

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6110590号
(P6110590)

(45) 発行日 平成29年4月5日 (2017.4.5)

(24) 登録日 平成29年3月17日 (2017.3.17)

(51) Int. Cl.	F I
F O 2 C 7/00 (2006.01)	F O 2 C 7/00 D
F O 1 D 5/18 (2006.01)	F O 1 D 5/18
F O 1 D 9/02 (2006.01)	F O 1 D 9/02 1 O 2
F O 1 D 25/00 (2006.01)	F O 1 D 25/00 X
B 2 3 K 26/352 (2014.01)	B 2 3 K 26/352

請求項の数 9 外国語出願 (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2011-278136 (P2011-278136)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成23年12月20日 (2011.12.20)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
(65) 公開番号	特開2012-132451 (P2012-132451A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州 1 2 3
(43) 公開日	平成24年7月12日 (2012.7.12)		4 5、スケネクタデイ、リバーロード、1
審査請求日	平成26年12月12日 (2014.12.12)		番
(31) 優先権主張番号	12/977, 554	(74) 代理人	100137545
(32) 優先日	平成22年12月23日 (2010.12.23)		弁理士 荒川 聡志
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(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】 基板に通路孔を形成するための基板改修方法及び関連する物品

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板（64）に1以上の通路孔（100）を形成する方法であって、

a) 各通路孔又は一群の通路孔に対して、レーザ固結法によって前記基板（64）の外表面（84）上に節部（80）を形成するステップであって、前記節部が、上面（83）を有しているとともに、前記通路孔又は一群の通路孔のための所定の入口領域として配置されるステップと、

b) 前記基板（84）の外表面上に、1以上の下方金属層と1つの上方セラミック層とを含む保護皮膜系（68）を施工するステップと、

c) 各節部（80）を貫通し、前記基板（64）内部の前記通路孔又は一群の通路孔を形成するステップであって、前記節部（80）の上面（83）に実質的に皮膜系（68）がないステップと

を含む方法。

【請求項 2】

前記基板（84）が超合金材料を含み、前記節部（80）が金属材料を含む、請求項1記載の方法。

【請求項 3】

前記節部（12）を形成するためのレーザ固結法が、金属材料をレーザビーム（18）で溶融し、溶融した材料を堆積させて第1の層（42）を所望のパターンで形成し、次いで、追加の金属材料を溶融して、第1の層（42）に隣接する一連の層を、それらの層が

10

20

全体として節部（１２）の所望の形状を構成するのに十分となるように形成することを含む、請求項１記載の方法。

【請求項４】

前記節部（１２）の金属材料が粉体の形態である、請求項３記載の方法。

【請求項５】

前記金属節部材料を溶融し、溶融した材料を予め堆積した材料の層に隣接して堆積する際に、予め堆積された材料の一部が溶融して、層間に溶接結合を形成する、請求項３記載の方法。

【請求項６】

１以上のマスクが各節部の上面（６６）上又は上方に、ステップ（ｂ）より前に配置され、その結果、前記節部（６０）に実質的に前記皮膜系材料がないままである、請求項１記載の方法。

10

【請求項７】

前記保護皮膜系（６８）が基板面（６２）及び前記節部（６０）の上面（７０）上に施工され、前記保護皮膜系（６８）が、ステップ（ｃ）より前に前記節部上面（６６）から除去される、請求項１記載の方法。

【請求項８】

ステップ（ｃ）の各通路孔が、研磨液ジェット切削、レーザ加工、放電加工（ＥＤＭ）、電子ビーム穿孔、プラズマ電子化学加工、ＣＮＣ加工及びその組合せからなる群から選択される技術によって形成される、請求項１記載の方法。

20

【請求項９】

高温基板（１６）がタービンエンジン部品の一部である、請求項１記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明の全体的主題は、タービンエンジン部品などの高温基板に関し、より具体的にはこれらの部品内に冷却孔を組み込むための方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

30

ガスタービンエンジンは圧縮機を含んでおり、そこでエンジン空気が圧縮される。エンジンは燃焼機も含んでおり、そこで圧縮空気が燃料と混合されて、高温燃焼ガスを生成する。１つの典型的な設計（例えば、航空機エンジン用）では、エネルギーは高圧タービン（ＨＰＴ）（これが圧縮機に動力を供給する）内及び低圧タービン（ＬＰＴ）内のガスから抽出される。低圧タービンは、ターボファン航空機エンジン用途でファンに動力を供給する。定置発電用途では、高圧タービン（ＨＰＴ）及び低圧タービン（ＬＰＴ）は、通常、圧縮機に動力を供給するとともに発電機を駆動する１つのシャフト上にある。

【０００３】

エンジンが通常は極めて高温環境で作動するので、ガスタービンエンジンの冷却システムに対する必要性は重要である。例えば、エンジン部品は、航空機用途向けでは最大約３８００°F（２０９３℃）まで、及び定置発電用途向けでは最大約２７００°F（１４８２℃）の温度の高温ガスに暴露されることが多い。高温ガスに暴露される部品の冷却のために、これらの「高温ガス通路孔」部品は、典型的には内部対流及び外部フィルム冷却の両方を有する。

