

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2017-533367

(P2017-533367A)

(43) 公表日 平成29年11月9日(2017.11.9)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO1D 25/00 (2006.01)	FO1D 25/00 V	2FO65
GO1M 99/00 (2011.01)	FO1D 25/00 X	2GO24
FO2C 7/00 (2006.01)	FO1D 25/00 L	
GO1B 11/16 (2006.01)	GO1M 99/00 A	
	FO2C 7/00 A	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2016-569635 (P2016-569635)
 (86) (22) 出願日 平成27年5月18日 (2015. 5. 18)
 (85) 翻訳文提出日 平成29年1月12日 (2017. 1. 12)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2015/031289
 (87) 国際公開番号 WO2015/183602
 (87) 国際公開日 平成27年12月3日 (2015. 12. 3)
 (31) 優先権主張番号 14/292, 015
 (32) 優先日 平成26年5月30日 (2014. 5. 30)
 (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】 タービン部品上に歪みセンサを製造する方法

(57) 【要約】

タービン部品上に歪みセンサを製造する方法が、外面を含むタービン部品を設けるステップと、外面の部分上にセラミック材料を堆積させるステップと、少なくとも2つの基準点を含む歪みセンサを形成するようにセラミック材料の少なくとも部分を除去するステップとを含む。

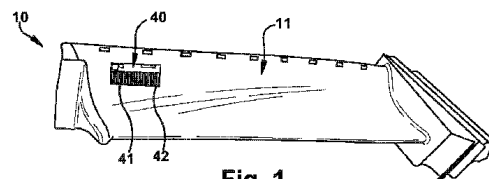


Fig. 1

【選択図】 図 1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

タービン部品（10）上に歪みセンサ（40）を製造する方法（100）であって、
外面（11）を含む前記タービン部品（10）を設けるステップ（110）と、
前記外面（11）の部分上にセラミック材料（30）を堆積させるステップ（120）
と、

少なくとも2つの基準点（41、42）を含む前記歪みセンサ（40）を形成するよう
にレーザ（25）を使用して前記セラミック材料（30）の少なくとも部分（12、45）
を除去するステップ（130）と
を含む、方法（100）。

10

【請求項 2】

前記セラミック材料（30）が除去された所に、視覚的に対照的な材料（35）を堆積さ
せるステップ（140）をさらに含む、請求項1記載の方法（100）。

【請求項 3】

前記セラミック材料（30）の前記少なくとも部分（12、45）を除去する前記ステッ
プ（130）の前に、前記セラミック材料（30）を焼結させるステップをさらに含む、
請求項1記載の方法（100）。

【請求項 4】

前記セラミック材料（30）の前記少なくとも部分（12、45）を除去する前記ステッ
プ（130）の後に、前記セラミック材料（30）を焼結させるステップをさらに含む、
請求項1記載の方法（100）。

20

【請求項 5】

前記タービン部品（10）はニッケルまたはコバルトベースの超合金を含む、請求項1記
載の方法（100）。

【請求項 6】

前記セラミック材料（30）はイットリア安定化ジルコニアを含む、請求項1記載の方法
（100）。

【請求項 7】

前記セラミック材料（30）の前記少なくとも部分（12、45）を除去する前記ステッ
プ（130）は、前記レーザ（25）の複数の経路を含む、請求項1記載の方法（100）
と。

30

【請求項 8】

前記セラミック材料（30）の前記少なくとも部分（12、45）を除去する前記ステッ
プ（130）は、一意識別子（47）を形成するステップをさらに含む、請求項1記載の
方法（100）。

【請求項 9】

堆積装置（20）を使用して、前記外面（11）の第2の部分上に追加セラミック材料（
35）を堆積させるステップ（140）と、少なくとも2つの基準点（41、42）を含
む第2の歪みセンサ（40）を形成するように前記レーザ（25）を使用して前記追加セ
ラミック材料（35）の少なくとも部分を除去するステップとをさらに含む、請求項1記
載の方法（100）。

40

【請求項 10】

タービン部品（10）を監視する方法（200）であって、
外面（11）を含む前記タービン部品（10）を設けるステップ（210）と、
前記外面（11）の部分上にセラミック材料（30）を堆積させるステップ（220）
と、

少なくとも2つの基準点（41、42）を含む歪みセンサ（40）を形成するよう
にレーザ（25）を使用して前記セラミック材料（30）の少なくとも部分（12、45）を
除去するステップ（230）と、

