

(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2015-226935

(P2015-226935A)

(43) 公開日 平成27年12月17日(2015.12.17)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
B22C 9/10 (2006.01)	B22C 9/10 F	4E092
B22C 1/00 (2006.01)	B22C 9/10 J	4E093
B22C 1/08 (2006.01)	B22C 1/00 A	
B33Y 80/00 (2015.01)	B22C 1/00 B	
B33Y 10/00 (2015.01)	B22C 1/08 A	

審査請求 未請求 請求項の数 28 O L 外国語出願 (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2015-84080 (P2015-84080)
 (22) 出願日 平成27年4月16日 (2015.4.16)
 (31) 優先権主張番号 61/995901
 (32) 優先日 平成26年4月24日 (2014.4.24)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 505243272
 ハウメット コーポレイション
 Howmet Corporation
 アメリカ合衆国 49461 ミシガン,
 ホワイトホール, ホワイト レイク ドラ
 イブ 3850
 (74) 代理人 110001438
 特許業務法人 丸山国際特許事務所
 (72) 発明者 グレゴリー アール. フランク
 アメリカ合衆国 37814 テネシー,
 モリスタウン, ファウラー ドライブ 4
 896
 Fターム(参考) 4E092 AA01 AA04 BA13
 4E093 QA01 QB08

(54) 【発明の名称】 アディティブマニファクチャリングにより作られた鋳造用セラミックコア

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 鋳造用セラミックコアを製造する方法を提供する。

【解決手段】 アディティブマニファクチャリングを使用することにより、鋳造される熔融金属又は合金との化学反応性の小さいコア本体外側表面層を含む3D鋳造用セラミックコアを形成するもので、セラミックコア本体12及びコア本体外側層14は各々が、3Dプリンティング等のアディティブマニファクチャリングプロセスによって鋳造用セラミックコアの造形方向に積層された構造を含んでいる。

【選択図】 図2

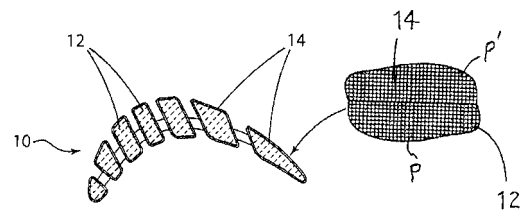


Fig. 2

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

セラミック粒子からなるコア本体と、該コア本体の上に設けられ、コア本体とは異なるセラミック粒子材料からなり、鑄造される溶融金属又は溶融合金に対する反応性が小さいコア外側層とを具える鑄造用セラミックコアであって、前記コア本体及び前記コア外側層の各々は、夫々のセラミック粒子材料が 3D プリンティングプロセスにより作製された積層構造を有している、鑄造用セラミックコア。

【請求項 2】

コア外側層の厚さは、コア本体の位置によって異なる、請求項 1 の鑄造用セラミックコア。

10

【請求項 3】

コア外側層は、複数の層を含み、少なくとも 1 つの副層は消失性粒子材料を含んでいる、請求項 1 の鑄造用セラミックコア。

【請求項 4】

コア外側層は、複数の層を含み、最も外側の副層は、前記最も外側の副層の下の副層よりも剛性が大きい、請求項 1 の鑄造用セラミックコア。

【請求項 5】

コア本体は、浸出剤が通るチャンネルを含んでいる、請求項 1 の鑄造用セラミックコア。

【請求項 6】

コア外側層は、希土類酸化物を含んでいる、請求項 1 の鑄造用セラミックコア。

20

【請求項 7】

希土類酸化物はイットリアである、請求項 6 の鑄造用セラミックコア。

【請求項 8】

コア本体は、シリカ、アルミナ、ムライト、ジルコン又はこれらの 2 種以上の組合せを含んでいる、請求項 1 の鑄造用セラミックコア。

【請求項 9】

コア外側層は、その厚さ方向で組成が変化して傾斜するセラミック組成物を有している、請求項 1 の鑄造用セラミックコア。

【請求項 10】

積層構造は硬化されたバインダーを含んでいる、請求項 1 の鑄造用セラミックコア。

30

【請求項 11】

3D プリンティングにより作製された鑄造用セラミックコアであって、金属酸化物を含むセラミック粉末からなるセラミックコア本体と、鑄造される溶融金属又は合金に対する反応性が小さい希土類酸化物粉末からなるコア外側層とを具え、前記コア本体及び前記コア外側層の各々は、夫々のセラミック粒子材料が 3D プリンティングプロセスにより作製された積層構造を有している、鑄造用セラミックコア。