40

【０００４】

フィルム冷却の場合、多数の通路孔（この場合は冷却孔）が、部品の相対的に低温側表面から部品の「高温」表面まで延在することができる。冷却孔は、通常、浅い角度で傾斜し、部品の金属壁を貫通する円筒形の穴である。フィルム冷却は、高温ガスから部品表面への入射熱流束を減少させるので、温度制御の重要な仕組みである。例えば、孔の必要な深さ及び形状などの様々な要因に応じて、冷却孔の形成には数多くの技術を使用できる。

50

レーザ穿孔、研磨液（例えば、水）ジェット切削、及び放電加工（EDM）がフィルム冷却孔の形成に多用される技術である。フィルム冷却孔は、典型には、密接した間隔の孔の複数の列として配置され、それらは集合的に外表面全体に亘る広範囲の冷却膜を提供する。

【0005】

冷却空気は、通常、圧縮機から抽気された圧縮空気であり、次いでエンジンの燃焼領域の周囲を迂回して、冷却孔を通して高温表面に供給される。冷却剤は高温部品表面と高温ガス流との間に保護「フィルム」を形成して部品を熱から保護するのに役立つ。加えて、高温ガス通路部品の壁面は、熱を遮断する遮熱コーティング（TBC）系で覆われることが多い。遮熱コーティング（TBC）系は、通常、1以上のセラミックオーバーコートと下方金属ボンドコートを含む。遮熱コーティング系の利点は周知である。

10

【0006】

例示的なフィルム冷却孔が米国特許第7,328,580号（C. P. Lee他）に記載されている。この特許には、部品の外表面を末端とする精密に構成された孔のパターンを含む、超合金スタービンエンジン部材が記載されている。具体的な山形又はデルタ形状が孔に設けられる。例えば、このような孔の出口領域は、横方向に2つの「ウィングの谷」の間に位置する中央隆起部を含むことができる。これらの特徴は一体となって、孔の下部流入孔から放出される圧縮冷却空気を最大に拡散させることのできる構造を形成する。いくつかの場合、これにより、部品の外表面の重要な部分に沿ったフィルム冷却の範囲をかなり増加させることができる。上述の技術の中で、放電加工（EDM）法は、しばしば、孔の出口領域用の最適で、精密な構成を保証するものとして好まれる。

20

【0007】

放電加工（EDM）を使用すると、いくつかの制限がある。例えば、この方法は、TBCのように電気的に非導電性のセラミック材料を貫通する通路孔の形成には使用できない。したがって、セラミック皮膜の施工は、基板を貫通する通路孔の形成後に行わなければならないであろう。しかし、その時点での皮膜堆積は、特に比較的大きな部材で他の欠点を生じるおそれがある。例えば、熱溶射技術によって堆積された皮膜は、時々、重大にも通路孔の開口を「覆い尽くす」ことがあり、孔の通路を遮断することさえある。いくつかの場合、この問題は、ある程度皮膜で塞がれることを考慮に入れて、通路孔を意図的に大きくすることにより対処することができる。しかし、この技術によって通路孔用の理想的な形状及びサイズを達成することは、非常に困難であることがある。加えて、TBC皮膜を貫通して孔を開けることにより、時々、好ましくない割れ目又は層間剥離により皮膜を損傷することがある。

30

【0008】

通路孔の形成に使用できる他の方法は、金属ワークピースを必要としない。実施例はレーザ技術及びウォータージェット研磨システムを含む。したがって、この型の機器は、セラミック皮膜、金属ボンドコート及び基板を同時に貫通する通路孔の形成に使用可能である。これらの技術は、いくつかの場合に役立つことがある。しかし、他の場合には、それらの機器は、特に部材の表面近傍の孔の出口領域で非常に精密な通路孔を形成する能力に欠ける。

40

【0009】

これらを考慮に入れると、高温基板で通路孔を形成する目的の新規な方法が当分野で歓迎されることになる。タービンエンジン部品の場合、その方法により、エンジンの作動中に冷却効果を最大にすることができる、非常に精密な形状を有するフィルム冷却孔を形成することが可能になるべきである。より具体的には、新規な方法は、十分に柔軟であるので、EDMのような導電性基板に依拠する技術を含む、広範囲の様々な孔形成技術を使用することができる。通路孔の接近による保護皮膜の欠点の可能性を減少させ、又は取り除く方法もまた非常に興味深いであろう。

【先行技術文献】

【特許文献】

50

【0010】

【特許文献1】米国特許第2009/0255110号公報

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の1つの実施形態が、高温基板に1以上の通路孔を形成するための方法に関し、以下のステップを含む。