第2の時間間隔に、前記歪みセンサ（40）の前記少なくとも2つの基準点（41、4

50

2)の第1(41)と前記歪みセンサ(40)の前記少なくとも2つの基準点(41、42)の第2(42)との間の第2の距離(D)を測定するステップ(260)と、

前記第2の距離(D)を、第1の時間間隔からの前記歪みセンサ(40)の前記少なくとも2つの基準点(41、42)の前記第1(41)と前記歪みセンサ(40)の前記少なくとも2つの基準点(41、42)の前記第2(42)との間の第1の距離(D)と比較するステップ(270)とを含む、方法(200)。

【請求項11】

除去する前記ステップ(230)の前に、前記セラミック材料(30)を硬化させるステップをさらに含む、請求項10記載の方法(200)。

10

【請求項12】

前記セラミック材料(30)が除去された所に、視覚的に対照的な材料(35)を堆積させるステップをさらに含む、請求項11記載の方法(200)。

【請求項13】

前記第1の時間間隔と前記第2の時間間隔との間で、タービン内の前記タービン部品(10)を利用するステップ(250)をさらに含む、請求項10記載の方法(200)。

【請求項14】

前記タービン部品(10)はニッケルまたはコバルトベースの超合金を含む、請求項10記載の方法(200)。

【請求項15】

前記セラミック材料(30)はイットリア安定化ジルコニアを含む、請求項10記載の方法(200)。

20

【請求項16】

外面(11)と、

前記外面(11)の部分上に堆積されている歪みセンサ(40)であり、少なくとも2つの基準点(41、42)を含む部分的に除去されたセラミック材料(30)を含む、歪みセンサ(40)とを含む、タービン部品(10)。

【請求項17】

前記タービン部品(10)はニッケルまたはコバルトベースの超合金を含む、請求項16記載のタービン部品(10)。

30

【請求項18】

前記タービン部品(10)は高温ガス経路または燃焼部品を含む、請求項16記載のタービン部品(10)。

【請求項19】

前記セラミック材料(30)はイットリア安定化ジルコニアを含む、請求項16記載のタービン部品(10)。

【請求項20】

前記少なくとも2つの基準点(41、42)は、少なくとも部分的に、前記セラミック材料(30)が除去された所で、視覚的に対照的な材料(35)により少なくとも部分的に分離されている、請求項16記載のタービン部品(10)。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本明細書に開示されている主題は歪みセンサに関し、より具体的には、高温用途のために、タービン部品上にセラミック歪みセンサを製造する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば航空機エンジンなどのガスタービンエンジンでは、空気がエンジンの前部内へ引き込まれ、シャフト取付け型回転式圧縮機により圧縮され、燃料と混合される。該混合物

50

が燃焼し、高温排ガスは、シャフト上に取り付けられているタービンを通過する。該ガス流はタービンを回転させ、それによりシャフトが回転し、圧縮機およびファンを駆動する。高温排ガスはエンジンの背部から流動し、該エンジンを駆動し、航空機を前進させる。

【0003】

ガスタービンエンジンの動作中、燃焼ガスの温度は、これらのガスと接触しているエンジンの金属パーツの融解温度よりかなり高い3,000°Fを超える可能性がある。金属パーツの融解温度より高いガス温度でのこれらエンジンの動作は、1つまたは複数の保護コーティングに、かつ/または様々な方法により金属パーツの外面に冷却用空気を供給することに、部分的に左右される可能性がある。高温に特に晒され、したがって冷却に関する特別な注意を必要とするこれらエンジンの金属パーツは、燃焼器および燃焼器の後ろに配置されているパーツを形成している金属パーツである。

10

【0004】

さらに、タービン部品は、その動作寿命に亘って、様々な力による応力および/または歪みに見舞われる可能性がある。比較的標準的な環境において与えられた応力および歪みを測定するのに様々なツールを利用してよいが、タービンエンジンのタービン部品は、そのような測定ツールに適さない可能性がある、より高温のかつ/またはより腐食性の動作条件に直面する可能性がある。

【0005】

したがって、代替的歪みセンサ、およびタービン部品上にセラミック歪みセンサを製造する代替的方法が、当該技術において歓迎されると考えられる。

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2013/0202192号明細書

【発明の概要】

【0007】

一実施形態では、タービン部品上に歪みセンサを製造する方法が開示されている。本方法は、外面を含むタービン部品を設けるステップと、外面の部分上にセラミック材料を堆積させるステップとを含む。本方法は、少なくとも2つの基準点を含む歪みセンサを形成するようにレーザを使用してセラミック材料の少なくとも部分を除去するステップをさらに含む。

