を繰り返すステップとを含む、請求項 10 に記載の方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は一般に、鑄造用コア（中子）部品、及び鑄造用コア部品を使用するプロセスに関する。本発明のコア部品は、1 以上の第 1 金属部品と、1 以上の第 2 金属部品とを含むことができる。第 1 金属部品及び第 2 金属部品は、ジェット航空機エンジン用タービンブレード、又は発電用タービン部品の製造に使用される超合金の鑄造等の鑄造作業において、有用な特性を提供する。

【背景技術】

【0002】

多くの現代のエンジン及び次世代タービンエンジンは、入り組んだ複雑な幾何形状を有する部品及び部品を必要とする。これらの幾何形状は、新しい種類の材料及び製造技術が必要とする。エンジン部品及びエンジン部品を製造するための従来の技術は、インベストメント鑄造すなわちロストワックス鑄造という、面倒なプロセスを必要とする。インベストメント鑄造の一例は、ガスタービンエンジンに使用される典型的なロータブレードの製造に関する。タービンブレードは通常、中空の翼形部を含み、中空の翼形部は、エンジン内で動作中に、圧縮された冷却用空気を受け入れるための少なくとも 1 以上の吸気口を有する、ブレードの翼長に沿って延在する放射状の流路を有する。ブレード内の様々な冷却通路は、前エッジと後エッジとの間の、翼形部の中央に配置されている、蛇行する流路を含む。翼形部は通常、圧縮された冷却用空気を受け入れるための、ブレードを通過して延在する吸気口を含む。この吸気口は、翼形部の加熱された側壁と、内部の冷却用空気との間の熱伝達を高めるための、短いタービュレータリブ又は短いタービュレータピン等の、局所的特徴部を有する。

20

30

【0003】

通常は高強度の超合金金属材料から製造されるこれらのタービンブレードの製造は、多くのステップを必要とする。まず、タービンブレード内に望まれる入り組んだ冷却通路と一致する、精密なセラミックコアが製造される。タービンブレードの翼形部、プラットフォーム、及び一体のダブテールを含むタービンブレードの、精密な三次元外面を画成する精密金型又は精密鑄型も作成される。セラミックコアは、2 つの金型半部の内部に組み立てられ、2 つの金型半部は、それらの間に、結果物であるブレードの金属部分を画成する空間すなわちボイドを形成する。ワックスが、組み立てられた金型に注入されて、ボイドを満たし、金型内に封入されたセラミックコアを囲む。2 つの金型半部は分割されて、成形されたワックスから除去される。成形されたワックスは、望まれるブレードの精密な構成を有し、その後セラミック材料でコーティングされて周囲のセラミックシェルを形成する。次にワックスが溶融され、シェルから除去されて、セラミックシェルと内部のセラミックコアとの間に、対応するボイド、すなわち空間を残す。溶融した超合金金属がその後シェル内に注ぎ込まれ、シェル内のボイドを満たし、シェル内に入っているセラミックコアを再び封入する。溶融金属は冷却されて凝固し、その後、外側のシェルと内部のコアとを適切に除去すると、中に冷却通路が鑄られた、望まれる、金属のタービンブレードが残る。

40

50

【0004】

鑄造されたタービンブレードにはその後、追加の鑄造後修正を行ってもよい。追加の鑄造後修正には、内部を流れる冷却用空気の排気口を提供するために望まれるような、翼形部の側壁を通るフィルム冷却孔を、適切な列状に穴あけすること等が含まれるが、これらに限定されない、この冷却用空気はその後、ガスタービンエンジン内での動作中に、翼形部の外面に、保護のための、冷却用空気フィルム又は冷却用空気ブランケットを形成する。しかし、これらの鑄造後修正は限られており、タービンエンジンが、より複雑になり続けていることと、タービンブレード内の一部の冷却回路で認識されている効率とを考えると、より複雑で入り組んだ内部幾何形状を要求する必要がある。インベストメント鑄造でこれらの部品を製造することは可能だが、これらの従来の製造プロセスを用いて製造するには、位置精度及び入り組んだ内部幾何形状が、より複雑になっている。したがって、入り組んだ内部ポイドを有する3次元部品のための、改良された鑄造方法を提供することが望まれる。

10

【0005】

耐熱金属の鑄造部品とセラミックの鑄造部品との組合せを使用する、ハイブリッドのコア部品を用いた精密な金属鑄造は、当技術分野で知られている。耐熱金属の部分とセラミック材料の部分とを含むハイブリッドのコアが製造されている。例えば、“Additive manufacturing of hybrid core”と題する米国特許出願公開第2013/0266816号明細書を参照のこと。上記明細書で開示された、ハイブリッドのコアの製造に使われる技術は、従来の粉体床技術を用いていた。ハイブリッドのコアは、例えばジェット航空機エンジンに使われるタービンブレードの鑄造における場合、超合金の鑄造に追加的な柔軟性を提供するが、より高度な、コアのインベストメント鑄造技術の必要性は残る。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】米国特許出願公開第2015/0203411号明細書