【0012】

a) 各通路孔又は一群の通路孔に対して、基板の外表面上の節部をレーザー固結法によって形成するステップであって、節部が、上面を備え、通路孔又は一群の通路孔用に所定の入口領域として配置されているステップと、

10

b) 基板の外表面上に保護皮膜系を施工するステップであって、皮膜系が1以上の下方金属層及び1つの上方セラミック層を備えるステップと、

c) 各節部を貫通し、基板内部の通路孔又は一群の通路孔を形成するステップであって、節部の上面に実質的に皮膜系がないステップとを含む方法。

【0013】

別の実施形態が基板に関し、その基板は高温にさらされることがある外表面と、外表面と大体反対側にある、より低い温度にさらされることがある内表面とを有し、1以上の通路孔が外表面から内表面まで基板を貫通して延在し、1以上の金属節部が基板の外表面上に配置され、通路孔用入口領域として配置される。

20

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の実施形態で使用されるレーザー固結システムの例示的概略図である。

【図2】基板上に節部を形成するための1つの例示的レーザー固結パターンの図である。

【図3】基板上に堆積された球形型節部の写真図である。

【図4】表面に施工された節部を有する例示的基板の概略横断面図である。

【図5】保護皮膜が基板面及び節部の一面に施工された、例示的基板及び堆積された節部の概略横断面図である。

【図6】保護皮膜が節部の表面から除去された、図5の例示的基板の概略横断面図である

30

。

【図7】基板上に堆積された、勾配付き節部の概略横断面図である。

【図8】通路孔が節部及び基板を貫通して形成された、図6の基板の概略横断面図である

。

【発明を実施するための形態】

【0015】

本明細書に開示される数字の範囲は、包括的であり、結合し得る（例えば、「最大約25重量%」、又はより詳細に「約5重量%から約20重量%まで」の範囲は終点値及び範囲内のすべての中間値を含む）。任意の組成範囲に関しては、特定されない限り、重量水準は組成全体の重量に基づいて提供され、比率もまた重量に基づいて提供される。さらに、「組成物」という用語はブレンド、混合物、合金、反応生成物などを包括する。

40

【0016】

さらに、「第1」、「第2」などの用語は本明細書では任意の順番、量、又は重要性を示さず、むしろ1つの要素を他の要素から区別するために使用される。「1つの」（“a”、“an”）という用語は量の制限を示さず、むしろ1以上の参照事項の存在を示す。量に関して使用される「約」（about）という修飾語は記載した値を含み、文脈によって指示された意味を有する（例えば、具体的な量の測定に付随した誤差の程度を含む）。

。

【0017】

加えて、本明細書では、接尾語「(s)」は通常、それが修飾する語の単数及び複数の

50

両方を含み、それによって、その語の1つ又は複数を含む（例えば、「通路孔」は特定されない限り、1つ又は複数の通路孔を含むことができる）。本明細書全体で、「1つの実施形態」、「別の実施形態」、「ある実施形態」などへの参照は、実施形態に関連して記載された具体的な要素（例えば、特徴、構造、及び／又は特性）が、本明細書に記載された1以上の実施形態に含まれ、他の実施形態に存在できる又は存在できないことを意味する。加えて、記載された発明性のある特徴が、任意の適切な様式で様々な実施形態に組み合わせられることができることを理解されたい。

【0018】

高温にさらされ、冷却が必要な任意の基板が、本発明のために使用できる。大抵は、上述のように、基板はガスタービン部品の1以上の壁である。この型の壁及びタービン部品自体が、多くの参考文献に記載されている。非限定的な実施例は、米国特許第6, 234, 755号（Bunker他）及び第7, 328, 580号（Lee他；本明細書では以後Lee）を含み、両文献を参照として本明細書に組み入れる。Lee参照文献は、長手方向又は軸方向の中心線軸に関して軸対称である航空ガスタービンエンジンを分かりやすく記載している。エンジンは、流れの順に、ファン、多段軸圧縮機、及び環状燃焼器を含み、その後高圧タービン（HTP）及び低圧タービン（LPT）が順番に続く。

【0019】

上述のように、通路孔（ほとんどのガスタービン用途ではフィルム冷却孔）の列その他のパターンは高温基板の多くのセクションで形成される必要がある。当業者は、孔の適切な位置を容易に決定することができるであろう。各通路孔又は一群の通路孔の所定の位置に対して、節部が基板の外表面上に形成される。本明細書で使用されるように、「節部」という用語は幅広い様々な肉盛領域、突起、小山又は「島」を説明するように意図されている。それらは様々な形状、例えば、正方形、三角形又は円形（例えば、中央突起）であってよい。加えて、節部の形状はいくつかの場合ではかなり不規則であってよい。

【0020】

節部の高さは通常、基板の外表面全体に施工される皮膜の厚さ（合計の厚さ）より少ない、又は等しい寸法である。節部は、通路孔の角度又は「ピッチ」にかかわらず、突出した通路孔を取り囲むのに十分な横寸法、すなわち基板の水平面方向の「X」及び「Y」寸法を有するべきである。下記に述べるように、節部は時々、細長いレール又は狭道の形状であってよく、多数の通路孔用の個々の入口領域として働く。

