

(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2017-187027

(P2017-187027A)

(43) 公開日 平成29年10月12日 (2017. 10. 12)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO1D 5/14 (2006.01)	FO1D 5/14	3G202
FO2C 7/00 (2006.01)	FO2C 7/00	D
FO1D 25/00 (2006.01)	FO2C 7/00	C
	FO1D 25/00	L
	FO1D 25/00	X
審査請求 有 請求項の数 20 O L 外国語出願 (全 15 頁)		

(21) 出願番号 特願2017-60340 (P2017-60340)
 (22) 出願日 平成29年3月27日 (2017. 3. 27)
 (31) 優先権主張番号 15/091, 339
 (32) 優先日 平成28年4月5日 (2016. 4. 5)
 (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・カンパニー
 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】 高気孔率材料及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、1～30%の第1の気孔率を有する第1の領域を備えるセラミック又は金属部品に関する。

【解決手段】 本部品は、第1の気孔率よりも低い第2の気孔率を有する第2の領域を備える。本部品は、第1及び第2の領域間に1以上の傾斜遷移を備える。

【選択図】 図3

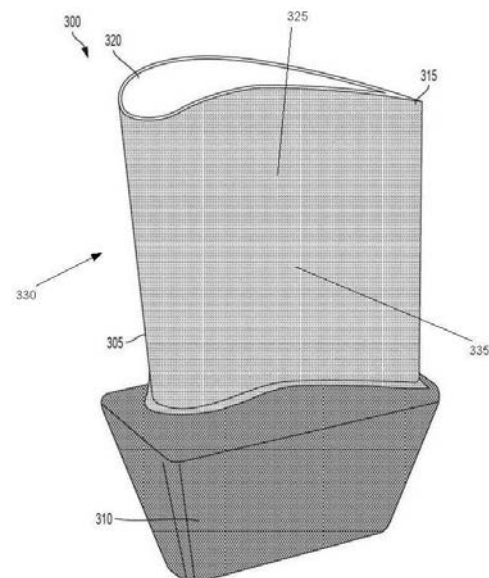


FIG. 3

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

1～30%の第1の気孔率を有する第1の領域と、第1の気孔率よりも低い第2の気孔率を有する第2の領域とを備えるセラミック又は金属部品（122）であって、第1及び第2の領域間に1以上の傾斜遷移部（325）を備える、セラミック又は金属部品（122）。

【請求項 2】

第1及び第2の領域は0.05～0.1mmの直径を有する気孔を備える、請求項1に記載の部品（122）。

【請求項 3】

傾斜遷移部（325）は段階的傾斜遷移部（325）を含む、請求項1又は請求項2に記載の部品（122）。

【請求項 4】

遷移部（325）は連続的傾斜遷移部（325）を含む、請求項1又は請求項2に記載の部品（122）。

【請求項 5】

中空部と、1～30%の気孔率を有する第1の領域と、気孔を全く有しないか、又は第1の領域よりも低い気孔率を有する第2の領域とを備える、タービンブレード（200、205、300、305）。

【請求項 6】

第1の領域はタービンブレード（200、205、300、305）のブレード部分（205、305）であり、第2の領域はタービンブレード（200、205、300、305）の根元部分（210、310）である、請求項1乃至請求項5に記載のタービンブレード（200、205、300、305）。

【請求項 7】

第1及び第2の領域は0.02～0.4mmの直径を有する気孔を備える、請求項1乃至請求項6に記載のタービンブレード（200、205、300、305）。

【請求項 8】

部品（122）を交互積層により製造するプロセスを備える多孔質部品（122）の製造方法であって、プロセスは、（a）粉末床に粉末の層を照射して、少なくとも一部溶解された領域を形成する工程と、（b）粉末床上に後続の粉末層を設ける工程と、（c）部品（122）が完成するまで工程（a）と（b）とを繰り返す工程とを備え、部品（122）は、1～30%の気孔率を有する第1の金属領域と、気孔を全く有しないか、又は第1の金属領域よりも低い気孔率を有する第2の金属領域とを備える、多孔質部品（122）の製造方法。

【請求項 9】

多孔質金属領域は5～25%の気孔率を有する、請求項8に記載の方法。

【請求項 10】

多孔質金属領域は10～20%の気孔率を有する、請求項8に記載の方法。

【請求項 11】

気孔は0.02～0.4mmの最大直径を有する、請求項1乃至請求項10のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 12】

気孔は0.05～0.3mmの最大直径を有する、請求項8乃至請求項10のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 13】

気孔は0.05～0.1mmの最大直径を有する、請求項8乃至請求項10のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 14】

中空部と、外側表面及び中空部に露出した内側表面を有し、かつ第1の気孔率をさらに

10

20

30

40

50

有する第1の領域と、第1の気孔率よりも低い第2の気孔率を有する第2の領域とを備えるタービンプレード（200、205、300、305）であって、空気は中空部の内部から第1の多孔質領域を通して流れ、外側表面を冷却している、タービンプレード（200、205、300、305）。

【請求項15】

前縁部（220、320）と、前縁部（220、320）に対向する後縁部（215、315）とをさらに備える、請求項1乃至請求項14のいずれか1項に記載のタービンプレード（200、205、300、305）。