【発明の概要】

【0007】

本開示は一般に、第1金属部品及び第2金属部品を備える鑄造用コアを含む、鑄型に関する。一態様では、第1金属部品は、第2金属部品より低い融点を有していてもよい。別の態様では、第2金属部品は、第1金属部品の少なくとも一部を囲み、かつ第1金属部品が除去されると鑄造用コア内の空洞を画成する。第1金属部品及び/又は第2金属部品のうち1以上は、本明細書で説明する直接レーザ溶融及び/又は直接レーザ焼結という高度な方法を用いた付加製造プロセスによって形成することができる。鑄造用コアはさらに、セラミック材料から形成される外側のシェル鑄型を備えていてもよい。

30

【0008】

例示的な実施形態では、第1金属部品はアルミニウム、銅、銀、及び/又は金を含んでもよく、第2金属部品はモリブデン、ニオブ、タンタル、及び/又はタングステンを含んでもよい。さらに、第1金属部品及び/又は第2金属部品は、合金を含んでもよい。

40

【0009】

第1金属部品及び/又は第2金属部品のうち1以上を適合させて、鑄造部品内に、特に、冷却孔、後エッジの冷却流路、又は微小流路等の構造物を、画成することができる。第1金属部品及び/又は第2金属部品は、コア支持構造、プラットフォームコア構造、又は先端フラッグ(tip flag)構造を提供するように適合させることもできる。非耐熱性の金属及び/又は耐熱金属の、複数の金属部品は、単一の鑄造用コアに用いてもよく、又は、セラミックの鑄造用コア組立体において、単独で使用しても、他の鑄造部品とも使用してもよい。

【0010】

50

本発明はまた、鑄造部品を製造する方法であって、鑄型組立体内に空洞を形成するために、第1金属部品及び第2金属部品を備える鑄型組立体から第1金属部品を除去することであって、第1金属部品が第2金属部品より低い融点を有する、除去することと、鑄造部品を形成するために、溶融金属を、空洞の少なくとも一部に注ぎ込むことと、第2金属部品を鑄造部品から除去することを含む方法に関する。

【0011】

別の態様では、第1金属部品及び第2金属部品を含む鑄造用コア全体を、粉体床から、直接レーザ溶融及び/又は直接レーザ焼結によって製造することができる。代替的には、第1金属部品及び第2金属部品を鑄型内で組み立てて、セラミックスラリーを導入し、鑄造用コアを製造してもよい。

10

【0012】

別の態様では、第1金属部品及び第2金属部品は、AMプロセスを用いて同時に形成してもよい。可能なAMプロセスの一実施形態では、第1金属部品及び第2金属部品は、(a)融着した/焼結された領域を形成するために、粉体床の粉体層を照射バインダ射出によって固結、及び/又は焼結させるステップと、(b)粉体床の上に後続の粉体層を提供するステップと、(c)少なくとも第1金属部品及び第2金属部品に対応する、2以上の異なる粉体組成を用いて、ステップ(a)及びステップ(b)を繰り返すステップとを含むプロセスによって、層ごとに成形することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

20

【図1】付加製造のための、従来の装置の例を示す概略図である。

【図2】成形物全体で異なる組成を有する部品の製造を可能にする付加製造装置の斜視図である。

【図3】図2の付加製造装置を用いて製造されている部品の上面図である。

【図4】本発明の一実施形態に従った、鑄造部品を形成する方法を示す図である。

【図5】本発明の一実施形態に従った、鑄造部品を形成する方法を示す図である。

【図6】本発明の一実施形態に従った、鑄造部品を形成する方法を示す図である。

【図7】本発明の一実施形態に従った、鑄造部品を形成する方法を示す図である。

【図8】本発明の一実施形態に従った、鑄造部品を形成する方法を示す図である。

【発明を実施するための形態】

30

【0014】

添付の図面に関連して以下に示す詳細な説明は、様々な構成を説明することを意図し、本明細書で説明する概念を実施することができる唯一の構成を示すことを意図するものではない。詳細な説明は、様々な概念の完全な理解を提供することを目的とする、具体的な詳細を含んでいる。しかし、これらの概念は、これらの具体的な詳細がなくても実施可能であることは、当業者には明白であろう。