【0021】

節部は通常（いつもではないが）、基板の組成に類似した、又は金属的に基板に適合する組成から形成される。一般に、基板が超合金材料から形成されるとき、節部は高温の金属材料を備える。具体的な節部材料の選択に影響する他の要因は、節部の形成に使用される具体的なレーザ堆積法、基板と比較的強力な結合を形成する節部材料の能力、及び節部材料を貫通する通路孔を効果的に形成する能力を含む。超合金基板の場合、節部はしばしばそれ自体が超合金材料、すなわちニッケル基、コバルト基又は鉄基超合金材料から形成される。

【0022】

ほとんどの実施形態では、節部はレーザ固結法によって基板の外表面上に形成される。このような方法は、当業者に公知であり、多くの参考文献に記載されている。方法はしばしば、「レーザクラディング」、「レーザ溶接」、「レーザネットシェイピング」などと言及される。こうした方法の非限定的な実施例が、以下の米国特許及び公開公報に提供されており、それらは参照として本明細書に組み込まれる。米国特許第6, 429, 402号（Dixon他.）、米国特許第6, 269, 540号（Islam他.）、米国特許第5, 043, 548号（Whitney他.）、米国特許第5, 038, 014号（Patt他.）、米国特許第4, 730, 093号（Mehra他.）、米国特許第4, 724, 299号（Hammeke）、米国特許第4, 323, 756号（Brown他.）、米国公開公報第2007/0003416号（Bewlay他.）、米国公開公報第2008/0135530号（Lee他.）。

【0023】

図1は、レーザ固結システム10の全体的な図を提供する。所望の物品、例えば、節部12の形成が基板16の外表面14上で起こっている。レーザビーム18が、下記に記載の従来のレーザパラメータに従って、基板の所定の領域に焦点を合わせられる。供給材料（堆積材料）20が、通常は適切な搬送ガス24によって粉体源22から配送される。供給材料は通常は、エネルギービームが基板面14に入射する地点のごく近傍にある基板上の領域に向けられる。溶融プール26はこの入射点で形成され、凝固して「クラッドトラック」12を形成し、この場合は「クラッドトラック」は節部の形である。以下にさらに説明するように、多数のクラッドトラックが互いに隣接して堆積可能であり、及び／又はそれぞれの頂部上に所望の形状の節部を完成する。典型的には、堆積装置が上方に向かって上昇するにつれて、節部は3次元形態で完成に向かって成長する。（他の関連する詳細は、上述の米国公開公報第2007/0003416号及び米国公開公報第2008/0135530号に見られる）。

10

【0024】

幅広い多様なレーザが、本明細書で考察する溶融機能の達成に十分な出力を有する限り、図1のシステムの中で使用できる。約0.1kW～約30kWの出力範囲で作動する二酸化炭素レーザが典型的には使用されるが、この範囲はかなり変化することがある。本発明に適する他のレーザの型の非限定的な実施例は、ネオジムYAGレーザ、ファイバレーザ、ダイオードレーザ、ランプ励起固体レーザ、ダイオード励起固体レーザ及びエキシマレーザである。これらのレーザは市販され入手可能であり、当業者はそれらの作動に非常に精通している。レーザはパルスモード又は連続モードのいずれかで作動可能である。米国公開公報第2007/0003416号に記載されているように、レーザエネルギーは、一般に基板面の「ビームスポット」に一致する、材料（すなわち本明細書では節部形成材料）のプールの溶解に十分であるべきである。通常は、レーザエネルギーは、約 $10^3 \sim 10^7 \text{ W/cm}^2$ の出力密度で加えられる。

20

【0025】

節部を形成する供給材料の堆積は、コンピュータ動作制御の下で実行可能である。下記に言及するように、1つ又は複数のコンピュータプロセッサが、レーザ、供給材料の流れ及び基板の動作の制御に使用し得る。より具体的には、コンピュータを利用した設計（例えば、CAD-CAM）の当業者は、所望の節部が、図案、又は鋳造、機械加工などの従来の方法によって予め形成された物品による形状を主に特徴とすることができることを理解している。節部の形状が一旦数値的に特徴づけられると、部材（又は同等に、堆積ヘッド）の動きが、入手できる多くの制御コンピュータプログラムを使用して、レーザ固結装置向けにプログラムされる。これらのプログラムは、堆積装置の各「パス（pass）」間の部材の動き、及びパスの間の部材の側面移動に応じて指示のパターンを作成する。もたらされた節部は、複雑な形状についてさえも、多くの特徴のある形状をかなり正確に再生産する。