【請求項 12】

積層構造は硬化されたバインダーを含んでいる、請求項 11 の鑄造用セラミックコア。

【請求項 13】

金属酸化物は、シリカ、アルミナ、ムライト及びジルコンのうちの少なくとも 1 種を含んでいる、請求項 11 の鑄造用セラミックコア。

40

【請求項 14】

コア外側層の厚さは、コア本体の位置によって異なる、請求項 11 の鑄造用セラミックコア。

【請求項 15】

コア外側層は、複数の層を含み、少なくとも 1 つの副層は消失性粒子材料を含んでいる、請求項 11 の鑄造用セラミックコア。

【請求項 16】

コア外側層は、複数の層を含み、最も外側の副層は、前記最も外側の副層の下の副層よ

50

りも剛性が大きい、請求項 11 の鑄造用セラミックコア。

【請求項 17】

コア本体は、浸出剤が通るチャンネルを含んでいる、請求項 11 の鑄造用セラミックコア。

【請求項 18】

コア外側層は、組成が傾斜するセラミック組成物を有している、請求項 11 の鑄造用セラミックコア。

【請求項 19】

鑄造用セラミックコアを製造する方法であって、第 1 セラミック粒子材料を支持体の上に積層するように堆積して 3D コア本体を形成し、第 1 セラミック粒子材料とは異なるセラミック粒子材料であって、鑄造される溶融金属又は合金に対する反応性が小さい第 2 セラミック粒子材料を支持体の上に積層するように堆積して 3D コア本体外側層を形成することを含む、方法。

10

【請求項 20】

支持体に堆積する前に、第 1 セラミック粒子材料を、流動性及び硬化性のバインダーと混合することを含んでいる、請求項 19 の方法。

【請求項 21】

トレイに堆積する前に、第 2 セラミック粒子材料を、流動性及び硬化性のバインダーと混合することを含んでいる、請求項 19 の方法。

【請求項 22】

第 3 消失性粒子材料が、第 1 セラミック材料及び / 又は第 2 セラミック材料と混合され、支持体に堆積するために用いられる、請求項 19 の方法。

20

【請求項 23】

第 1 セラミック粒子材料は、UV 硬化性バインダーと共に堆積され、第 2 セラミック粒子材料は UV 硬化性バインダーと共に堆積される、請求項 19 の方法。

【請求項 24】

第 1 セラミック粒子材料及び第 2 セラミック粒子材料は、支持体の上にて、ノズルを有するカセットの通過経路で堆積され、UV 硬化性バインダーは、支持体の上にて、カセットの反対方向の通過経路で硬化される、請求項 19 の方法。

【請求項 25】

第 2 セラミック粒子材料が堆積され、位置によって厚さが異なるコア本体層が形成される、請求項 19 の方法。

30

【請求項 26】

第 1 セラミック粒子材料は、シリカ、アルミナ、ムライト及びジルコンのうちの少なくとも 1 種を含んでいる、請求項 19 の方法。

【請求項 27】

第 2 セラミック粒子は、希土類酸化物を含む、請求項 19 の方法。

【請求項 28】

鑄造用セラミックコアは、その周囲の溶融金属又は溶融合金に耐えられる強度、並びに必要な他の物理的及び化学的特性付与するために焼成される、請求項 19 の方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば、内部が冷却されたガスタービンエンジンのエアフォイル部品 (airfoil components) 又は他の部品等の中空物品を製造するための金属又は合金の鑄造に関するもので、アディティブマニファクチャリング (additive manufacturing (AM)) によって作られ、コア外部層が鑄造される溶融金属又は合金との化学反応性が低い鑄造用セラミックコアを用いて鑄造を行なうものである。

【背景技術】

【0002】

50

多くのインベストメント鑄造合金に含まれる元素は、シリカ基セラミックコア材料とまでいなくても少なくともアルミナ基セラミックコア材料の鑄造温度では、熱化学的に反応する傾向がある。これらの元素として、限定するものではないが、Ti、Hf、Al、Y、La、Cr、Mgが挙げられる。

【0003】

コア/金属の熱化学反応は、何十年も前に超合金に反応性元素を添加することが行われて以来、そして、チタン及びチタン合金の鑄造が行われて以来ずっと、インベストメント鑄造産業にとって厄介な問題であった。コア/金属の界面で反応が皆無か又は殆んど起こらずに鑄造部品(cast components)を作り出す能力は、顧客の部品計画を達成する上で重要である。この熱化学反応を軽減することにより、部品の使用中における部品寿命が拡大し、及び/又は、生産品の不良発生可能性が最少にできるので、鑄造の全体品質が向上する。

10

【0004】

従来の方法では、コアの外面に適当な厚さ及び適当な付着力を有する「非反応性(non-reactive)」のセラミック酸化物材料を設けることによって反応を最小限に抑えていた。これにより、鑄造部品は、元の設備製造者の設計及び金属学的意図に適合させることができる。歴史的にみると、最も効果的な非反応性セラミックバリアコーティングは、希土類酸化物(又はその化合物)に基づいている。よく使用されている希土類材料の一例として、「酸化イットリウム(イットリア)」がある。しかしながら、溶融イットリアの市場価格は1ポンド当たり100USドルであり、シリカが1ポンド当たり0.50USドルであるのと比べると、イットリアから一体コアを製造することはコストが非常に高い。また、どんな希土類酸化物材料又はその酸化物系化合物であっても、生成されたコアに認識可能な濃度で含まれると、浸出特性(leachability characteristics)が劣るから、インベストメント鑄造で一般的に用いられている腐食性浸出溶液に曝されると、鑄造製品から除去することが困難であった。セラミックコアに反応バリアコーティングを施すための処理技術として、限定するものではないが、例えば、ハウメット社の米国特許第4703806号に記載されているスラリーディップ法、スラリースプレー法、物理気相成長法(PVD)及び化学気相成長法(CVD)がある。これらの堆積技術は、視線(line-of-sight)の制限及びその他の処理ファクターによって阻害されることがあり、この場合、コーティング堆積厚さが不均一になり、反応軽減に矛盾する結果となる。