【請求項16】

第1の領域は、前縁部（220、320）の第1のサブ領域と後縁部（215、315）の第2のサブ領域との間に1以上の傾斜遷移部（325）を備え、第2のサブ領域は、第1のサブ領域とは異なる気孔率を有する、請求項15に記載のタービンプレード（200、205、300、305）。

10

【請求項17】

正圧側面（330）と、正圧側面（330）に対向する負圧側面（335）とをさらに備える、請求項1乃至請求項16のいずれか1項に記載のタービンプレード（200、205、300、305）。

【請求項18】

第1の領域は、正圧側面（330）において第1のサブ領域と、負圧側面（335）において第2のサブ領域とを備え、第1のサブ領域は、第2のサブ領域とは異なる気孔率を有する、請求項17に記載のタービンプレード（200、205、300、305）。

20

【請求項19】

傾斜遷移部（325）は段階的傾斜遷移部（325）を含む、請求項1乃至請求項18のいずれか1項に記載のタービンプレード（200、205、300、305）。

【請求項20】

遷移部（325）は連続的傾斜遷移部（325）を含む、請求項14乃至請求項18のいずれか1項に記載のタービンプレード（200、205、300、305）。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、概して、異なる気孔率を有する多孔質金属部品及びその製造方法に関するものである。本発明の多孔質特性は、大きさ、形状、及び密度の変化を含み得る。選択的多孔質構造によって、例えばタービンプレードなどのジェット航空機エンジンの部品を、蒸発を通して冷却するのに有用な特性がもたらされる。

30

【背景技術】

【0002】

最近のエンジン及び次世代タービンエンジンの多くは、入り組んでいて複雑な形状を有する部品及び部位を要し、これによって新しいタイプの製造技術が必要とされている。エンジン部位及び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又はロストワックス鑄造における面倒なプロセスを伴うものである。インベストメント鑄造の一例としては、ガスタービンエンジンに使用する代表的な回転ブレードの製造が挙げられる。タービンプレードは通常、ブレードの翼長に沿って延在する半径方向流路を備えており、かつエンジン作動中に加圧冷却空気を受け取る少なくとも1つ以上の流入口を有する、中空の翼形部を備える。ブレードにおける種々の冷却流路の中で、蛇行流路は前縁部と後縁部との間で翼形部の中間に配置されている。翼形部は通常、ブレードを通過する、加圧冷却空気を受け取るための流入口を備えており、これらの流入口は、翼形部の加熱された側壁とブレード内部の冷却空気との間の熱伝達を促進する短いタービュレータリブ又はピンのような局所的な特徴を含んでいる。

40

【0003】

このようなタービンプレードは、通常高強度の超合金金属材料から製造され、これには

50

数多くの工程が含まれている。まず、精密セラミックコアを、タービンブレード内部に要する入り組んだ冷却流路に適合するように製造する。さらに、精密金型又は鋳型を製造し、これは翼形部と、プラットフォームと、一体型ダブテールとを含むタービンブレードの正確な3次元外面を画成している。セラミックコアを2つの金型半体内部に組み込んでおり、これらの金型半体は相互間に空間又は空隙を形成し、これにより、ブレード内に生じる金属部分を画成している。組み立てた金型内にワックスを注入して空隙を充填し、かつそこに内包されたセラミックコアを包囲する。2つの金型半体を分割し、かつ成形ワックスからこれらを取り出す。成形ワックスは所望のブレードに沿った形状となり、次いでセラミック材料をこれに塗工して、セラミックコアを包囲するセラミックシェルを形成する。その後、ワックスが溶融し、セラミックシェルと内部のセラミックコアとの間に残された空隙又は空間を残存させつつ、シェルからこれを除去する。次いで、シェルに溶融超合金金属を注ぎ込んでそこに存在する空隙を充填し、シェルに入ったセラミックコアを再度封入する。溶融金属を冷却してこれを固化させ、次いで内部の冷却流路が存在する所望の金属タービンブレードを残存させつつ、外側シェルと内部コアとを好適に取り出す。

10

【0004】

その後、鋳造されたタービンブレードは、内部に送られる冷却空気用に流出口を設けることが必要となるため、翼形部の側壁を通る適当なフィルム冷却孔の列を穿設する工程が一例として挙げられるが、これに限定されない付加的な鋳造後修正の工程を経てもよく、次いで、これによってガスタービンエンジン作動中に翼形部の外部表面上に保護作用を有する冷却空気フィルム又は冷却空気ブランケットが形成される。また、冷却流路を放電加工(EDM)、すなわち、放電によって冷却流路を形成する手法により製造することができる。しかしながら、穿設及びEDMは双方が限定的であり、タービンエンジンが絶えず複雑化しており、またタービンブレード内に設けられる特定の冷却回路に関して、その高い効率性が認識されている現状を考慮すると、より複雑で入り組んだ冷却形状に対応する要求が高まっている。インベストメント鋳造でこれらの部位を製造することができるが、製造に際し、こうした従来の製造プロセスを使用すると、冷却流路の位置精度や入り組んだ形状の複雑化が問題になる。例えば、翼形部の側壁に冷却孔を穿設すると、その孔径が最小のドリルビットの大きさに限定されてしまう。その上、この穿設によって、流路全体を通じて直径及び／又は形状に変化を付ける機能も制限される。この場合、流路は直線形状に限定されてしまう。このため、小さい流路、高い流路密度、及び直径と形状とが異なる流路を有するタービンブレードを製造することが困難となる。具体的には、上記の制限の影響を受けない高い気孔率を有するタービンブレードを製造することが困難となっている。