30

【0026】

レーザ固結装置及び方法の他の詳細は、上述の参考文献（例えば、米国公開公報第2007/0003416号）に提供されている。例示の詳細及び任意の特徴は、予め形成された層上に層を構築するための他の技術、堆積に使用された粉体配送角度、粉体材料向け多数の供給ノズルの使用、及び基板又はレーザ装置を移動させるための機械的な詳細を相関的に含む。実施例として、基板は「X、Y及びZ」方向に移動できる移動可能な支持システム上に支持し得る。担体プラットフォームは、複雑な、多軸コンピュータ数値制御（CNC）機械の部材であることがある。これらの機械は当分野で公知であり、市販され入手可能である。基板を操作するそのような機械の使用は、米国特許第7,351,290号（Rutkowsk i 他）に記載され、本明細書に参照として組み込まれる。米国特許出願番号第10/622,063号に記載されるように、そのような機械の使用により、基板は直線X軸及びY軸に関して、1つ又は複数の回転式軸に沿った基板の動きが可能になる。実施例として、従来の回転スピンドルを使用して回転運動をもたらすことができる

40

50

。当業者はこの情報を使用して、サイズ、形状、及び位置に対する非常に精密な要求に従って、節部を高温基板に効果的に施工する。加えて、レーザー固結に精通している者は、いくつかの例では、所望の節部材料の1つ又は複数の供給ワイヤが、材料の粉体形成の代わりに使用できることを理解している。

【0027】

図2は、レーザー固結を使用する、節部の形成のための1つの技術を示す図である。この図では、節部40は、所定の出発点で開始する、節部材料42の多数の層にレーザー堆積することにより準備される。レーザーヘッドは通常、「ステッチ (stitching)」パターンによって前後に動き、レーザーの速度は特定の層の位置に従って調節される（この例示的図面では、ステッチパターンは外側周辺層によって囲まれている）。当業者は、層の厚さ、合金組成及びレーザー出力のような要因及び特性が、最も適切なレーザー速度を決定する際に、しばしば合わせて考慮されることを理解している。一般に、金属学的に完全な基板との結合を得ながら、堆積の完遂に要する合計時間を減少させることが望ましい。理想的には、最小限の間隙、包有物及び多孔性が生じ、基板に対する最小のミクロ組織変化が多くても存在することであろう。

【0028】

以前に説明したように、レーザービームの各パスで、予め堆積された材料（すなわち図2の隣接する平行な層42）の一部が溶融すると、層間の溶融結合が得られる。したがって、すべての層42は、非常に均一な形状及び高さを有する、最終的に単一の塊に固結する。この図では、節部40は細長く、下記に考察するように、通路孔向けに意図された領域全体に亘る「ルール」として機能することができる。

【0029】

図3は、レーザー固結技術が、「突起 (boss)」又はボタンの形状の節部50の形成に使用される。レーザービーム（図示されないが、しかし、上述のようにコンピュータ制御を介して粉体配送装置に関連付けられる）は、基板面52上の所定の領域で曲がった螺旋に向けられる。ビームは、「内側に」中心点に向かって、又は外側に向かって、すなわち中心点から出発して、螺旋状をなす螺旋に材料（例えば、ニッケル基超合金）を堆積するようにプログラムすることができる。図2の節部に類似した様式で、螺旋の各同心円状の輪を形成する層は単一の塊に結合し、所望の形状及びサイズを有する。この例では、形状は部分的な球体である。本明細書に記載のように、各節部50は、通路孔用の所定の入口領域として配置可能である。

【0030】

図4～図6及び図8は、本明細書に記載した技術を使用して、通路孔を形成するための1つの実例となる図解を示す。節部60は基板64、例えば、タービン翼形部（その他の型の高温基板）の外表面62上に、上記に説明したレーザー固結法により形成される。図4は横断面図であり、したがって、節部60は、図示された基板面に垂直方向にかなり延在する3次元形状を有することができることを理解されたい。例えば、節部はタービン翼形部の任意の全長に沿った、それぞれ、分離した通路孔用の、多数の所定の入口位置として働くように形成されることが可能である。節部の上面66は、比較的平らであるとして図示されるが、しかし他の表面外形が可能である。

【0031】

1つの実施形態によれば、次いで保護皮膜系68は、図5に示すように基板の外表面62上に施工可能である。様々な材料が皮膜系68用に使われる。1つの実施形態では、1つ又は複数の金属皮膜を使用できる。そのような金属皮膜の非限定的な実施例は、ニッケルアルミナイド (NiAl)、又は白金アルミナイド (PtAl) などの金属アルミナイドを含む。他の実施例は、化学式 $MCrAl(X)$ の組成を含み、「M」は鉄 (Fe)、コバルト (Co)、ニッケル (Ni) 及びそれらの組合せからなる群から選択される元素であり、「X」はイットリウム、タンタル、ケイ素、ハフニウム、チタン、ジルコニウム、ホウ素、炭素又はそれらの組合せである。他の適切な金属皮膜（他の型の「MCrAl(X)」組成を含む）もまた、引用出願番号第12/953,177号、米国特許第5