20

30

【0005】

従来セラミックコア成形技術として、限定するものではないが、射出成形、トランスファー成形、注湯(poured process)(スラリーベース)法がある。ラビッドプロトタイプングの分野で比較的最近に開発された技術として、アディティブマニュファクチャリング技術があり、コンピュータベースの電子モデルから最終的に三次元物体に到るまで、物品は逐次的層(sequential layers)に作られることができる。このアディティブマニュファクチャリングは、米国試験材料協会(ASTM)において、「従来の機械加工や鑄造等のサブトラクティブマニュファクチャリング(subtractive manufacturing)法とは異なり、3Dモデルデータから通常は層の上に層を重ねて物体を作製するための材料接合方法」と定義されている。アディティブマニュファクチャリングプロセスでは、作られる部品のモデル(例えば、設計電子モデル)は、あらゆる適当な方法で画定されることができる。例えば、モデルは、コンピュータ支援設計(CAD)ソフトウェアを用いて設計されることができる。外表面及び内表面を含む部品のモデルはその全体構成の3D数値座標を含むことができる。モデルは、3D部品を形成する複数の二次元スライスを含むこともできる。アディティブマニュファクチャリングの例として、限定するものではないが、3Dプリンティング、直接堆積(direct deposition)、ステレオリソグラフィ(SLA)、液体媒体が精密ペンチップで分配される直接書込み(マイクロペン堆積)、レーザーを用いて粉末媒体を正確に制御された位置に焼結する選択的レーザー焼結(SLS)が挙げられる。3Dプリンティングは、固体自由形状マニュファクチャリング、自由形状マニュファクチャリング及びラビッドマニュファクチャリングとしても定義される。アディティブマニュファクチャリン

40

50

グは、製造のフレキシビリティを大きく拡大し、従来の製造プロセスと比べて、スタートアップの全体費用を大いに低減し(面倒な工具の段取りが必要でない)、市場に出るまでの時間(time to market)を大いに低減することができる。

【発明の概要】

【0006】

<発明の要旨>

本発明は、アディティブマニュファクチャリング法により鑄造用セラミックコアを作製する方法を提供するものである。作製された鑄造用セラミックコアは、鑄造される熔融金属又は合金との化学反応性が低減されたコア本体外側層を含み、アディティブマニュファクチャリングプロセスにより作製されたセラミック本体及びコア本体外側層の各々は、鑄造用セラミックコアの造形方向に、粒子層が重ねられた構造を有している。本発明の例示的実施態様において、3Dプリンターで作製された傾斜機能(functionally graded)を有する鑄造用セラミックコアを提供するもので、該セラミックコアは、セラミック粒子のコア本体(core body)と、鑄造される熔融金属又は合金に対する反応性を低減するために前記コア本体の上に形成され、コア本体とは異なるセラミック粒子材料からなるコア本体外側層(outer core body layer)とを有している。コア本体とコア本体外側層は両方とも、3Dプリンティング等のアディティブマニュファクチャリング法により作製され、コアの造形方向(build direction)に夫々のセラミック粒子が積層された構造(layer-on-layer structure)が形成される。ここで、造形方向とは、アディティブマニュファクチャリング工程中に、セラミック粒子材料の層が順次重ねられていく方向のことである。

10

20

【0007】

本発明はアディティブマニュファクチャリング技術を用いて実施され、コア本体外側層(外周)はバルクコア本体から独立してセラミック粒子(例えばセラミック粉末)材料から正確に形成されることができる。例えば、セラミックコア本体の外側層は、バルクコア本体の化学的性質及び/又は粒子サイズに対して選択的に非反応性である酸化物基粒子状材料から構成されることができる。コア本体外側層は、例えば、熔融又は焼成されたイットリア粉末から構成されることができる。一方、内側のコア本体は、より安価で、浸出性の大きい粉末材料(シリカ、アルミナ、ムライト、ジルコンの他、インベストメント鑄造分野で一般的に用いられている他の酸化物粉末)から構成されることができる。コア本体外側層及び内側コア本体の多孔性(porosity)についても、消失性粒子材料(fugitive particulate material)をセラミック粒子材料に加えることにより、独立して決定及び制御されることができる。非反応性のコア本体外側層は、用いる合金の厚さ又は時間温度鑄造条件の変動に対応して、具体的なセラミックコアの設計範囲内で様々な厚さに作られることができるし、また、セラミックコアの形状に対応する厚さに作られることもできる。さらに、アディティブマニュファクチャリングは、セラミックコアの内部に浸出性を高めるチャンネル又は空間を設けることができ、その設ける位置は、浸出性の小さい周囲層の厚肉領域に隣接する位置である。