20

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】欧州特許第2620240号明細書

【発明の概要】

【0006】

一実施形態では、本発明は、1～30%の第1の気孔率を有する第1の領域を備えるセラミック又は金属部品に関する。本部品は、第1の気孔率よりも低い第2の気孔率を有する第2の領域を備える。本部品は、第1及び第2の領域間に1以上の傾斜遷移部を備える。

40

【0007】

本発明の一態様では、本部品は、例えばジェット航空機エンジン内のタービンブレードの一部を形成している。

【0008】

別の態様では、本発明は、1～30%の気孔率を有する第1の領域を備えるタービンブレードに関する。本タービンブレードは、気孔を全く有しないか、又は第1の領域よりも低い気孔率を有する第2の領域を備える。

50

【0009】

別の態様では、本発明は、多孔質部品の製造方法に関するものである。本方法は、部品を交互積層により製造するプロセスを備える。本プロセスは、(a) 粉末床に粉末の層を照射して、少なくとも一部溶融された領域を形成する工程と、(b) 粉末床上に後続の粉末層を設ける工程と、(c) 部品が完成するまで工程(a)と(b)とを繰り返す工程とを備え、本部品は、1～30%の気孔率を有する第1の金属領域と、気孔を全く有しないか、又は第1の金属領域よりも低い気孔率を有する第2の金属領域とを備える。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】 積層造形用の従来の装置に関する一例を示す概略図である。

10

【図2】 タービンプレードの例示的实施形態を示している。

【図3】 多孔質領域を備えるタービンプレードの例示的实施形態を示している。

【図4】 離散段階的傾斜遷移部の例示的实施形態を示している。

【図5】 連続的傾斜遷移部の例示的实施形態を示している。

【発明を実施するための形態】

【0011】

添付図面に関連して以下に記載した発明を実施するための形態は、種々の構成を説明するものとして意図され、本明細書に記載した概念を実践することができる唯一の構成を表すことを意図するものではない。発明を実施するための形態には、種々の概念に関する十分な理解をもたらす目的で、具体的な詳細事項が含まれている。しかし、これらの具体的な詳細事項なしでもこのような概念を実践できることは、当業者には明らかである。

20

【0012】

本発明の多孔質部品を、積層造形(AM)プロセスを使用して製造することができる。一般に、AMプロセスは、減法式製造法とは対照的に、1つ以上の材料を積み重ねてネット又はニア・ネット・シェイプ(NNS)の物体を製造する工程を含む。「積層造形法」は業界標準用語(ASTM F2792)であるが、AMは、自由形状製造、3次元印刷、ラピッドプロトタイピング／ツーリング等を含む、種々の名称で知られている各種製造及びプロトタイピング技術を包含している。AM技術を使用すると、多種多様の材料から複合体部品を製造することができる。一般に、自立式物体をコンピュータ支援設計(CAD)モデルから製造することができる。特定のタイプのAMプロセスでは、例えば電子ビーム又はレーザビームのような電磁放射線等のエネルギービームを使用して粉末材料を焼結又は溶融することにより、固体3次元物体を製造しており、ここで粉末材料の粒子は相互結合している。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ー、金属、及びセラミック等の種々の材料系が使用されている。レーザ焼結又は溶融は、機能プロトタイプ及びツールを迅速に製造する上で代表的なAMプロセスである。適用例としては、複合ワークピース、インベストメント鑄造用パターン、射出成形及びダイカスト鑄造用金型、並びに砂型鑄造用鑄型及びコアの直接製造が挙げられる。設計サイクルにおいて、コンセプトに関するやり取りやこれの試験を実施しやすくするためにプロトタイプ品を製造することも、AMプロセスの一般的な使用法の1つである。

30

【0013】

40

選択的レーザ焼結、直接レーザ焼結、選択的レーザ溶融、及び直接レーザ溶融は、レーザビームを使用して微粉末を焼結又は溶融することによる、3次元(3D)物体の製造を指し示すために使用される一般的業界用語である。例えば、米国特許第4863538号明細書及び米国特許第5460758号明細書には、従来のレーザ焼結技術が記載されている。より正確には、焼結は、粉末粒子を粉末材料の融点よりも低い温度で溶融する(凝集化させる)工程を伴い、一方で溶融は、粉末粒子を完全に溶融して中実の均質塊を形成する工程を伴う。レーザ焼結又はレーザ溶融に関連する物理的プロセスは、粉末材料に熱伝達する工程と、その後粉末材料を焼結又は溶融する工程とを含む。レーザ焼結及び溶融プロセスは、多くの粉末材料に適用することができるが、例えば焼結及び溶融速度や、積層造形プロセス中の微細構造進化に処理パラメータが及ぼす影響等の、製造ルートの科学

50

的かつ技術的態様については、よく理解されていない。この製造方法は、熱、質量及び運動量の移動、並びに化学反応に関する複数の様態を伴い、これらによってプロセスが非常に複雑化している。