10

20

30

40

50

、626, 462号(Jackson他)及び米国特許第6, 511, 762号(Lee他)に記載されており、それらは本明細書に参照として組み込まれる。超合金材料(ニッケル基、コバルト基、又は鉄基)もまた時々使用可能である。

【0032】

金属皮膜層は様々な技術によって施工し得る。非限定的な実施例は、電子ビーム(EB)、イオンプラズマ堆積又はスパッタリングなどの物理的気相成長法(PVD)法を含む。空気プラズマ溶射(APS)、低圧プラズマ溶射(LPPS)、高速度酸素燃焼(HVOF)溶射又は高速度空燃(HVAF)溶射などの熱溶射法も使用できる。いくつかの場合、イオンプラズマ堆積が特に適するが、例えば、2008年6月12日発行、米国公開公報第2008/0138529号、Weaver他に記載されたカソード電弧イオンプラズマ堆積であり、本明細書に参照として組み込まれる。

10

【0033】

既に言及したように、セラミック皮膜はしばしば金属皮膜上又は複数の金属皮膜上に施工される。これは特に、様々なタービンエンジン部材向けの場合である。(これらの例では、下方金属皮膜がしばしば一部分においてボンド層として機能する)。セラミック皮膜は通常は、遮熱コーティング(TBC)の形であり、ジルコニア(ZrO_2)、イットリア(Y_2O_3)及びマグネシア(MgO)などの様々なセラミック酸化物を備えることができる。好ましい実施形態では、TBCはイットリアで安定化されたジルコニア(YSZ)を備える。そのような組成物は、下方金属層と強力な結合を形成し、比較的高度の熱保護を基板に提供する(米国特許第6, 511, 762号はいくつかのTBC皮膜系の態様の記載を提供している)。

20

【0034】

TBCは多くの技術によって施工し得る。特定の技術の選択は、皮膜組成、皮膜の所望の厚さ、下方金属層の組成、皮膜が施工される領域及び部品の形状などの様々な要因に依存する。適切な皮膜技術の非限定的な実施例は、PVD及びプラズマ溶射技術を含む。いくつかの例では、TBCがある程度の多孔性を有することが望ましい。実施例として、多孔質のYSZ構造が、PVD又はプラズマ溶射技術を使用して、形成可能である。

【0035】

TBCの厚さは様々な要因、例えば、その組成及び部品が作動する熱環境などに依存する。通常(いつもではないが)、陸上タービンエンジン用に採用されたTBCは、約0.2mmから約1mmの範囲の合計厚さを有する。通常(いつもではないが)航空応用、例えば、ジェットエンジン用に採用されたTBCは、約0.1mmから約0.5mmの範囲の合計厚さを有する。

30

【0036】

既に記載したように、節部はしばしば細長いレール又は狭道の形態であり、多数の通路孔の今後の位置を覆う。いくつかの場合、もし孔が十分に互いに接近しているならば、レールの長さに沿って、又は孔の大体の入口位置の間にTBC材料は全く必要がないことがある。例えば、密接した間隔の孔の累積効果により、保護皮膜は全くなしに、十分な程度の冷却空気による保護をもたらすことができる。非常に一般的な指針が、平均直径「D」をそれぞれ有する計画された孔の設定のために提供されることが可能である。この例では、もし直線の全長に沿った孔間の中心から中心までの間隔が約(3×D)よりも小さいならば、TBC材料はその全長に沿って必要とされないであろう。反対に、もし間隔が約(3×D)よりも大きいならば、個々の節部(すなわち「島パッチ」)がおそらく好ましく、同時にTBC材料を計画された通路孔間に保有する。熱暴露又はフィルム冷却特性の定期的な評価又はモデリングが、どの型の節部形成及びTBC堆積が所与の状況に最も適切な決定に着手し得る。

40

【0037】

節部の上面(図4の表面66)には、下記に考察するように、節部を貫通する通路孔の形成より前に、実質的に皮膜材料が全くないことが通常は重要である。したがって、1つの実施形態では、任意の被覆プロセスの前にマスク(図示せず)が表面66上に配置され

50

る。一般に、マスクは、実質的に又は完全に節部の表面を覆い、任意の次に続く被覆プロセスの状態に耐えうる任意の型の材料を備えることができる。

【0038】

多数の従来のマスク及びマスク技術が採用されることが可能であり、いくつかは、米国特許第7,422,771号(Pietraszkiewicz他)に記載されている。

(いくつかのマスクは、「シャドウマスク」として公知である)。非限定的な実施例として、マスクは金属薄膜、例えば、アルミニウム薄膜、アルミニウムテープ、アルミニウムホイル、ニッケル合金薄膜又は前述の1以上を含む組合せを備えることができる。アルミニウムホイルは、その低価格、弾性及び有効性により、時々理想的である。