30

【0008】

本発明の実施により、セラミックコアの製作中にコアの横断面内に、異なる化学的及び/又は物理的形態(例えば、多孔性/浸出性付与用アクセスチャンネル)の「ゾーン」を正確な位置に優先的に作成することができる。本発明に係る鑄造用セラミックコアは、非反応性の外部層がセラミックコアに設けられており、反応が最小限に抑えられるか又は全く起こることなく金属又は合金の鑄造部品を作るのに用いられることができる。この層は、鑄造工程中に最も反応を受けやすいセラミックコアの必要な周囲領域の正確な位置に必要な厚さに作られるだけでよい。

40

【0009】

本発明の他の利点は、添付の図面及び以下の詳細な説明から容易に理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0010】

50

【図1】図1は、例示的な鑄造用セラミックコアの斜視図である。

【0011】

【図2】図2は、本発明の一実施態様に係るセラミックコアのエアfoil領域の横断面図であり、内側コア本体と、鑄造される熔融金属又は合金との反応性が少ないコア外側層とを示しており、コア本体とコア本体外側層は粒子が積層された構造である。図2は、粒子層が積層された構造を模式的に示しており、これは、コア本体及びコア本体外側層を3Dプリンティングすることによって形成されたものである。

【0012】

【図2A】図2Aは、内部に焼成されたセラミックコアを有するセラミックインベストメントシェルモールドの中に鑄造され凝固したエアfoil超合金部品Cを示している。

10

【0013】

【図3】図3は、本発明の他の実施態様に係る鑄造用セラミックコア及びセラミックコアを用いて形成された鑄造部品の概略斜視断面図であり、コア本体外側層は局部的熱負荷に適合するように局部的に厚さが異なるように調整され、セラミックコア本体は浸出剤(leachant)が通るチャンネルを有している。

【0014】

【図4】図4は、複数の層を有するコア本体外側層を示しており、黒点で示される多孔性形成材料を含む1つの副層を有している。

【0015】

【図5】図5は、3Dプリンターの概略斜視図であり、3Dプリンターは、セラミック粉末とUV硬化性バインダーの混合物を造形用トレイ又は支持体に堆積させるための複数のノズル(図示では2つ)を有するカセット(プリンターヘッド)を含んでいる。

20

【発明を実施するための形態】

【0016】

< 発明の詳細な説明 >

本発明の幾つかの実施態様を参照して本発明を以下に説明するが、実施態様は本発明の例示であって限定するものではない。実施態様の1つは、例えば、冷却空気用の1又は複数の内部通路を有するベンプレードのような中空のガスタービンエンジンエアfoil部品を作製することである。そのようなエアfoil部品は、典型的には、インベストメント鑄造によって形成され、鑄造用セラミックコアがインベストメント鑄造用セラミックシェルモールドの中に配置され、熔融した金属又は合金がモールドに導入され、所望される内部通路を画定するセラミックコアの周りで凝固する。インベストメント鑄造で製造されるニッケル又はコバルト系超合金エアfoil部品に「反応性」の成分(例えば、Ti、Hf、Al、Y、La、Cr、Mg等)が含まれるとき、コア本体の外側層は、用いられる特定の鑄造条件(例えば、金属又は合金の化学反応、モールドに導入されたときの熔融金属又は合金の過熱、凝固時間等)の下で鑄造される金属又は合金との反応を低減するために又は実質的に無くすることができるようにするために、生成するギブズ自由エネルギー(酸素1モルあたり)が比較的高い酸化物系材料を含むことが好ましい。米国特許第4703806号に記載されているように、コア/金属の「酸化物ベース」の反応をできるだけ少なく抑えるために、一例として、好ましくはイットリア(Y_2O_3)等の希土類系酸化物のコア層が有利である。また、鑄造部品に比較的脆いアルファケース(alpha case)が生成されることが問題となるチタン金属及びチタン合金のインベストメント鑄造に対しても同様に有利である。アルファケースの厚さは約0.005インチ~0.050インチであり、この厚さは、具体的な鑄造工程及び鑄造される部品の具体的な形状に依存する。アルファケースは、化学研削(chemical milling)により除去されるが、これは製造コスト及びリードタイムを増加し、寸法精度の点でも大きな問題を含んでいる。化学研削を行なう場合、寸法的に正確な鑄造を達成するために、各鑄造部品に合わせて面倒な工具の段取り(hard tooling)を考慮せねばならない。アルファケースの厚さは、鑄造条件及び鑄造形状に応じて、通常は鑄造の表面に沿って変動するので、寸法変化に関して大きな問題を生じる。