【0015】

本発明の、第1金属部品及び/又は第2金属部品は、付加製造(AM)プロセスを用いて製造することができる。AMプロセスは一般に、除去製造法とは対照的に、1以上の材料を蓄積させて、ネットシェイプ又はニアネットシェイプ(NNS)の物体を成形することを伴う。「付加製造」は業界標準用語であるが(ASTM F2792)、AMは、自由成形、3Dプリンティング、ラピッドプロトタイプング/ラピッドツーリング等を含む様々な名称で知られる、様々な製造技術及び試作技術を包含する。AM技術は、幅広い材料から、複雑な部品を成形することができる。一般に、コンピュータ支援設計(CAD)モデルから、自立する物体を成形することができる。特定の種類のAMプロセスは、例えば、電子ビーム、又はレーザビーム等の電磁放射線等のエネルギービームを用いて、粉体材料を焼結又は溶融させて、固体の三次元物体を作成する。固体の三次元物体においては、粉体材料の粒子が互いに接着している。例えば、エンジニアリングプラスチック、熱可塑性エラストマ、金属、及びセラミック等の異なる材料系が使われている。レーザ焼結又はレーザ溶融は、機能する試作品及び機能するツールを高速に成形するため、注目すべ

40

50

き AM プロセスである。応用例には、複雑な被加工物、インベストメント鑄造用の型、射出成形用及びダイカスト用の金属鑄型、並びに砂型鑄造用の鑄型及びコアの、直接製造を含まれる。設計サイクル中の、概念の伝達及び試験を改善するための、試作物体の成形は、AM プロセスの別の一般的な利用法である。

【 0 0 1 6 】

選択的レーザー焼結、直接レーザー焼結、選択的レーザー溶融、及び直接レーザー溶融は、レーザービームを用いて微細粉体を焼結又は溶融させることによって、三次元（3D）の物体を製造することを指すのに使われる、一般的な工業用語である。例えば、米国特許第 4 8 6 3 5 3 8 号明細書及び米国特許第 5 4 6 0 7 5 8 号明細書は、従来のレーザー焼結技術を説明している。より正確には、焼結は粉体材料の融点未満の温度で粉体の粒子を融着（凝集）させることを伴い、一方溶融は、粉体の粒子を完全に溶融させて、固く均質な塊を形成することを伴う。レーザー焼結又はレーザー溶融に関連する物理的プロセスは、粉体材料に対する熱移動と、その後の粉体材料の焼結又は溶融を含む。レーザー焼結プロセス及びレーザー溶融プロセスは、幅広い粉体材料に適用できるが、製造経路の科学的側面及び技術的側面は、あまり理解されていない。製造経路の科学的側面及び技術的側面は、例えば焼結速度又は溶融速度、並びに積層製造プロセス中に加工パラメータが微細構造の形成に与える影響である。この成形方法は、複数の、熱移動、物質移動、及び運動量移動の態様、並びに化学反応を伴い、それによってこのプロセスが非常に複雑になる。

【 0 0 1 7 】

図 1 は、直接金属レーザー焼結（DMLS）又は直接金属レーザー溶融（DMLM）のための例示的な従来のシステム 100 の断面を示す概略図である。装置 100 は、レーザー 120 等の線源から発せられるエネルギービーム 136 を用いて、粉体材料（図示せず）を、焼結させること、又は溶融させることによる、層ごとに成形する方法で、例えば部品 122 等の物体を成形する。エネルギービームにより溶融される粉体は、リザーバ 126 により供給され、134 の方向に移動するリコータアーム 116 を用いてビルドプレート 114 の上に均等に広げられる。リコータアーム 116 は一定の高さ 118 に粉体を維持し、粉体の高さ 118 を超えた余剰粉体材料を廃棄物容器 128 に除去する。エネルギービーム 136 は、成形されている物体の断面層を、ガルボスキャナ 132 による制御のもとで焼結又は溶融させる。ビルドプレート 114 が下げられ、ビルドプレート及び成形されている物体の上に別の粉体層が広げられて、その後、レーザー 120 によって、次の、粉体の溶融/焼結が行われる。このプロセスは、溶融された/焼結された粉体材料から部品 122 が成形されるまで、繰り返される。レーザー 120 は、プロセッサ及びメモリを含むコンピュータシステムによって制御されてもよい。コンピュータシステムは、各々の層の走査パターンを決定することができ、かつレーザー 120 を制御して、走査パターンに従って粉体材料に照射を行うことができる。部品 122 の成形の完了後は、部品 122 に様々な後処理手順を適用することができる。後処理手順は、例えば吹き飛ばし、又は吸い込みによる、余剰粉体の除去を含む。別の後処理手順には、応力除去プロセスが含まれる。