【0039】

マスクは節部の表面上に直接施工することもできるし、又は表面上方に配置(例えば懸架)することもでき、すなわち皮膜材料源と節部表面の間の「道筋(path)」を遮断する。加えて、皮膜堆積が完成した後、いくつかの型のマスクが除去可能である一方で、通路孔の形成中、他のマスクは節部表面上に残ることがある。いくつかの例では、マスクの残余物が、通路孔が完成した後、節部表面から除去されるであろう。図5では、節部の頂部に堆積された皮膜部分70が、もしマスクが使用されていたならば存在しないであろうことが明確であるべきである。

【0040】

他の実施形態ではマスクは不要である。したがって、図5に関連して、皮膜部分70(通常は下方金属皮膜及び上方セラミック層を含む)が節部表面66上、並びに基板面62の残りの部分上に堆積される。この例では、孔を形成するより前に、様々な技術によって皮膜部分70、少なくともそのセラミック部分は除去される(図6)。実施例は、研削、研磨、エッチング、グリットブラスト、研磨噴射水処理、レーザ除去及びそのような技術の組合せを含む。当業者は、周囲の皮膜系68の任意の他の部分を損傷させずに、皮膜部分70のすべてを実質的に除去する最も適切な技術を選択することができるであろう。図6に示すように、節部60の上面には皮膜系が全くなく、その他の場所は皮膜68で囲まれている。節部は、下記に考察するように、通路孔のための入口領域として機能する。

【0041】

いくつかの実施形態では、節部の側部(側面)は勾配を付けられ、又は傾斜している。図7に示すように、節部80は、基板面84及び節部表面83に対して傾斜した側縁82を含む。図示された勾配の角度は約45°であるが、大幅に変更可能である。それは採用された具体的なレーザ固結システムにある程度依存する。勾配付きの縁部がいくつかの場合に有利であることがある。例えば、マスク法が皮膜堆積の前に使用されるとき、傾斜の逆の形状、すなわち基板から上方に向かう勾配が、マスクの縁部で形成される皮膜パターンを補足することができる。

【0042】

図8に関連して、通路孔100が節部/入口領域60で始まり、基板64を貫通して形成される。この横断面構成で示すように、寸法「X」は節部を貫通して通る通路孔100の長さを収容できるように十分に幅広でなければならない。当業者が理解するように、通路孔の角度は基板面62に対して、大きく変化することがある。タービンエンジン翼形部の場合、具体的な角度は、翼形部上の通路孔の詳細な位置、翼形部の予想される熱環境及び翼形部内の冷却機器構成に大部分依存する。参照した米国特許第7,328,580号(Lee他)は、専用の通路孔、すなわち山形フィルム冷却孔に関するある一般的情報及び詳細を提供している。これらのフィルム冷却孔は、通常は部品の内部領域102まで延在する(下方に)円筒形入口穴101を含む。以前に言及したように、穴の対向端部、すなわち面62に最も近い端部は、時々、共通の隆起部をウィングの谷部の間に有する1対のウィングの谷を終端とする(これらの図面では具体的に図示せず)。

【0043】

通路孔は様々な技術によって形成し得る。非限定的な実施例は、研磨液ジェット切削、レーザ加工、放電加工(EDM)、電子ビーム穿孔、プラズマ電気化学加工、CNC加工

10

20

30

40

50

及びその組合せを含む。当業者は、各技術の型に関する詳細に精通している。いくつかの実施形態では、E D M技術は、上述のように、それらが通路孔の断面に提供できる精密な構成のためにかなり興味深い。E D M法に関して様々な詳細、例えば、複雑な山形穴形状の形成に具体的に設計されたE D M電極の非限定的な図面が、上述のL e e氏による参考文献に提供されている。

【0044】

以前に言及したように、節部の使用により、通路孔を形成するときいくつかの重要な有利な点がもたらされる。例えば、通路孔用入口領域内の遮熱コーティング(T B C)の必要性が概してなくなる。(高温翼形部の場合、その入口領域は周囲の冷却空気流並びに通路孔内部の対流冷却によって、十分に保護されているように思われる。)加えて、金属製節部の存在により、すぐれたプロセスの柔軟性がもたらされる。実施例として、上記に記載の標準的技術、レーザ加工及び液体ジェット切削などが、金属製節部を貫通する穴を形成することができ、一方、E D Mのような特別な技術がいくつかの高精度な通路孔用に別法として使用し得る。

10

【0045】

上述のように、通路孔の上方に節部が堆積される高温の基板は、本発明の別の実施形態を代表する。保護皮膜系によって保護された基板は、典型的には、例えばガスタービン向け翼形部などのタービンエンジン部品である。通路孔は通常、フィルム冷却孔であり、極めて高温の環境に必要な冷却システム中の導管として働く。