30

【0008】

別の実施形態では、タービン部品を監視する方法が開示されている。本方法は、外面を含むタービン部品を設けるステップと、外面の部分上にセラミック材料を堆積させるステップと、少なくとも2つの基準点を含む歪みセンサを形成するようにレーザを使用してセラミック材料の少なくとも部分を除去するステップとを含む。本方法は、第2の時間間隔に、歪みセンサの少なくとも2つの基準点の第1と歪みセンサの少なくとも2つの基準点の第2との間の第2の距離を測定するステップをさらに含む。最後に、本方法は、第2の距離を、第1の時間間隔からの歪みセンサの少なくとも2つの基準点の第1と歪みセンサの少なくとも2つの基準点の第2との間の第1の距離と比較するステップを含む。

40

【0009】

さらに別の実施形態では、タービン部品が開示されている。本タービン部品は、外面と、該外面の部分上に堆積されている歪みセンサとを含み、該歪みセンサは、少なくとも2つの基準点を含む部分的に除去されたセラミック材料を含む。

【0010】

本明細書において検討されている実施形態により提供されているこれらのかつさらなる特徴は、図面と併せて以下の詳細な説明を考慮して、より完全に理解されるであろう。

【0011】

図面に示されている実施形態は、本質的に実例的かつ例示的であり、特許請求の範囲により定められる本発明を限定することを目的としていない。実例的实施形態の以下の詳細

50

な説明は、以下の図面と併せて読むと理解することができ、該図面では、同様の構造は同様の参照番号で示されている。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本明細書に示されているかまたは記載されている1つまたは複数の実施形態による歪みセンサを含む例示的タービン部品の図である。

【図2】本明細書に示されているかまたは記載されている1つまたは複数の実施形態による例示的歪みセンサの図である。

【図3】本明細書に示されているかまたは記載されている1つまたは複数の実施形態によるタービン部品上に堆積されているセラミック材料の横断面図である。

10

【図4】本明細書に示されているかまたは記載されている1つまたは複数の実施形態によるタービン部品上の別の例示的歪みセンサの横断面図である。

【図5】本明細書に示されているかまたは記載されている1つまたは複数の実施形態によるタービン部品上のさらに別の歪みセンサの横断面図である。

【図6】本明細書に示されているかまたは記載されている1つまたは複数の実施形態によるタービン部品上のさらに別の歪みセンサの横断面図である。

【図7】本明細書に示されているかまたは記載されている1つまたは複数の実施形態によるタービン部品上に歪みセンサを製造する例示的方法の図である。

【図8】本明細書に示されているかまたは記載されている1つまたは複数の実施形態によるタービン部品を監視する例示的方法の図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0013】

本発明の1つまたは複数の特定の実施形態が以下に記載される。これらの実施形態を簡潔に説明するように努めた結果、実施の全ての特徴が本明細書に記載されていない可能性がある。当然のことながら、いかなるそのような実施の開発においても、あらゆる工学または設計プロジェクトの場合と同様に、1つ1つの実施で変化する可能性がある、システム関連の制約およびビジネス関連の制約の順守などの、開発者の特定の目的を達成するために非常に多くの実施時固有の決定が下されなければならない。さらに、当然のことながら、そのような開発努力は複雑で時間がかかる可能性があると考えられるが、言うまでもなく、本開示の利益を得る当業者にとって、設計、製作および製造の所定の仕事であると考えられる。

30

【0014】

本発明の種々の実施形態の要素を紹介する場合、冠詞「a」、「an」、「the」および「said（前記）」は、要素の1つまたは複数が存在することを意味するものとする。用語「comprising（含む）」、「including（含む）」および「having（有する）」は包括的であり、列挙されている要素以外に付加的要素が存在する可能性があることを意味するものとする。

【0015】

ここで図1を参照すると、タービン部品10が、タービン部品の外面11の部分上に堆積されているセラミック材料30を含む歪みセンサ40を備えて示されており、セラミック材料の少なくとも部分がレーザにより除去されている。