【0014】

図1は、直接金属レーザ焼結(DMLS)又は直接金属レーザ溶融(DMLM)のための例示的な従来装置100の断面図を示す概略図である。装置100は、レーザ120等の光源によって生成されたエネルギービーム136を使用して、粉末材料(図示せず)を焼結又は溶融することによって、例えば部品122のような物体を交互積層により製造している。エネルギービームが溶融する粉末は容器126により供給され、また、粉末はビルドプレート114上に均等に広げられ、方向134に向かって移動するリコーターム116を使用して粉末の高さが高さ118に維持され、かつ高さ118の上方に広がって容器128からはみ出た過剰粉末材料が除去されている。エネルギービーム136は、ガルボスキャナ132の制御下で製造中の物体の断面層を焼結又は溶融している。ビルドプレート114が引き下げられて、ビルドプレート及び製造中の物体の上に別の粉末層が散布され、次いでレーザ120による粉末の連続溶融/焼結が行われる。溶融/焼結された粉末材料を使用した部品122の製造が完了するまで、本プロセスが繰り返される。レーザ120を、プロセッサとメモリとを含むコンピュータシステムによって制御することができる。本コンピュータシステムは、層ごとの走査パターンを決定し、この走査パターンに従ってレーザ120を制御し、かつ粉末材料を照射することができる。部品122の製造が完了した後、種々の後処理工程が部品122に対して実施されてもよい。後処理工程は、例えばブロー又は真空引きにより過剰粉末を除去する工程を含む。他の後処理工程は応力緩和プロセスを含む。

【0015】

上述した従来のレーザ溶融/焼結技術は、異なる組成を有するAM物体の製造に関していくつかの制限を有している。例えば、連続層において粉末の組成を変えることは可能であるが、特に、製造工程におけるダウンタイムが高コスト化をもたらすような生産体系にあっては、これは煩雑な作業となり得る。近年、レーザ溶融/焼結に関するより高度な方法が開発されており、これによってビルド連続粉末層間と、同一の粉末層内横方向との両方において、ビルド組成を精密に制御することが可能となっている。2015年8月25日に出願された米国特許出願第14/834517号明細書、及び“Coater Apparatus and Method for Additive Manufacturing”と題した、その全体が本明細書において参照により取り入れられている文献を参照されたい。

【0016】

前述のように、AM技術を使用して、大きさ、形状、及び気孔率に応じて十分に形成可能な流路において多孔質表面を有するタービンプレードを製造することができる。本開示はガスタービンプレードに焦点を当てているが、上記の説明がガスタービンプレードに限定されるものでなく、これを金属又は合金製であり、かつ多孔性を有する任意の適当な部品に適用できることを、当業者なら理解する。このような部品としては、風力及び水力タービン等のタービンプレードの他のタイプ、先進の油及び水フィルタ装置、並びに高性能フィルタ装置が挙げられるが、これらに限定されない。

【0017】

上記のDMLSシステムを使用して、図2及び3に関連して記載したタービンプレード等の部品122を製造することができる。DMLSシステムでは、上記のプロセスに基づいて交互積層によりタービンプレードの根元部分とブレード部分とを製造することができるが、本プロセスは(a)粉末床に粉末の層を照射して、少なくとも一部溶融された領域を形成する工程と、(b)粉末床上に後続の粉末層を設ける工程と、(c)タービンプレードが完成するまで工程(a)と(b)とを繰り返す工程とを備え得る。前述のように、製造済みタービンプレードは多孔質金属領域を有していてもよい。多孔質金属領域は1~30%の気孔率と、0.025~0.8mm(1~30ミル)の気孔径を有していてもよ

い。

【0018】

特許請求される発明を利用して、ジェット航空機エンジンにおける複数の他の部品内に多孔質領域を設けることができる。例えば、本発明の多孔質領域は、燃焼器、エンジンケーシング、燃焼器ライナ、又は航空機エンジンにおいて任意の他の部位に存在するライナの一部として含まれ得る。本発明の多孔質領域では、このような部品に設けられるより大径の孔に関連する噴射フィルム冷却とは対照的な、蒸発冷却を施している。

【0019】

本発明の一実施形態では、本多孔質部品は、異なる気孔率を有する2つの領域（すなわち、非多孔質領域と多孔質領域）を備えている。1つの実現可能な構成として、部品の長さに沿って気孔率が漸減するように、第1の領域と第2の領域との間の気孔率レベルを漸変させている。本部品はまた、異なる気孔率を有する2つの別個の領域間に傾斜部分を含む遷移領域を有していてもよい。本発明の別の態様では、蒸発及び噴射冷却が組み合わさった効果が得られるように、多孔質領域が従来の噴射冷却孔内に設けられている。

【0020】

図2でタービンブレード200の例示的实施形態を示している。タービンブレード200は、ジェットエンジンにおいて一般的に使用されるガスタービンブレードであってもよい。タービンブレード200は、ブレード部分205と根元部分210とを備えるブレード部分205は、前縁部220と後縁部215とを備える。図示されているように、根元部分210は平坦であり、すなわちダブテールを備えていない。本発明の利点の1つは、上述のAM技術により、従来の鋳造作業によって製造されるタービンブレードの根元部分よりも軽量であり、構造が堅固で、かつ機械的にバランスのとれた根元部分を製造できる点にある。結果として、拡散接合又は線形摩擦接合によってタービンロータに根元部分210を取り付けることができ、これによって一体型ブレード付きロータを形成することができる。その上、タービンロータと、根元部分210と、ブレード部分205とを、積層造形によりブレード部分205が製造される一連のプロセスの中で形成することができる。さらに、根元部分210の形状は、根元部分210の形状及び構造の一例であることを、当業者なら理解する。一体型ロータブレードを形成するように構成された任意の適当な形状及び構造を、本発明の範囲を逸脱することなく利用することができる。