【 0 0 1 8 】

上記の、従来のレーザー溶融/焼結技術には、様々な組成を有する AM 物体を製造することに関しては、いくつかの制約がある。例えば、連続する層同士で粉体の組成を変更することは可能だが、特に、製造ステップ同士の間の中断時間が高いコストを伴う工業の場面においては、変更は煩雑になり得る。最近では、成形物の連続する粉体層同士の間だけでなく、同じ粉体層内で水平方向にも、成形物の組成の精密な制御を可能にする、より高度なレーザー溶融法/レーザー焼結法が開発されている。2015年8月25日に出願された、“Coater Apparatus and Method for Additive Manufacturing”と題する米国特許出願公開第 2014/834517 号明細書を参照のこと。同明細書は、その全体が参照により本明細書に組み込まれている。

【 0 0 1 9 】

図 2 に示すように、高度な粉体床機械は、吐出器 32 の上に配置されたりザーバ組立体

30を含む。吐出器32は1以上の細長いトラフ38A~38Eを有する。細長いトラフは、ビルドプレート12上に対する粉体の堆積を制御する、トラフとビルドプレートとの間にある堆積バルブ(2値又は可変)を備える。

【0020】

リザーバ組立体30は、各々のトラフ38A~38Eの上に配置された、1以上のリザーバを含む。図2に示すように、リザーバ組立体は、例えば20個のリザーバを含む。各々のリザーバは、適切な壁又は仕切りによって画成され、全体的に「P」(すなわち、P1、P2、P3等)で表示されている粉体を蓄え、吐出するのに有効な容積を形成する。各々の個々のリザーバには、組成及び/又は粉体の粒子サイズ等、固有の特性を有する粉体Pを入れてもよい。例えば、P1は、部品60を成形するのに用いることができ、P2は部品62を成形するのに用いることができ、P3は部品64を成形するのに用いることができる。粉体Pは、付加製造に適した任意の材料であってもよいことは、理解されよう。例えば、粉体Pは金属粉体でも、高分子粉末でも、有機粉体でも、セラミック粉体でもよい。リザーバ組立体30は任意選択的なものであり、粉体Pはトラフ38に直接入れてもよいことに留意されたい。

10

【0021】

任意選択で、例えば、過去のサイクルとは異なる混合の粉体を堆積させることが望まれる場合等、プロセスのサイクルとサイクルとの間に、トラフ38A~38Eを空にすることが望まれる場合もある。空にすることは、トラフ38A~38Eを余剰粉体用容器14の上に動かし、堆積バルブを開けて余剰の粉体を捨てることによって達成することができる。このプロセスは、ガス又はガスの混合物を、トラフ38A~38Eを通して流すことによって、増強されてもよい。

20

【0022】

図3は部品Cの粉体層の半分を、幅10素子、高さ15素子のグリッドに細分したものを示している。グリッド素子の大きさ及び素子と素子との間隔は、説明を明確にする目的で、強調されている。それぞれが素子のグリッドを有する連続する層としての部品Cの表示は、例えば適切なソリッドモデリング又はコンピュータ支援設計ソフトウェアを用いてモデル化することができる。図4に示された、各々の、固有の斜線模様は、1つの固有の粉体の特性(例えば、組成及び/又は粒子サイズ)を表す。図示されているように、単一の粉体層は、異なる種類の粉体を含んでいてもよい(例えば、P1、P2、及びP3)。図3には3つの異なる種類の粉体が示されているが、本開示の範囲から逸脱することなく、これより多い種類の粉体、又はこれより少ない種類の粉体を用いてもよいことは、理解されよう。

30

【0023】

この、粉体Pを塗工して、その後粉体Pをレーザ溶融させるというサイクルは、部品C全体が完成するまで繰り返される。

【0024】

本発明に従ったコア部品を提供するために、別の技術を用いてもよい。例えば、部品は、同一のコア部品内に異なる材料を使用する射出成形技術を用いて製造されてもよい。

【0025】

本開示のコア部品は、最終製造物に、冷却孔、後エッジ冷却流路、微小流路、2つの冷却用空洞を接続する交差孔(crossover holes)、二重壁又は壁近くの冷却構造の内部インピンジメント孔、ブレードの基部転回部に形成されたリフレッシュャ孔、及び当技術分野で知られている追加的な冷却機能等の、冷却機能を提供するのに用いることができる。さらに、コア部品は、2以上の材料の熱膨張特性を調和させるのに用いることもできる。本開示のコア部品はまた、鑄造された金属の物体の一部の領域に、望まれる要素又は望まれる合金を、添加すなわちドープするのに用いてもよい。