30

40

【0017】

50

図1～図5を参照すると、アディティブマニファクチャリング法を用いて傾斜機能を有する鑄造用セラミックコアを作製する本発明の方法を示しており、鑄造用セラミックコア(10)は、セラミック粒子材料Pからなる内側コア本体(12)と、セラミックインベストメントシェルモールドMの中で鑄造される溶融金属又は合金との化学反応性が低減されるように前記コア本体(12)とは異なるセラミック粒子材料P'から作られたコア本体外側層(14)とを含んでいる。コア本体(12)とコア本体外側層(14)は両方とも、3Dプリンティング等のアディティブマニファクチャリング法により、夫々のセラミック粒子(例えば、セラミック粉末)が、作製されるコア(10)の造形方向に積層して形成される。ここで、造形方向とは、アディティブマニファクチャリング工程中に、セラミック粒子材料の層が重ねられていく方向のことである(図5の矢印Zを参照)。コア本体外側層(14)は、コア本体の上に実質的に均一な厚さを有することができるし、又は用いられる金属又は合金の厚さ変化、即ち、鑄造部品(例えば、図3を参照)の位置及び/又は鑄造用セラミックコアの位置によって長時間高温になる鑄造の時間温度条件を考慮して厚さを変化させることもできる。

10

【0018】

図1、2及び2Aに示された本発明の例示的实施態様において、3Dプリンティングされた鑄造用セラミックコア(10)は、例えば、冷却空気用の1又は複数の内部通路を有するベーンブレードのような中空のガスタービンエンジンエアfoil部品の鑄造に用いられ、鑄造用セラミックコア(10)は、当該分野で広く知られているように、鑄造された超合金部品から選択的に除去されると、内部冷却空気通路を形成する。セラミックコア(10)は、鑄造部品(10)の中に所望の冷却空気通路を形成するために選択される形状を含んでいる。鑄造用セラミックコア(10)は、当該分野で広く知られているように、鑄造部品の中に複数の内壁、ペDESTAL又は他の金属若しくは合金の内側構造を形成するために、細長いスロット又は開口(20)を含むことができる。例えば、スルースロット又は開口(20)には、図2Aに示されるように、溶融された超合金が鑄造中に充填され、鑄造されたエアfoil部品Cに内壁Wが形成される。内壁は、コアが鑄造エアfoil部品から除去されると、隣接するコア領域によって形成された冷却空気通路を分離する。このようにして、複数壁を有し、内部が冷却されるガスタービンのエアfoil部品が生成される。

20

【0019】

鑄造用セラミックコア(10)は、セラミックコア本体(12)と、鑄造される超合金溶湯との化学反応性が低減されるように前記コア本体(12)とは異なるセラミック材料から作られ、前記コア本体(12)の上に形成されたコア本体外側層(14)とを含んでいる。コア本体(12)とコア本体外側層(14)は両方ともアディティブマニファクチャリング法により作製され、夫々のセラミック粒子が、作製されるコアの造形方向に積層して形成される。図2Aは、内部に焼成されたセラミックコア(10)を有するインベストメント鑄造用セラミックシェルモールドMの中で鑄造され凝固した超合金エアfoil部品Cを示しており、これについては後で説明する。

30

【0020】

コア本体外側層(14)は、例えば、図4に示されるようにコア本体外側層(14)とコア本体(12)との間に配備された中間層(15)の如き副層を1又は複数層含むことができる。この副層を設けるのは、コア本体外側層からコア本体との間の焼結特性を向上させることと、コアの焼成サイクルからの冷却中又は合金鑄造工程中に、コア本体(12)とコア本体外側層(14)との熱膨張差のミスマッチに起因して外側層(14)がコア本体(12)から分離/破砕するのを防止するために前記熱膨張差を調整するためである。この目的を達成するために、中間層(15)は、コア本体外側層(14)を形成するのに用いられるセラミック粒子材料とコア本体(12)を形成するのに用いられるセラミック粒子材料との混合物から形成することができる。層間の適当な焼結性を促進し、コア本体から外側層の層分離/破砕に到る熱膨張差の発生を最小限にするために、成分が傾斜した2以上の副層を設けることもできる。

40

【0021】

さらに、コア本体(12)及び/又は中間の副層(15)の多孔性を、コアの焼成サイクル後の

50

コア本体外側層(14)よりも増大させるために、コア本体(12)及び/又は中間の副層(15)は、消失性粒子材料(図4に黒点として示されている)を含むことができる。消失性粒子材料(例えば、グラファイト粒子)(18)は、熱分解によって選択的に除去され、これによって、コア本体(12)及び/又は副層(15)の多孔性は残される。傾斜層間の適当な焼結性を促進し、層分離/破碎に到る層間の熱膨張の不均一を軽減するために、2以上の副層を設けることもできる。

【0022】

本発明はまた、セラミックコア(10)を鋳造部品から容易に除去できるようにするために、上にあるコア本体外側層(14)よりも剛性が小さくなるための構造、多孔性及び/又は組成を有する1又は複数の副層(15)を設けることができる。例えば、中間層(15)は、セラミックコア(10)が鋳造金属又は合金部品から容易に除去できるように、より容易に破碎可能となるように作られることができる。

10

【0023】

図3は、本発明に係る鋳造用セラミックコア(10)の他の例示的实施態様を示しており、本発明は、金属又は合金部品がコアを用いて鋳造され凝固した後、浸出剤がセラミックコア(10)の内側に容易に達することができるように、浸出剤が通るチャンネル(23a)(23b)をコア本体(12)に設けるものである。浸出剤が通るこれらのチャンネルは、コア本体(12)の位置によって異なるコア本体(12)の厚さに適合させるために、様々な形態で設けられることができる。例えば、図3において、浸出剤の主通路(23a)はコア本体の中を軸方向に延在し、浸出剤の径方向通路(23b)は、コア本体外側層(14)の厚肉部にて径方向外向きに延在している。図示の径方向通路(23b)は、主通路に沿った異なる軸方向の位置にて、主通路(23a)の周方向に、間隔をあけて設けられているが、本発明の実施に際しては他のあらゆる形態を用いることもできる。