【0021】

ブレード部分205のコアは内部冷却流路であり得、これは根元部分210の一部を通してブレード部分205に冷却空気を供給し、かつ冷却を補助するように適合されている。また、この内部冷却流路の設計によってタービンブレードがより軽量化され、製造コストが削減されるとともに、設計の複雑性も低減されている。例えば、この冷却流路は、ブレード部分205及び／又は根元部分210の少なくとも一部における中空部であってもよい。以下の図面に関連してより詳細に述べているように、本タービンブレード200の設計により、通常タービンブレードを冷却するために必要とされるような複雑な蛇行構造が不要となっている。中空部が存在することにより、冷却が促進され得、かつ熱発散がより良好に行われ得る。さらに、AMプロセスによって、タービンブレード205全体及び／又はタービンブレードが取り付けられるディスクが単一部品として構成され得、これによって、より耐熱性に優れた部品となり得る。

【0022】

タービンブレード200は1以上の超合金を含み得る。超合金は、インコネル718、インコネル625、ルネN5、ルネN6、ルネ95、WASPALLOY（登録商標）及びタービンブレード200を製造するのに適した他の任意の超合金を含むが、これらに限定されないニッケル基合金を含み得る。ニッケル合金が好適であり得るのは、時間及び温度の経過に伴い、より割れにくくなるからである。また、根元部分210は、ブレード部分205とは異なる超合金を含み得る。したがって、図1に関連して上述したように、タービンブレード200の種々の部分を製造する際に、材料を切り替えるようにAM作業を構成することが可能であり得る。

10

20

30

40

50

【0023】

図3でタービンブレード300を示している。タービンブレード300は、図2に関連して記載したタービンブレード200と同様のものである。タービンブレード200に関する上記の説明は、タービンブレード300についても当てはまるものである。タービンブレード300は、ブレード部分305と根元部分310とを備える。ブレード部分305は、前縁部320と後縁315とを備える。ブレード部分305はさらに、翼形部正圧側面330と、翼形部負圧側面335と、傾斜遷移領域325とを備える。翼形部負圧側面はブレード部分305の後部に存在しており、この図では不可視となっている。

【0024】

図示されているように、ブレード部分305は、上述した内部冷却流路に露出した内側表面を有していてもよい。ブレード部分205の内側表面は中空であってもよい。ブレード部分305はまた、内側表面に対向する外側表面を有していてもよい。タービンブレードのいくつかの態様では、ブレード部分305の内側表面とブレード部分305の外側表面とは、いかなるタイプの冷却流路によっても接続されていない。ブレード部分305は、内側表面から外側表面にかけて、多孔質金属領域を有していてもよい。多孔質金属領域は、1～30%の第1の気孔率を有していてもよい。好適には、多孔質金属領域は、上記のDMLS技術を使用して製造される。DMLSにより、ブレード部分305の構造的な一体性を維持しつつも、ランダム化された多孔質材料を形成することができる。例えば、ブレード部分305は、1～30%、5～25%、及び10～20%（例えば約15%）の気孔率を有していてもよい。タービンブレード300のいくつかの態様では、多孔質金属領域はタービンブレード305の全体を被覆していてもよい。

【0025】

根元部分310は第2の気孔率を有していてもよい。第1及び第2の気孔率は、タービンブレード300の設計と構造とに依存して、同一であるか、又は異なってもよい。例えば、根元部分310の気孔率は、ブレード部分305の気孔率よりも低いものであってもよい。また、根元部分310は気孔を有さず、かつ中実であってもよい。

【0026】

ブレード部分305の気孔率は、ブレードの構造的な一体性を維持しつつ、冷却効率を最大化するように設定されていてもよい。例えば、ブレード部分305は、従来の鋳造技術によって形成することができるものよりも小さい大きさの気孔を含んでいてもよい。例えば、気孔は0.8mm未満の直径を有していてもよい。上述した従来の鋳造方法では、気孔の大きさを0.125mmよりも大きいものに限定してしまう。このため、AM製造プロセスでは、従来の鋳造方法で形成するよりも小さい気孔を有するタービンブレード300を製造することができる。より小さい気孔の利点としては、タービンブレード300の構造的な一体性を維持しつつも、より高い気孔率を実現でき、かつより効率的な蒸発冷却を実現できることが挙げられる。高气孔率を有するタービンブレードの製造が可能となることにより、ブレードの質量もまた減少し、冷却もより簡便かつより効率的となる。実際には、気孔の大きさの下限はAMプロセスの分解能によって決定されている。このため、気孔の下限の大きさは直径で0.025～0.8mmである。したがって、本発明の気孔は0.025～0.8mmであり、より好適には0.05～0.100mmである。