40

【0026】

上記の付加製造技術は、ほぼすべての望まれる形状及び組成のコア部品の形成を可能にする。本開示のコア部品は、任意選択で、他の金属片及び/又はセラミック部品とともに

50

組み立ててもよい。一実施形態では、コア部品及び任意のその他の任意選択の部品は、ジェット航空機エンジン用の超合金タービンブレードの製造において使用されているもの等、セラミック鑄型のコア部分内で用いることができる。その後鑄型を整えて、溶融した超合金を、金属部品との接触部を有する鑄型の空洞内に注ぎ込んでよい。鑄型部品は、機械的プロセスと化学的プロセスとの組合せを用いて、鑄型から除去してもよい。セラミック材料は、高温及び/又は高圧下で、苛性アルカリ溶液を用いて浸出することができる。傾斜のつけられたコア部品は、その後、酸処理を用いて、形成された超合金の部品から化学的にエッチング除去してもよい。一態様では、傾斜のつけられたコア部品は、溶融されるのではなく、焼結される。このことは、傾斜のつけられたコア部品を除去するための選択肢の数を増やすことができる。例えば、いくつかの場合では、焼結された（不完全に融着された）金属は、物理的手段（例えば、振動させること）を用いて除去され得る。さらに、焼結された材料は、エッチング液が、焼結された粉体構造により急速に浸透する酸エッチングを用いて、より容易に除去することができる。

10

20

30

40

50

【0027】

図4～8は、本開示のいくつかの態様に従った鑄型400を用いて、鑄造部品414を製造する方法を示している。例えば、図4を参照すると、鑄型は、第1金属部品402と、第2金属部品404とを含んでいてもよい。任意選択で、鑄型400はまた、第1金属部品402及び第2金属部品404の、少なくとも一部を囲む、外側のシェル鑄型（図示せず）を備えていてもよい。一態様では、鑄型400は、単結晶超合金のタービンブレード等の、ジェット航空機の部品の鑄造に用いることができる。

【0028】

図4をさらに参照すると、第1金属部品402及び第2金属部品404は、図1～3に関連して上述した付加製造技術を用いて、形成することができる。例えば、第1金属部分402及び第2金属部品404は、付加製造を用いて同時に形成することができる。代替的には、第1金属部品402及び第2金属部品404は、別々に形成されてもよい。一態様では、第1金属部品402及び第2金属部品404は、同じ製造技術（例えば、付加製造）を用いて形成され得る。付加的に及び/又は代替的には、第1金属部品402及び第2金属部品404は、異なる製造法を用いて形成され得る。

【0029】

外側のシェル鑄型（図示せず）が含まれる場合は、外側のシェル鑄型は第1金属部品402及び第2金属部品404の周囲に形成されてもよい。代替的には、第1金属部品402及び第2金属部品404は、外側のシェル鑄型内に配置してもよい。

【0030】

第1金属部品402は、第2金属部品404より融点が高い金属を含んでいてもよい。例示的な実施形態では、第1金属部品は、アルミニウム、ニッケル、コバルト、クロム、銅、金、及び/もしくは銀、又はこれらの組合せもしくは合金の、少なくとも1つを含むがこれらに限定されない、融点が高い金属及び/又は合金を含んでいてもよい。別の例示的な実施形態では、第2金属部品404は、モリブデン、ニオブ、タンタル、及び/もしくはタングステン、又はこれらの組合せもしくは合金の、少なくとも1つを含むがこれらに限定されない、耐熱金属及び/又は耐熱合金を含んでいてもよい。これらの例示的な実施形態は、限定的であることを意図しない。例えば、第1金属部品402は、第2金属部品404に用いられている金属より低い融点を有する任意の金属を、含むことができる。同様に、第2金属部品404は、第1金属部品402に用いられている金属よりも高い融点を有する任意の金属を、含むことができる。

【0031】

一態様では、第1金属部品402の金属及び/又は第2金属部品404の金属を任意選択で選択して、超合金部品内に1以上の要素又は合金を拡散させることによって、鑄造部品414の組成を局所的に変えてもよい。

【0032】

第2金属部品404の形状は、タービンブレード414の壁に、直径の小さい冷却孔4

16a、416b(図8に図示)と、非直線的で、かつ見通せない形状の冷却孔(図示せず)とを形成するのにコア部品を用いることができる方法を示している。第1金属部品402及び/又は第2金属部品404は、鋳造部品に、冷却孔、後エッジの冷却流路、又は微小流路を形成するのに用いてもよい。さらに、第1金属部品402及び/又は第2金属部品404は、コア支持構造、プラットフォームコア構造、又は先端フラッグ構造に用いることができる。