20

【0046】

前述の説明では、特許請求の範囲の主題の様々な態様を説明してきた。説明の目的のために、具体的な番号、システム及び／又は構成が特許請求された主題の完全な理解をもたらすために説明された。しかし、特許請求された主題が具体的な詳細なしに実施し得ることは、この開示の恩恵を有する当業者にとって明らかであるべきである。他の例では、特許請求された主題を不明確にしないように、公知の特徴が時々省略され、及び／又は簡略化された。本明細書で一定の特徴が図示され、及び／又は説明されてきたが、多くの修正形態、代替形態、変形形態及び／又は等価の形態がこれから当業者に生じることであろう。したがって、添付の特許請求の範囲は、特許請求された主題の真の精神の範囲に入るものとして、そのような修正形態及び／又は変形形態すべてを網羅することを意図するものであると理解されたい。すべての参照された物品、刊行物及び特許文献は本明細書に参照として組み込まれる。

30

【符号の説明】

【0047】

- 10 レーザ固結システム
- 12 節部
- 14 基板面
- 16 基板
- 18 レーザビーム
- 20 供給材料
- 22 粉体源
- 24 搬送ガス
- 26 溶融プール
- 40 節部
- 42 節部材料の層
- 44 レーザ堆積開始点
- 50 節部
- 52 基板表面
- 60 節部
- 62 基板の外表面
- 64 基板

40

50

- 6 6 節部の上面
- 6 8 皮膜系
- 7 0 皮膜部分
- 8 0 節部
- 8 2 節部の側縁
- 8 3 節部表面
- 1 0 0 通路孔
- 1 0 1 流入穴
- 1 0 2 内部領域

【図 1】

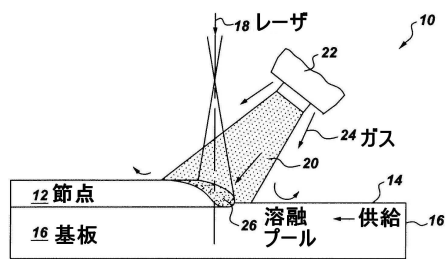


Fig. 1

【図 3】

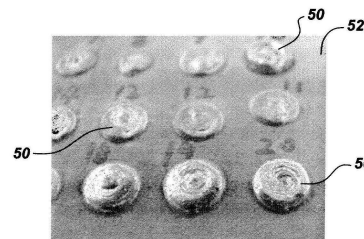


Fig. 3

【図 2】

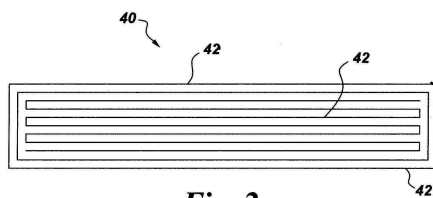


Fig. 2

【図 4】

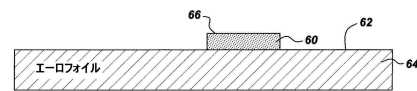


Fig. 4

【図 5】

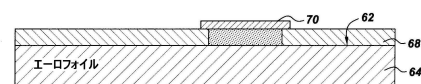
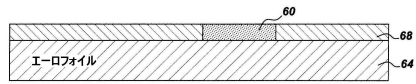
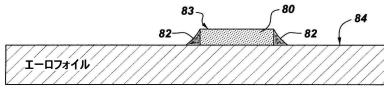


Fig. 5

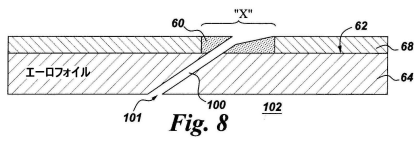
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	
B 2 3 K	26/18	(2006.01)	B 2 3 K 26/18
B 2 3 K	26/382	(2014.01)	B 2 3 K 26/382
B 2 3 K	15/08	(2006.01)	B 2 3 K 15/08
B 2 3 K	15/00	(2006.01)	B 2 3 K 15/00 5 0 5
B 2 6 F	3/00	(2006.01)	B 2 6 F 3/00 S

(72)発明者 ロナルド・スコット・バンカー
アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12309、ニスカユナ、ケイ1-3エイ59、ワン・リサーチ・サークル、ゼネラル・エレクトリック・カンパニー・グローバル・リサーチ

(72)発明者 ビン・ウェイ
アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12309、ニスカユナ、ケイ1-3エイ59、ワン・リサーチ・サークル、ゼネラル・エレクトリック・カンパニー・グローバル・リサーチ

(72)発明者 ファン・チー
中国、 베이징・101101、トンツァウ、クイ・チン・ナン・リ・シ・リュ、ロング・ディン・ユアン、7-611番

審査官 佐藤 健一

(56)参考文献 特開平07-229402 (JP, A)
特表2003-507613 (JP, A)
特開2007-051635 (JP, A)
特開平07-032172 (JP, A)
特開平10-047008 (JP, A)
特開平09-136260 (JP, A)
実開昭61-152702 (JP, U)
特開2002-108440 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 0 1 D 2 5 / 0 0
F 0 1 D 5 / 1 8
F 0 2 C 7 / 0 0
B 2 3 P 1 5 / 0 2
B 2 3 K 2 6 / 3 4、3 5 2、3 8 2