【0027】

また、タービンブレード300を製造するためのAM技術により、大きさと形状とが異なる気孔を製造するための機構が提供される。例えば、タービンブレード305は、円錐形状のように直径が変化する、1以上の気孔を含んでいてもよい。さらに、ブレード部分305は、曲線形状又は複数の屈曲部を有する形状のような非線形形状を有する、1以上の気孔を含んでいてもよい。タービンブレードが作動中、空気はブレード部分305の内部流路に流入し得、かつブレード部分305の内側表面と外側表面との間に形成される気孔組織から流出し得る。ブレード部分305の周囲には冷却フィルムが形成され得、熱発散によりタービンブレードを冷却している。気孔において種々の大きさ及び形状を製造することにより、ブレード部分305を通る空気の流れ方を調整するにあたり、より高い粒

度がもたらされる。AMプロセス中、レーザ出力、粉末材料の供給量又は密度、活性及び伝導冷却のレベル、及び／又は材料の酸化レベルを調整することにより、ブレード部分305（及び根元部分310）の気孔率を調整することができる。粉末材料は、金属及び／又はポリマー粉末であってもよい。気孔率は、明確に定義した気孔率ではなく、予め設定した許容値に収まるように定義されていてもよい。

【0028】

タービンブレード300のいくつかの実施形態では、ブレード部分305の種々の部位において気孔率を変化させることが望ましい可能性がある。例えば、前縁部320の一部は、作動中に後縁部315よりも高温に達することがある。したがって、前縁部320の外側表面の一部により高い気孔率を生じさせてもよく、また後縁部315の外側表面の少なくとも一部により低い気孔率を生じさせてもよい。また、前縁部320及び後縁部315双方の気孔の一部は、各々の大きさと形状とが異なることにより、タービンブレード305を通る気流を制御するにあたり、より高い粒度をもたらし得る。さらに、本タービンブレードの設計により、通常タービンブレードを冷却するために必要とされるような複雑な蛇行構造が不要となっており、これは、内部冷却流路から多孔質表面を通して流れる気流を精密に制御するそのような粒度をもって、ブレード部分305の種々の領域において異なる気孔率を設定することが本技術により可能となっているからである。タービンブレード305の外側表面は、性能を犠牲にすることなく、効率的に冷却され得る。

【0029】

別の実施例では、積層造形技術により、タービンブレードのような部品を傾斜気孔率を有する態様に形成することが可能となっている。傾斜部品は金属製であってもよいし、或いはセラミック部材を有していてもよい。本部品は、2つの領域間に、気孔率が変化する傾斜遷移部325を含んでいてもよい。例えば、ブレード部分305は、前縁部320と後縁部315との間に、気孔率が変化する傾斜遷移部325を含んでいてもよい。別の実施例では、タービンブレード300は、ブレード部分305と根元部分310との間に傾斜遷移部325を含んでいてもよい。さらに別の実施例では、タービンブレード300は、負圧側面335と正圧側面330との間に傾斜遷移部を含んでいてもよい。このため、軸方向及び／又は半径方向に気孔率傾斜を設けることができる。また、傾斜遷移部は離散的なものではない。例えば、タービンブレード300の種々の領域間において、傾斜遷移部の任意の組合せを設計の範囲を逸脱することなく利用することができる。各領域は異なる気孔率を有していてもよい。したがって、タービンブレード300は、前縁部320と後縁部315との間、負圧側面335と正圧側面330との間、及び／又は根元部分310とブレード部分305との間に種々の気孔率及び／又は傾斜遷移部を有していてもよい。

【0030】

「傾斜遷移」という用語は、図4に示すような離散段階的傾斜遷移を含む。単層内又は連続層間における粉末床の粉末組成を段階的に変化させることにより、離散段階的傾斜遷移を生じさせている。段階的遷移を、材料の後続拡散によって平滑化することができる。ただし、2つの所与の任意材料については、離散段階的傾斜遷移は、拡散のみで実施し得るよりも材料間により緩やかな遷移をもたらす。

【0031】

「傾斜遷移」という用語は、図5に示すような連続的傾斜遷移を含む。単層内又は連続層間における粉末床の粉末組成を連続的に変化させることにより、連続的傾斜遷移を生じさせている。連続層の場合には、連続的遷移は、材料の段階的变化が非常に緩やかなため、材料の段階的傾斜を検出することができない態様を示している。例えば、材料間で遷移が連続的に出現する地点まで、材料が続けて拡散する場合等である。離散段階的傾斜遷移と同様に、2つの所与の任意材料については、連続的傾斜遷移は、拡散のみで実施し得るよりも材料間により緩やかな遷移をもたらす。

【0032】

上述したように、根元部分310はまた、気孔を有し得る。根元部分310の気孔は、

ブレード部分 305 の流路の大きさと形状とが異なるのと同様に、その大きさと形状とが異なり得る。根元部分 310 に形成される流路の設計により、タービンプレード 300 の重量が減少する。しかしながら、形状と大きさとが異なる気孔を形成する機能を有することにより、タービンプレード 300 の構造的一体性は影響を受けない。