【0033】

耐熱金属である、モリブデン、ニオブ、タンタル、及びタングステンは、本開示に従って用いることができ、ハイブリッドのコア部品にすでに用いられている形態で、市販されている。いくつかの耐熱金属は、溶融超合金中で、酸化又は溶融する場合がある。耐熱金属のコア部品は、保護のため、セラミック層でコーティングされていてもよい。代替的には、第2金属部品404は、保護のため、厚さ0.1~1ミルのセラミック層を有する、表面までの、傾斜遷移層を有してもよい。保護のためのセラミック層には、シリカ、アルミナ、ジルコニア、クロミア、ムライト、及びハフニアが含まれてもよい。

10

【0034】

第1金属部品402及び/又は第2金属部品404は、酸化からの保護のため、貴金属(すなわち、プラチナ)、又はクロムもしくはアルミニウム等の別の金属の層までの、傾斜遷移層を有してもよい。これらの金属層は、単独で使用しても、上述したセラミック層との組合せで使用してもよい。

【0035】

さらに、第2金属部品404は、加熱されると表面保護膜を形成する材料を含んでいてもよい。例えばMoSi₂は、SiO₂の保護層を形成する。

20

【0036】

図5に示すように、第1金属層402が鋳型400から除去されて、少なくとも一部が第2金属部品404によって画成される空洞406を形成することができる。図5に示した例では、空洞406は第2金属部品404内に形成されている。一態様では、第1金属部品402は、第1金属部品402を溶融させることによって、鋳型400から除去され得る。例示的な一実施形態では、第1金属部品402は、第1金属部品402の融点が、第2金属部品404の融点よりも低くなるように、選択してもよい。このようにして、第1金属部品402は、第2金属部品404を溶融させることも、第2金属部品404の損傷原因となることもなく、溶融及び除去することができる。

30

【0037】

図6に示すように、液体金属408が空洞406内に注ぎ込まれてもよい。液体金属408は、液体超合金でもよい。例えば、液体金属408は、とりわけインコネルを含む、ニッケル基合金を含んでいてもよい。液体金属408は、図7に示すように、凝固して凝固金属410を形成することができる。

【0038】

凝固金属410を形成後、図8に示すように、第2金属部品404を除去して、鋳造部品414を露出させてもよい。第2金属部品404の除去は、化学的手段(例えば、エッチング及び/又は酸処理)によって、行うことができる。第2金属部品404は、凝固金属410を除去せず、凝固金属410の損傷原因ともならない化学的手段を用いて、除去することができる。鋳型400の一部として用いられた場合は、外側のシェル鋳型(図示せず)は、破碎等の機械的手段によって、除去することができる。外側のシェル鋳型は、第2金属部品404より先に除去しても、第2金属部品404より後に除去してもよい。

40

【0039】

第1金属部品402及び第2金属部品404は、超合金の鋳造部品の形成中及び/又は形成後に、除去され得る。第1金属部品402は、第1金属部品402が、第2金属部品404より低い融点を有するように、選択され得る。このようにして、第1金属部品402は、第2金属部品404を溶融させること、及び/又は第2金属部品404の損傷原因となることなく、溶融及び除去され得る。その後、第1金属部品402を除去することに

50

よって、かつ、第2金属部品404を残すことによって形成された空洞内に、溶融した超合金が注ぎ込まれてもよい。溶融した超合金を凝固させた後、第2金属部品404の除去を行って、鑄造部品（例えば、タービンブレード）を製造してもよい。例えば、第2金属部品404は、化学的手段を用いて除去でき、この化学的手段には酸処理を用いたエッチングが含まれるが、これに限定されない。第2金属部品を除去するためのエッチングは、任意のセラミックを除去するために高温下及び高圧下で苛性アルカリ溶液に漬浸させる前に行っても、後に行ってもよい。一態様では、第2金属部品404は、溶融させるのではなく、焼結させてもよい。このことは、第2金属部品404を除去するための選択肢の数を増やす場合がある。例えば、いくつかの場合では、焼結された（不完全に融着された）第2金属は、物理的手段（振動させること等）を用いて除去され得る。さらに、焼結された材料は、エッチング液が、焼結された粉体構造に、より急速に浸透する酸エッチングを用いて、より容易に除去され得る。

10

【0040】

上記の例においては、第1金属部品402である金属は、タービンブレードを形成するためのロストワックス法におけるワックスに類似する、使い捨ての型材料として用いてもよい。さらに、第1金属部品402は、ロストワックス法において、第2金属部品404とともに用いてもよい。この場合、両方の金属部品が、鑄造用コアの部分形成する。その後、鑄造用コアは、ワックス、及び、任意選択でセラミックシェルによって包囲されてもよい。ワックスは除去されてもよく、さらに、第1金属部品402は、ワックスの除去に用いた加熱ステップと同じ加熱ステップ、又は異なる加熱ステップによって、溶融除去されてもよい。第1金属部品402は、溶融除去された後に、後に成形される材料のための通路を提供する、鑄造プロセスにおけるゲート材料として用いてもよい。