20

【0024】

図3において、コア本体外側層(14)は、例えばコア領域R等のように、セラミックコア(10)の異なる位置で異なる厚さを有している。例えば、図示のコア本体外側層(14)のコア領域Rでの厚さは、コア(10)に隣接する鋳造部品Cの異なる位置CRにおける金属又は合金の厚肉部に対応して変化する。さらにまた、セラミックコアの鋳造が長時間に亘って高温のより過酷な時間温度条件で行われる位置では、コア本体外側層(14)の肉厚を厚くすることもできる。コア本体外側層(14)の厚さは、例えば約0.005インチ~0.100インチであり、この厚さは、鋳造される金属又は合金部品の肉厚変化によって生じる局部的熱負荷に依存する。

30

【0025】

セラミックコア(10)を、図5を参照して以下に説明する3Dプリンティング等のアディティブマニュファクチャリングによって作製する際、用いられるセラミック粒子材料は、典型的には粉末形態である。好ましい粒子形態は、略球状のセラミック粉末である。例示であって限定するものでないが、例えばエアフォイル部品の如きニッケル又はコバルト基超合金部品の鋳造において、コア本体外側層(14)を形成するのに希土類含有粉末(酸化物又は他の化合物)を本発明の実施に用いられることができるが、本発明の実施は、「プリント」されることができる粒子サイズの球状又は非球状粒子であればどんなセラミック粒子材料でも用いることができる。好ましい希土類酸化物はイットリアである。イットリアは、あらゆる酸化物材料の中で酸素1モル当たりのギブズ自由エネルギーが最も大きい。焼成若しくは溶融グレードの希土類酸化物(イットリア等)又は希土類酸化物含有化合物(非酸化物)のどちらでも用いられることができる。コア本体外側層(14)を形成するセラミック粉末の一般的な粒子サイズ(例えば、直径)は約1~約75ミクロンである。セラミック粒子材料の粒子サイズは、通常、鋳造用セラミックコア(10)を形成するために堆積される追加層の厚さに応じて選択される。例えば、セラミック粒子は、主要寸法(例えば、直径)が堆積される各追加層の厚さよりも一般的に小さくなるように選択される。小さなセラミック粒子を用いることにより、小寸法で精度の良いセラミックコアが、アディティブマニュファクチャリング工程によって堆積され積層されることできる。

40

50

【0026】

コア本体外側層(14)は化学的反応性が小さくなるように選択されるのに対し、内側のコア本体(12)は、低コストで、容易に浸出可能なバルクコア本体セラミック粒子材料を用いて、3Dプリンティングによって形成されることができる。例示であって限定するものではないが、例えば、中空エアフォイル部品の如きニッケル又はコバルト基超合金部品の鑄造に際しては、シリカ粉末、アルミナ粉末、ジルコン粉末、ムライト粉末、及びこれら2種以上の複合粉末を3Dプリンティングすることによりコア本体(12)を形成することができる。球状コア本体粉末の粒子サイズ(直径)は典型的には約1~約75ミクロンであるが、本発明の実施に際しては、「プリント」されることができる粒子サイズの球状又は非球状粒子であれば、適当なあらゆるセラミック粒子材料を用いて行なうことができる。前述したように、セラミック粒子材料の粒子サイズは、鑄造用セラミックコア(10)を形成するために堆積される追加層の厚さに応じて選択される。例えば、セラミック粒子の主要寸法(例えば、直径)は、堆積される各追加層の厚さよりも一般的に小さいものが選択される。小さいセラミック粒子をアディティブマニファクチャリングすることにより、小寸法で精度の良いセラミックコアの堆積及び積層が可能となる。

10

【0027】

鑄造用セラミックコア(10)がアディティブマニファクチャリング法によって形成された後、硬化性バインダー(例えば、フォトポリマーバインダー)がセラミック粉末材料と共に用いられ、アディティブマニファクチャリング工程中に硬化していなかった場合、形成されたセラミックコア(10)は硬化プロセスに付すことができる。しかしながら、好ましくは、コア本体(12)及び外側層(14)のセラミック粒子材料は、UV硬化性(フォトポリマー)流動性バインダーとの混合物の中に堆積され、アディティブマニファクチャリング工程中に硬化されることが好ましい。

20

【0028】

セラミックコア(10)は、次に、焼成又は焼結ステップが行われ、コア本体(12)及びコア本体外側層(14)を作るのに用いられたセラミック粒子材料によって決められる高温及び時間の条件で加熱されて、バインダーが除去される。そして、インベストメント鑄造用シェルモールドMの中の焼成鑄造用セラミックコアの周りに熔融金属又は合金が導入される鑄造作業に耐えられるように高められたコア強度並びにその他の焼成された物理的及び化学的特性が付与される。例えば、コア本体(12)がシリカ基セラミック粉末を含み、コア外側層(14)が前述したイットリアを含むセラミックコアを用いてニッケル又はコバルト基超合金の鑄造を行なう場合、適当なコア強度並びにその他の焼成された物理的及び化学的特性を確保するための焼結温度は2000~2800°F、加熱時間は約80時間以下である。