40

【0016】

タービン部品10は、高温用途において利用されるもの（例えば、ニッケルまたはコバルトベースの超合金を含む部品）などの、様々な特定の部品を含み得る。例えば、いくつかの実施形態では、タービン部品10は燃焼部品または高温ガス経路部品を含み得る。いくつかの特定の実施形態では、タービン部品10は、動翼、ブレード、翼、ノズル、シュラウド、ロータ、トランジションピース、またはケーシングを含み得る。他の実施形態では、タービン部品10は、ガスタービン、産業用ガスタービン、蒸気タービン等のための部品などの、タービンの任意の他の部品を含み得る。

【0017】

50

タービン部品10は外面11を有する。本明細書では当然のことながら、外面11は1つまたは複数の露出部分12を有していてもよく、後に歪み測定値をキャプチャするための歪みセンサ40の位置に適した任意の領域を含み得る。本明細書において用いられている「露出部分」は、少なくとも第1に、セラミックコーティング（例えば、遮熱コーティング等）のない外面11の領域を指す。本明細書では当然のことながら、そのような実施形態では、セラミックコーティングの欠如は、歪みセンサ40の少なくとも2つの基準点41および42を分析する場合、ベース金属/合金がより視覚的に識別可能であることを可能にし得る。本明細書では当然のことながら、いくつかの実施形態では、露出部分12は、後に、歪みセンサ40から視覚的に区別できる、視覚的に対照的な材料35（図4および図5に示されている）などの追加材料でコーティングされる。

10

【0018】

ここで図1～図6を参照すると、セラミック材料30は、タービン部品10の外面11の部分上に堆積されている（図3）。セラミック材料30の部分が、後に、歪みセンサ40を形成するためにレーザ25（図4）により除去される。歪みセンサ40は、一般に、複数の時間間隔で前記少なくとも2つの基準点41と42との間の距離Dを測定するのに使用され得る少なくとも2つの基準点41および42を含む。当業者には当然のことながら、これらの測定値は、タービン部品10のその領域における、歪み量、歪み速度、クリープ、疲労、応力等の判定を助けることができる。少なくとも2つの基準点41および42は、それらの間で距離Dを測定することができる限り、特定のタービン部品10に応じて様々な距離にかつ様々な位置に配設され得る。さらに、少なくとも2つの基準点41および42は、それらが一貫して識別可能でありかつそれらの間で距離Dを測定するのに使用され得る限り、点、線、円、四角形、または任意の他の幾何学的もしくは非幾何学的形状を含み得る。

20

【0019】

歪みセンサ40は、堆積装置20により堆積され、次いでレーザ25により部分的に除去されるセラミック材料を含む。より具体的には、歪みセンサ40自体は、任意のセラミック材料、または（例えば、自動化された付加的製造工程によりセラミック粉末を利用する）堆積、（例えば、レーザ25による）除去、および（例えば、前段で検討されているように、少なくとも2つの基準点41と42との間の距離Dを測定する）光学的認識に適した材料を含む。セラミック歪みセンサ40は、他の歪みセンサ材料と比較して、温度生存性の向上を実現する可能性がある。例えば、いくつかの実施形態では、セラミック材料30は、イットリア安定化ジルコニア（YSZとも呼ばれる）などの遮熱コーティングを含み得る。そのような実施形態では、YSZは、例えばYSZ-D111を含み得る。さらにいくつかの実施形態では、歪みセンサ40は、セラミックトップコート（例えば、YSZ）の堆積を補助する金属ボンドコートおよび/または熱成長酸化物を含み得る。いくつかの特定のタービン部品10（またはその上の少なくとも特定の位置）は、遮熱コーティングを必要とするような高温を受けない可能性があるが、歪みセンサ40のためのそのような利用は、他の歪みセンサ材料（例えば、高分子材料、化学染料等）が壊れ、比較的過酷な環境から消失する可能性があると考えられる場合、その長寿を確実にする可能性がある。

30

40

【0020】

さらにいくつかの実施形態では、歪みセンサ40は、セラミック材料30に加えて、視覚的に対照的な材料35を含み得る。本明細書において用いられている「視覚的に対照的な材料」35は、例えば異なる色または模様によるなど、セラミック材料と視覚的に対照をなす任意の材料を指す。視覚的に対照的な材料35は、操作者および/または機械に対してそれらの位置を視覚的に強調することにより、歪みセンサ40の第1の基準点41および第2の基準点42の認識を容易にするのを助ける可能性がある。視覚的に対照的な材料35は、動作中にタービン部品10上で同様に存続することができる付加的な金属、合金、セラミック等を含み得る。例えば、いくつかの実施形態では、視覚的に対照的な材料35は、その色を変える、セラミック材料30のドーパージョンを含み得る。