【0033】

本明細書は、好適な実施形態を含む実施例を使用して本発明を開示し、また任意の装置又はシステムを製造かつ使用すること、及び取り入れた任意の方法を実行することを含む本発明の実施を、当業者が行うのを可能にしている。本発明の特許され得る範囲は、特許請求の範囲によって定義され、当業者が想到する他の実施例を含み得る。このような他の実施例が、特許請求の範囲の字義通りの文言と異なる構造要素を有する場合、又は、
10
それらが特許請求の範囲の字義通りの文言と実質的な差異がない等価な構造要素を含む場合には、このような他の実施例は特許請求の範囲に属する。本明細書に記載した種々の実施形態におけるいくつかの態様を、このような各態様に関する他の公知の均等物と同様に、当業者が混合かつ適合させて、本出願の原理によるさらなる実施形態及び技術を構築することができる。

〔実施態様 1〕

1～30%の第1の気孔率を有する第1の領域と、第1の気孔率よりも低い第2の気孔率を有する第2の領域とを備えるセラミック又は金属部品（122）であって、第1及び第2の領域間に1以上の傾斜遷移部（325）を備える、セラミック又は金属部品（122）。
20

〔実施態様 2〕

第1及び第2の領域は0.05～0.1mmの直径を有する気孔を備える、実施態様1に記載の部品（122）。

〔実施態様 3〕

傾斜遷移部（325）は段階的傾斜遷移部（325）を含む、実施態様1に記載の部品（122）。

〔実施態様 4〕

遷移部（325）は連続的傾斜遷移部（325）を含む、実施態様1に記載の部品（122）。

〔実施態様 5〕

中空部と、1～30%の気孔率を有する第1の領域と、気孔を全く有しないか、又は第1の領域よりも低い気孔率を有する第2の領域とを備える、タービンプレード（200、205、300、305）。

〔実施態様 6〕

第1の領域はタービンプレード（200、205、300、305）のブレード部分（205、305）であり、第2の領域はタービンプレード（200、205、300、305）の根元部分（210、310）である、実施態様5に記載のタービンプレード（200、205、300、305）。

〔実施態様 7〕

第1及び第2の領域は0.02～0.4mmの直径を有する気孔を備える、実施態様5に記載のタービンプレード（200、205、300、305）。

〔実施態様 8〕

部品（122）を交互積層により製造するプロセスを備える多孔質部品（122）の製造方法であって、プロセスは、（a）粉末床に粉末の層を照射して、少なくとも一部溶融された領域を形成する工程と、（b）粉末床上に後続の粉末層を設ける工程と、（c）部品（122）が完成するまで工程（a）と（b）とを繰り返す工程とを備え、部品（122）は、1～30%の気孔率を有する第1の金属領域と、気孔を全く有しないか、又は第1の金属領域よりも低い気孔率を有する第2の金属領域とを備える、多孔質部品（122）の製造方法。

〔実施態様 9〕

10

20

30

40

50

多孔質金属領域は 5 ～ 25 % の気孔率を有する、実施態様 8 に記載の方法。

[実施態様 10]

多孔質金属領域は 10 ～ 20 % の気孔率を有する、実施態様 8 に記載の方法。

[実施態様 11]

気孔は 0.02 ～ 0.4 mm の最大直径を有する、実施態様 8 に記載の方法。

[実施態様 12]

気孔は 0.05 ～ 0.3 mm の最大直径を有する、実施態様 8 に記載の方法。

[実施態様 13]

気孔は 0.05 ～ 0.1 mm の最大直径を有する、実施態様 8 に記載の方法。

[実施態様 14]

10

中空部と、外側表面及び中空部に露出した内側表面を有し、かつ第 1 の気孔率をさらに有する第 1 の領域と、第 1 の気孔率よりも低い第 2 の気孔率を有する第 2 の領域とを備えるタービンプレード (200、205、300、305) であって、空気は中空部の内部から第 1 の多孔質領域を通して流れ、外側表面を冷却している、タービンプレード (200、205、300、305)。

[実施態様 15]

前縁部 (220、320) と、前縁部 (220、320) に対向する後縁部 (215、315) とをさらに備える、実施態様 14 に記載のタービンプレード (200、205、300、305)。

[実施態様 16]

20

第 1 の領域は、前縁部 (220、320) の第 1 のサブ領域と後縁部 (215、315) の第 2 のサブ領域との間に 1 以上の傾斜遷移部 (325) を備え、第 2 のサブ領域は、第 1 のサブ領域とは異なる気孔率を有する、実施態様 15 に記載のタービンプレード (200、205、300、305)。

[実施態様 17]

正圧側面 (330) と、正圧側面 (330) に対向する負圧側面 (335) とをさらに備える、実施態様 14 に記載のタービンプレード (200、205、300、305)。

[実施態様 18]

第 1 の領域は、正圧側面 (330) において第 1 のサブ領域と、負圧側面 (335) において第 2 のサブ領域とを備え、第 1 のサブ領域は、第 2 のサブ領域とは異なる気孔率を有する、実施態様 17 に記載の部品 (122)。

30

[実施態様 19]

傾斜遷移部 (325) は段階的傾斜遷移部 (325) を含む、実施態様 14 に記載の部品 (122)。

[実施態様 20]