30

【0029】

例示であって限定するものではないが、図2Aは、鑄造エアフォイル超合金部品Cの断面を示しており、前記部品Cは、セラミック鑄造用シェルモールドMの中にあり、焼成された鑄造用セラミックコア(10)は前記モールドの中にある。エアフォイル超合金部品Cが鑄造され凝固した後、インベストメント鑄造シェルモールドM及び焼成された鑄造用セラミックコア(10)は、当業者に広く知られている方法で除去される。これは、本発明の一部を構成しない。

40

【0030】

前述した鑄造用セラミックコア(10)は、デザイン電子モデル等のセラミックコアのモデルを用いて、あらゆる適当なアディティブマニファクチャリングプロセスにより、あらゆる適当な方法に基づいて形成されることができる。アディティブマニファクチャリング法では、異なるセラミック粒子材料の層を堆積することにより、コア本体(12)及びコア本体外側層(14)を形成することができる。部品のモデルは、コンピュータ支援設計(CAD)ソフトウェアを用いて設計されることができる。モデルは、外表面及び内表面の両表面を含む部品の全体構成である3D数値座標を含んでいる。モデルは、3D部品を形成する複数の二次元スライスを含むこともできる。

50

【0031】

図5は、本発明を実施するのに用いられる望ましいアディティブマニファクチャリング法の例として、直接書込み(3Dプリンティング)を示しており、異なるセラミック粒子の層が支持体又はトレイ(50)の上に堆積され、低コストで、容易に浸出可能なセラミック粒子材料を含むコア本体(12)と、略非反応性のセラミックバリア層(14)を含むコア本体外側層(14)とが形成される。コア本体(12)及びコア本体外側層(14)のセラミック粒子材料は、アディティブマニファクチャリング工程中に硬化する、低密度で低表面張力のUV硬化性(フォトポリマー)流動性バインダーと混合された状態で堆積される。セラミック粉末と硬化性バインダーとの混合は様々な混合技術を用いて行なうことができる。その混合技術として、限定するものではないが、例えばプラネタリー混合(例えば、Charles Ross & Son, Hauppauge, NY 製造によるDPMミキサー)により、3Dプリントが可能な流動性組成物が得られる。例えば、この直接書込み工程では、複数のノズル(例えば、2以上のノズル)を有するカセット(52)が配備される。鑄造用セラミックコア(10)を作製するために、ノズル(54)の1つはコントローラ(62)を通じてコンピュータ制御され、高浸出性及び低コストのセラミック粒子材料と低粘度及び低表面張力のUV硬化性バインダーとの混合物が、コア本体(12)の所望される2D形状の層として堆積(スプレー)される。また、他方のノズルは、コントローラ(62)を通じてコンピュータ制御されており、カセット(52)がキャリッジ(60)(一部が図示されている)上を、スタート位置(例えば、トレイ(50)の左側の位置)から最終位置(例えば、トレイ(50)の右側の位置)へ横方向移動すると、実質的に非反応性のセラミック粒子材料(例えば、イットリア粉末)と低粘度及び低表面張力のUV硬化性バインダーとの混合物が、コア本体外側層(14)の所望される2D形状の層として堆積される。セラミック粉末とUV硬化性バインダーとの混合物は、カセット(52)上のコンパートメントS1、S2から供給されることができ、或いは外部混合物貯蔵タンクから供給導管を通じて直接供給されることもできる。図5において、トレイ(50)上に示された堆積されたばかりの粉末/バインダー層は、カセット(52)が横方向に移動してスタート位置に戻ると、キャリッジ(60)に配備されたUVランプLによって硬化される。UVランプの具体的波長は、用いられるUV硬化性バインダーに基づいて選択される。トレイ(50)は所定寸法ずつ垂直造形方向Zに下降できるようになっており、トレイ(50)を所定寸法下降させて、コア本体及び外側層の堆積/硬化されたばかりの粉末/バインダー層の上面に、次の粉末/バインダー層が堆積される。このように層の上に層を重ねるプロセスが繰り返され、トレイ(50)の上に前述した鑄造用セラミックコアが形成される。直接書込みプリンティング法は、例えば、Pro-Jet(登録商標) Model 5500X プリンター(3D Systems, Rock Hill, South Carolina)又はStratasys model Connex 350プリンター(Stratasys, Ltd, Eden Prairie, Minnesota)等の直接書込3Dプリンターを用いて行なうことができるが、これらは例示であって、限定するものではない。Pro-Jet Model 5500X プリンターに適したUV硬化性フォトポリマーバインダーとして、3D Systemsが販売しているVisiJet CR-CL、VisiJet CR-WT及びVisiJet CF-BKを挙げることができるが、これらに限定されない。Stratasys model Connex 350プリンターに適したUV硬化性フォトポリマーバインダーとして、Stratasys, Ltdが販売しているRGD450及びRGD525を挙げることができるが、これらに限定されない。