50

【0021】

図5に示されているものなどのいくつかの実施形態では、セラミック材料30と視覚的に対照的な材料35とが1つの実質的な層を形成するように、視覚的に対照的な材料35は歪みセンサの凹空間45（すなわちセラミック材料30がレーザ25により除去された所）の内部に直接堆積されてもよい。図6に示されているものなどのさらにいくつかの実施形態では、視覚的に対照的な材料35はタービン部品10上に直接堆積されてもよく、次いで、セラミック材料30は視覚的に対照的な材料35の上に堆積されてもよい。

【0022】

いくつかの実施形態では、歪みセンサ40自体は、下にあるタービン部品10とそれを区別する任意の他の検出可能なタイプの対照的な特性を含み得る。例えば、歪みセンサ40は、タービン部品10と比較して、異なる高さ、粗さ、模様等を含んでいてもよく、異なるエネルギー（例えば、フォトルミネセンス、放熱等）を発してもよく、または任意の他の識別特性を含んでいてもよい。これらのかつ同様の実施形態は、例えば表面計測学、エネルギー放出分析等により、第1の基準点41および第2の基準点42の認識、ならびに第1の基準点41と第2の基準点42との間での測定を容易にする可能性がある。

10

【0023】

本明細書では当然のことながら、セラミック材料30は、十分に高い精密さで堆積して歪みセンサ40を形成するのに適した任意の堆積装置20を使用して堆積されてもよい。例えば、いくつかの実施形態では、堆積装置20は、エアロゾルジェットコータ（例えば、OptomecからのAerosol Jet and LENSシステム）、Micro Dispensing Machine（例えば、Ohcraft, Inc.もしくはnScrypt, IncからのMicropenもしくは3Dn）、Mesoscribe Technologies, Inc.からのMesoPlasma、プラズマスプレー、または任意の他の適切な装置、あるいはそれらの組合せを含み得る。さらにいくつかの実施形態では、セラミック材料30は、適切な厚さ水準を得ることができる限り、エアブラシで吹き付けられてもよい。

20

【0024】

セラミック材料は、次いで、任意の適切なレーザにより除去される。本明細書において用いられている「ablate（除去する）」（およびその変化形）は、レーザ25による任意の材料除去を指す。レーザは、少なくとも2つの基準点41および42を形成するのに十分なセラミック材料を除去するのに適切な電力および形態を含み得る。例えば、いくつかの実施形態では、レーザ25は、約40ワットから約80ワットまでの電力を含み得る。さらにいくつかの実施形態では、レーザ25は、例えば8ワットYVO4クリスタルYAGレーザなどの、40ワット未満の電力を含み得る。いくつかの実施形態では、レーザ25はパルスレーザを含み得る。さらにいくつかの実施形態では、レーザ25は、複数の経路によりセラミック材料30を除去してもよい。そのような要因は、下にあるタービン部品10を実質的に燃焼させることなく、セラミック材料30の除去を容易にする可能性がある。

30

【0025】

いくつかの実施形態では、セラミック材料30は、除去の前に、少なくとも部分的に硬化されてもよい。そのような硬化は、除去の前にセラミック材料30がタービン部品10の外面11上で安定していることを確実にすることを助ける可能性がある。硬化は、任意の適切な温度で適切な時間、例えば約50 から約100 までで少なくとも約2時間、起こる可能性がある。しかし、当然のことながら、任意の他の適切な硬化条件もまた利用され得る。

40

【0026】

本明細書において検討されているように、歪みセンサ40は、少なくとも第1の基準点41と第2の基準点42との間での1つまたは複数の距離測定値の判定を助けるように、様々な認識技術と併せて利用されてもよい。したがって、レーザ25は、例えば機械または人により光学的になど、認識可能な少なくとも第1の基準点41と第2の基準点42と

50

を含む歪みセンサ 40 を画定する適切な分解能を用いて、セラミック材料 30 を除去してもよい。いくつかの実施形態では、レーザ 25 は、少なくとも 15 ミクロンの分解能を用いて、セラミック材料 30 を除去してもよい。さらにいくつかの実施形態では、レーザ 25 は、サブミクロン分解能を用いて、セラミック材料 30 を除去してもよい。