20

【0041】

本明細書は、好ましい実施形態を含む例を用いて、本発明を開示し、かつ当業者であれば、任意の装置又はシステムを製造及び使用すること、並びに任意の取り入れられた方法を実行することを含め、本発明を実施できるようにしている。本発明の特許性を有する範囲は、特許請求の範囲によって規定され、当業者が想到する他の例を含むことができる。そのような他の例は、特許請求の範囲の文言と異なる構造的要素を有する場合、又は特許請求の範囲の文言と実質的には異なる均等の構造的要素を有する場合は、特許請求の範囲に含まれることが意図されている。当業者であれば、説明された様々な実施形態からの態様、及びそれらの態様の各々の、他の既知の均等物を、組合せて、かつ適合させることによって、本出願の原理に従った追加的な実施形態及び技術を構成することができる。

30

【符号の説明】

【0042】

- 12 ビルドプレート
- 14 余剰粉体容器
- 30 リザーバ組立体
- 32 吐出器
- 38A トラフ
- 38B トラフ
- 38C トラフ
- 38D トラフ
- 38E トラフ
- 60 部品
- 62 部品
- 64 部品
- 100 装置
- 114 ビルドプレート
- 116 リコータアーム

40

50

- 1 2 0 レーザ
- 1 2 2 部品
- 1 2 6 リザーバ
- 1 2 8 廃棄物容器
- 1 3 2 ガルボスキャナ
- 1 3 6 エネルギービーム
- 4 0 0 鋳型
- 4 0 2 第 1 金属部品
- 4 0 4 第 2 金属部品
- 4 0 6 空洞
- 4 0 8 液体金属
- 4 1 0 凝固金属
- 4 1 4 鋳造部品
- 4 1 6 a 冷却孔
- 4 1 6 b 冷却孔