【0032】

本発明は、アディティブマニファクチャリング技術を用いることに利点があり、セラミック粒子材料からコア本体外側層をバルクコア本体から独立して正確に形成することができる。例えば、コア本体外側層は、バルクコア本体の化学的性質及び/又は粒子サイズに対して選択的に非反応性であるセラミック粒子状材料から構成されることができ、コア本体外側層及び内側コア本体について得られる多孔性は、消失性粒子材料をセラミック粒子材料に加えることにより、独立して決定され制御されることができ、非反応性のコア本体外側層は、用いる合金の厚さ又は時間温度鑄造条件の変動に対応して、特定の単一セラミックコアの設計範囲内で様々な厚さに作られることができ、また、セラミックコアの形状に対応する厚さに作られることもできる。さらに、アディティブマニファク

チャリングは、セラミックコアの内部で浸出性の少ない周囲層の厚肉領域に隣接する位置に浸出性を向上させるためのチャンネル又は空間を設けることができる。

【0033】

本発明はまた、アディティブマニファクチャリングを、セラミックコアに非反応性の外部層を設けることによって反応が最小限に抑えられるか又は全く起こることなく金属又は合金の鑄造部品を作ることができる手段として提供することに利点がある。この層は、鑄造工程中に最も反応を受け易いセラミックコアの周囲領域の正確な位置に必要な厚さに作られさえすればよく、鑄造エアフォイル部品等の鑄造ガスタービンエンジン部品又は他のあらゆる鑄造部品を、少ない反応で又は反応が全く起こることなく製造することができる。

10

【0034】

本発明について、特定の実施形態に基づいて説明したが、当業者であれば、特許請求の範囲に記載された発明の範囲内で変形及び改変を行なうことができることは認識されるであろう。

【図1】

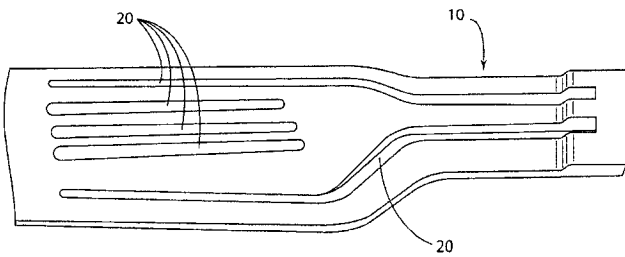


Fig. 1

【図2A】

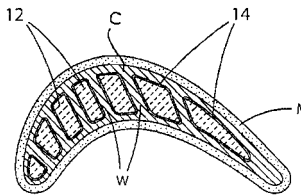


Fig. 2A

【図2】

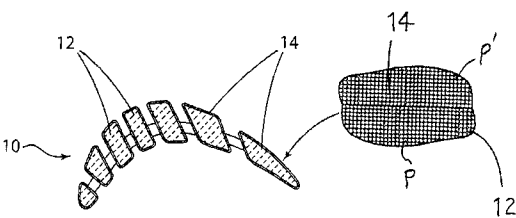


Fig. 2

【図3】

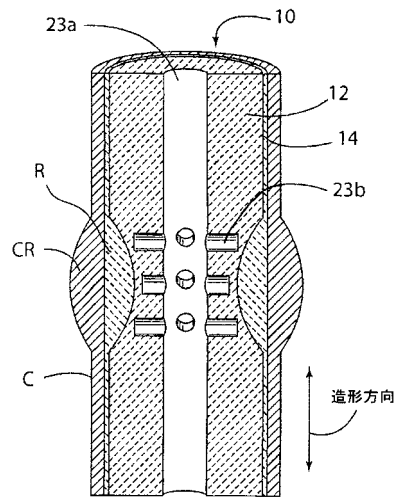


Fig. 3

【 図 4 】

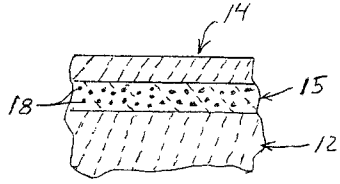
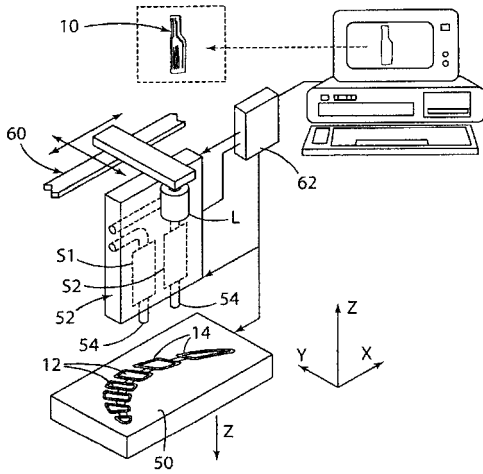


Fig.4

【 図 5 】

Fig.5



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード(参考)

B 3 3 Y 80/00

B 3 3 Y 10/00

【外国語明細書】

2015226935000001.pdf