【0027】

いくつかの実施形態では、セラミック材料 30 (および潜在的に任意の視覚的に対照的な材料 35) は、除去の前または後のどちらかに、1 つまたは複数の付加的な硬化段階および/または焼結段階を経てよい。任意の硬化および/または焼結は、特定の種類のセラミック材料 30 に左右される可能性があり、歪みセンサ 40 をタービン部品 10 の外面 11 上に実質的に凝固させる任意の適切な温度および時間を含み得る。いくつかの特定の
10 実施形態では、セラミック材料 30 は、除去の前に少なくとも部分的に硬化され、次いで、除去の後に完全に焼結されてもよい。

【0028】

図 2 ~ 図 6 に最もよく示されている通り、歪みセンサ 40 は、例えば様々な異なる形状、大きさ、および配置の基準点 41 ならびに 42 を組み込むことにより、様々な異なる形態および横断面を含み得る。例えば、図 2 に示されている通り、歪みセンサ 40 は、様々な形状および大きさを含む様々な異なる基準点を含み得る。そのような実施形態は、(図示の) 最外基準点間、2 つの内側基準点間、またはそれらの間の任意の組合せなどの、より多くの種類の距離測定値 D をもたらす可能性がある。より多くの種類は、より多くの種類の位置に亘る歪み測定を実現することにより、タービン部品 10 の特定の部分上でのより安定した歪み分析をさらにもたらす可能性がある。
20

【0029】

さらに、歪みセンサ 40 の寸法は、例えばタービン部品 10、歪みセンサ 40 の位置、測定目標精度、堆積技術、除去技術、および光学的測定技術によって決まる可能性がある。例えば、いくつかの実施形態では、歪みセンサ 40 は、1 ミリメートル未満から 300 ミリメートル超までの長さおよび幅を含み得る。さらに、歪みセンサ 40 は、下にあるタービン部品 10 の性能に著しく影響を及ぼすことなく、堆積、除去、およびその後の光学的認識に適した任意の厚さを含み得る。例えば、いくつかの実施形態では、歪みセンサ 40 は、約 0.1 ミリメートル未満から 1 ミリメートル超までの厚さを含み得る。いくつかの実施形態では、歪みセンサ 40 は実質的に均一の厚さを有し得る。そのような実施形態は、上首尾の除去、および第 1 の基準点 41 と第 2 の基準点 42 との間での、その後の歪み計算のためのより正確な測定を、促進するのを助ける可能性がある。
30

【0030】

いくつかの実施形態では、歪みセンサ 40 は、(周囲の材料が除去されたように) 凸状に堆積された四角形または矩形を含む可能性があり、第 1 の基準点 41 および第 2 の基準点 42 は、前記四角形または矩形の 2 つの対向面を含む。他の実施形態では、歪みセンサ 40 は、凹空間 45 (すなわちセラミック材料 30 が除去された領域) により分離されている少なくとも 2 つの堆積された基準点 41 および 42 を含み得る。凹空間 45 は、例えば、タービン部品 10 の外面 11 の露出部分 12 を含み得る。あるいはまたはさらに、凹空間 45 は、少なくとも 2 つの基準点 41 および 42 の材料と区別される、後に堆積された視覚的に対照的な材料 35 を含み得る。
40

【0031】

図 2 に示されている通り、さらにいくつかの実施形態では、歪みセンサ 40 のセラミック材料 30 は、一意識別子 47 (以下、「UID」) を形成するために除去されてもよい。UID 47 は、その特定の歪みセンサ 40 の認識を容易にする任意のタイプのバーコード、ラベル、タグ、シリアルナンバー、模様、または他の識別システムを含み得る。いくつかの実施形態では、さらにまたはあるいは、UID 47 は、歪みセンサ 40 が上に堆積されているタービン部品 10 またはタービン全体に関する情報を含み得る。それにより、UID 47 は、特定の歪みセンサ 40、タービン部品 10、またはさらにタービン全体の認識および追跡を補助して、過去、現在および未来の動作追跡のための相互に関連がある
50