【 図 1 】

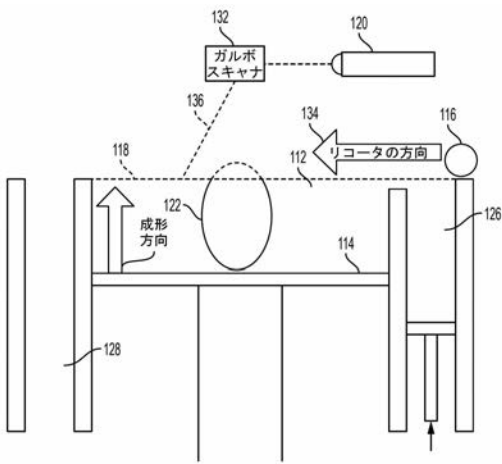


FIG. 1

【 図 2 】

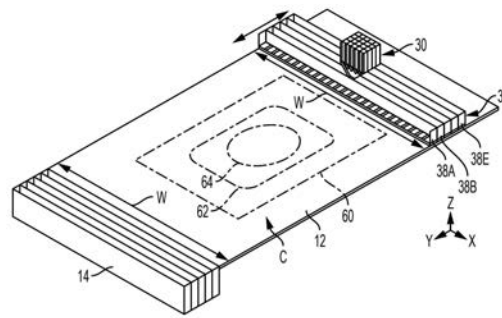


FIG. 2

【 図 3 】

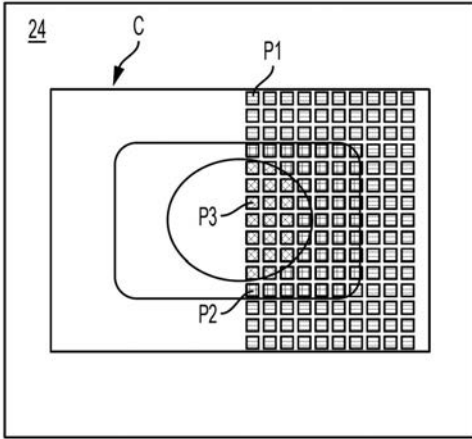


FIG. 3

【 図 4 】

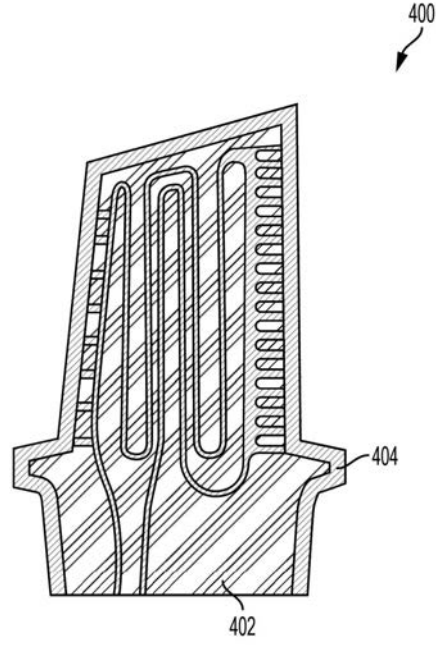


FIG. 4

【 図 5 】

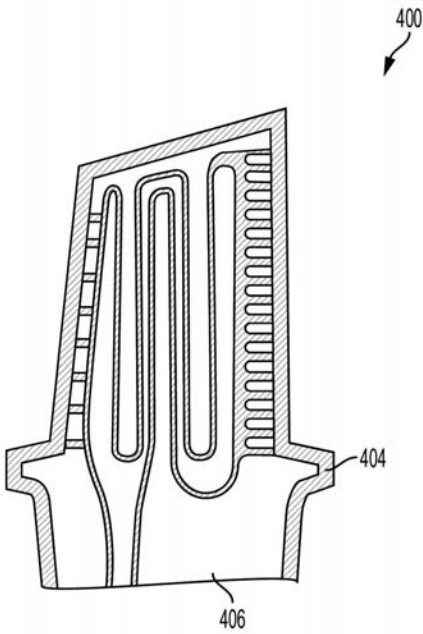


FIG. 5

【 図 6 】

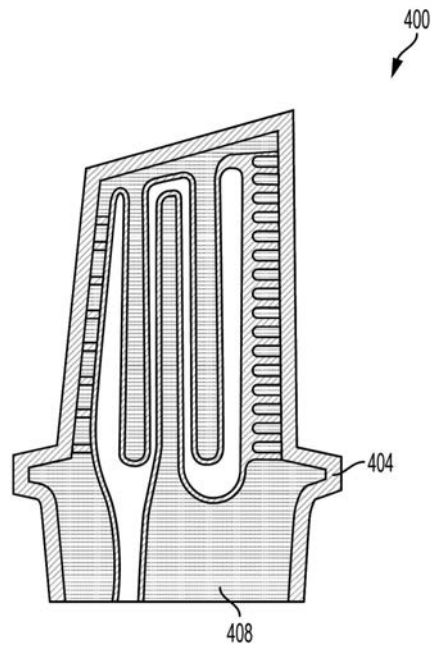


FIG. 6

【 図 7 】

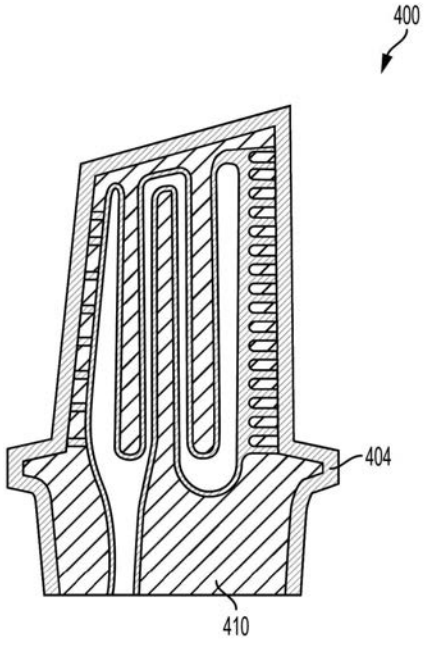


FIG. 7

【 図 8 】

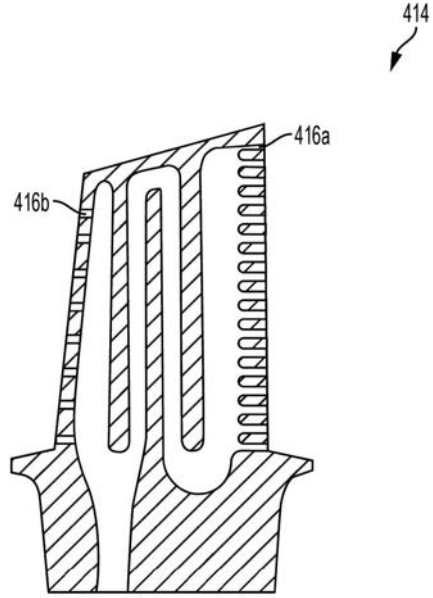


FIG. 8

フロントページの続き

(72)発明者 ロナルド・スコット・バンカー

アメリカ合衆国、オハイオ州・45069、ウェスト・チェスター、センター・ポイント・ドライブ、9075番

(72)発明者 ダグラス・ジェラルド・コニツァー

アメリカ合衆国、オハイオ州・45215、シンシナティ、ノイマン・ウェイ、1番

Fターム(参考) 4E093 QA04

【外国語明細書】

2017154181000001.pdf