遷移部 (325) は連続的傾斜遷移部 (325) を含む、実施態様 14 に記載の部品 (122)。

【符号の説明】

【0034】

95 ルネ

40

100 従来装置、装置

114 ビルドプレート

116 リコータアーム

118 高さ

120 レーザ

122 部品

126 容器

128 容器

132 ガルボスキャナ

134 方向

50

- 1 3 6 エネルギービーム
- 2 0 0 タービンブレード
- 2 0 5 ブレード部分、タービンブレード
- 2 1 0 根元部分
- 2 1 5 後縁部
- 2 2 0 前縁部
- 3 0 0 タービンブレード
- 3 0 5 ブレード部分、タービンブレード
- 3 1 0 根元部分
- 3 1 5 後縁部
- 3 2 0 前縁部
- 3 3 0 翼形部正圧側面、正圧側面
- 3 2 5 傾斜遷移領域、傾斜遷移
- 3 3 5 翼形部負圧側面、負圧側面

10

【図 1】

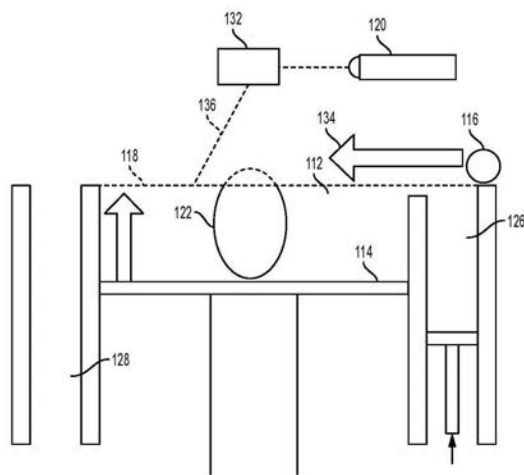


FIG. 1

【図 2】

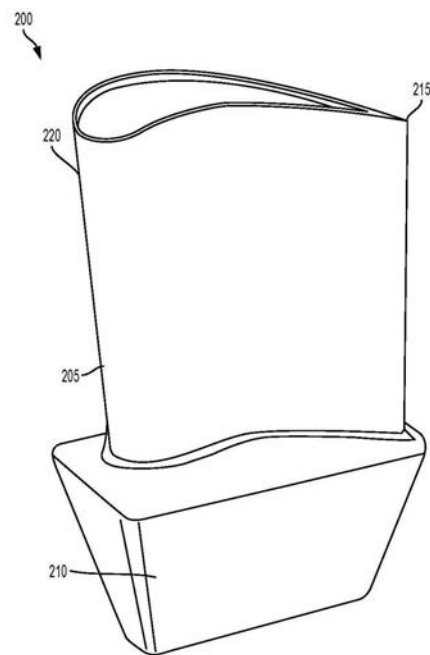


FIG. 2

【図 3】

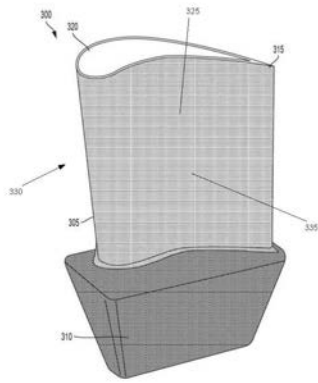


FIG. 3

【図 5】

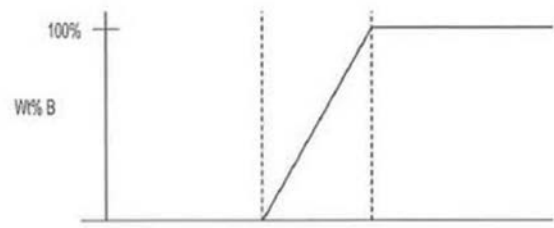


FIG. 5

【図 4】

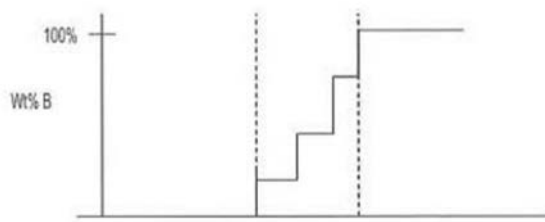


FIG. 4

フロントページの続き

- (72)発明者 ハーバート・チドセイ・ロバーツ, サード
アメリカ合衆国、オハイオ州・４５２１５、シンシナティ、エムエスーエス１７１、ノイマン・ウ
エイ、１番
- (72)発明者 マイケル・フランシス・ザヴィエール・ギグリオッティ, ジュニア
アメリカ合衆国、ニューヨーク州・１２３０９、ニスカユナ、ケー１ーエムビー１７７、ワン・リ
サーチ・サークル
- (72)発明者 リチャード・ウィリアム・アルブレヒト, ジュニア
アメリカ合衆国、オハイオ州・４５２１５、シンシナティ、エムエスーエス１７１、ノイマン・ウ
エイ、１番
- (72)発明者 エリック・アラン・エスティル
アメリカ合衆国、オハイオ州・４５２１５、シンシナティ、エムエスーエス１７１、ノイマン・ウ
エイ、１番
- (72)発明者 ピーター・アンドリュー・フリン
アメリカ合衆国、ニューヨーク州・１２３０９、ニスカユナ、ワン・リサーチ・サークル
- Fターム(参考) 3G202 BA02 BA06 BA08

【外国語明細書】
2017187027000001.pdf