測定を助けてもよい。

【0032】

それにより、歪みセンサ40は、様々なタービン部品10の1つまたは複数の様々な位置に堆積され得る。例えば、前段で検討されているように、歪みセンサ40は、動翼、ブレード、翼、ノズル、シュラウド、ロータ、トランジションピース、またはケーシング上に堆積され得る。そのような実施形態では、歪みセンサ40は、例えばエーロfoil、プラットフォーム、先端部、もしくは任意の他の適切な位置にまたはそこに近接してなど、ユニット動作中に様々な力に見舞われることで知られている1つまたは複数の位置に堆積され得る。さらに、歪みセンサ40はセラミック材料を含むので、歪みセンサ40は、(他の材料を含む歪みセンサは腐食するかつ/または磨滅する可能性がある)高温に見舞われることで知られている1つまたは複数の位置に堆積され得る。例えば、セラミック材料を含む歪みセンサ40は、高温ガス経路または燃焼タービン部品10上に堆積され得る。

10

【0033】

さらにいくつかの実施形態では、複数の歪みセンサ40が、単一のタービン部品10または複数のタービン部品10上に堆積され得る。例えば、複数の歪みセンサ40が、個々のタービン部品10の周囲のより多くの位置で歪みが判定され得るように、単一のタービン部品10(例えば、動翼)上の様々な位置に堆積され得る。あるいはまたはさらに、各特定のタービン部品10が見舞われた歪み量が他の同様のタービン部品10と比較されるように、複数の同様のタービン部品10(例えば、複数の動翼)が各々、標準的な位置に堆積されている歪みセンサ40を有し得る。さらにいくつかの実施形態では、タービン全体の内部の異なる位置で見舞われた歪み量が判定され得るように、同じタービンユニットの複数の異なるタービン部品10(例えば、同じタービンの動翼および翼)が各々、上に堆積されている歪みセンサ40を有し得る。

20

【0034】

さらに図7を参照すると、タービン部品10上に歪みセンサ40を製造する方法100が示されている。本方法100は、最初に、ステップ110において、タービン部品10を設けるステップを含む。本明細書において検討されている通り、タービン部品10は、外面11を有する任意の部品を含み得る。本方法は、ステップ120において、外面11の部分上にセラミック材料30を堆積させるステップをさらに含む。本方法は、次いで、ステップ130において、セラミック材料30の少なくとも部分を除去して、歪みセンサ40を形成するステップを含む。やはり本明細書において検討されている通り、除去により形成された歪みセンサ40は、少なくとも2つの基準点41および42を含む。いくつかの特定の实施形態では、少なくとも2つの基準点41と42とは、外面11の露出部分により少なくとも部分的に分離されている可能性がある。いくつかの实施形態では、ステップ130における除去は、歪みセンサ40のセラミック材料30を焼結する前に起こってもよい。そのような实施形態では、歪みセンサ40は、歪みセンサ40がグリーン状態にあるように部分的に硬化され、レーザにより除去され、次いで完全に焼結されてもよい。他の实施形態では、歪みセンサ40は、セラミック材料30が完全に焼結された後に除去されてもよい。さらに、これらの实施形態のいくつかでは、本方法100は、ステップ140において、露出部分内に視覚的に対照的な材料35を堆積させて、少なくとも2つの基準点41および42の認識を補助するステップをさらに含む。方法100は、同一タービン部品10上の複数の歪みセンサ40、異なるタービン部品10上の複数の歪みセンサ40、またはそれらの組合せを製造するために、繰り返されてもよい。

30

40

【0035】

さらに図8を参照すると、タービン部品10を監視する別の方法200が示されている。方法100と同様に、方法200は、ステップ220において、外面11の部分上にセラミック材料30を堆積させるステップをさらに含む。本方法200は、次いで、ステップ230において、セラミック材料30の少なくとも部分を除去して、歪みセンサ40を形成するステップを含む。本方法200は、ステップ240において、歪みセンサ40の少なくとも2つの基準点の第1の41と第2の42との間の第1の距離Dを判定するステ

50

ップをさらに含む。いくつかの実施形態では、第1の距離Dを判定するステップは測定により達成され得る。さらにいくつかの実施形態では、セラミック材料30の除去が高解像能で達成される場合など、ステップ240において、第1の距離Dを判定するステップは、単に歪みセンサ40の除去仕様に基づいて距離を知ることにより達成されてもよい。方法200は、次いで、ステップ250において、タービン内のタービン部品10を利用するステップを含む。その後、方法200は、ステップ260において、歪みセンサ40の少なくとも2つの基準点の同じ第1の41と第2の42との間の第2の距離Dを測定するステップを含む。最後に、方法200は、ステップ270において、第1の距離を第2の距離と比較するステップを含む。ステップ270において異なる時間に測定された距離を比較することにより、歪みセンサ40の位置でタービン部品10が見舞われた歪みが判定され得る。

10

【0036】

ここで、当然のことながら、セラミック歪みセンサはタービン部品上に堆積され得る。セラミック歪みセンサは、潜在的に過酷な動作条件に耐えながら、タービン部品性能の監視を容易にする可能性がある。

【0037】

本発明を、限られた数の実施形態のみに関連して詳細に記載したが、本発明はそのような開示されている実施形態に限定されないことが容易に分かるはずである。むしろ、本発明は、前述されていない、任意の数の変形形態、修正形態、置換形態、または同等の装置を組み込むように修正され得るが、それらは本発明の精神および範囲に見合っている。さらに、本発明の種々の実施形態を記載したが、当然のことながら、本発明の態様は、記載されている実施形態のいくつかのみを含む場合がある。したがって、本発明は、前述の説明により限定されると見なされるべきではなく、添付の特許請求の範囲によってのみ限定される。

20

【符号の説明】

【0038】

- 10 タービン部品
- 11 外面
- 12 露出部分
- 20 堆積装置
- 25 レーザ
- 30 セラミック材料
- 35 視覚的に対照的な材料
- 40 歪みセンサ
- 41、42 基準点
- 45 凹空間
- 47 一意識別子 (UID)
- 100、200 方法
- 110、120、130、140、210、220、230、240、250、260、270 ステップ
- D 距離、距離測定値、第1の距離、第2の距離

30

40

【図1】

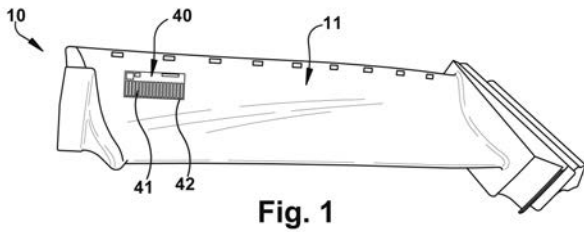


Fig. 1

【図2】

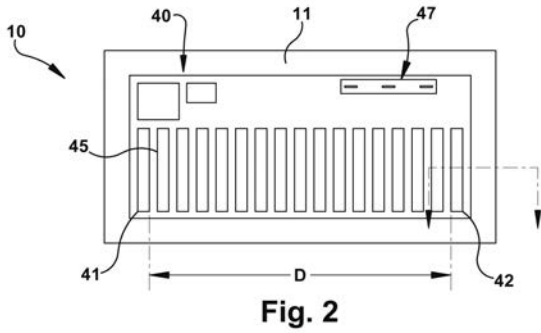


Fig. 2

【図6】

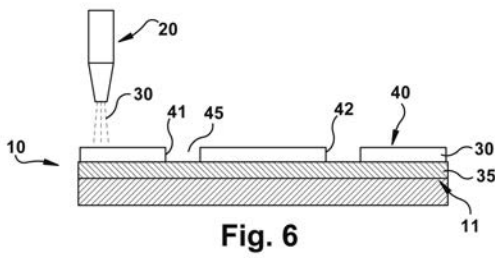


Fig. 6

【図3】

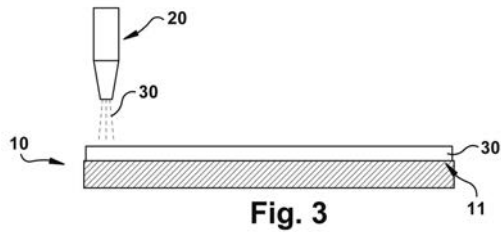


Fig. 3

【図4】

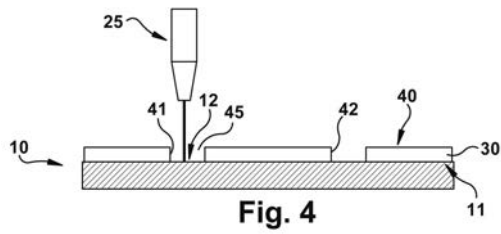


Fig. 4

【図5】

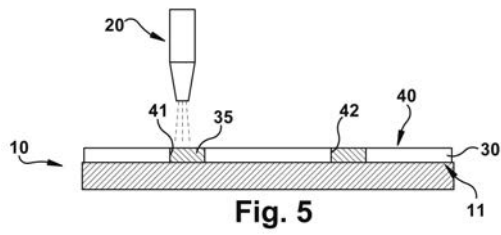


Fig. 5

【図7】

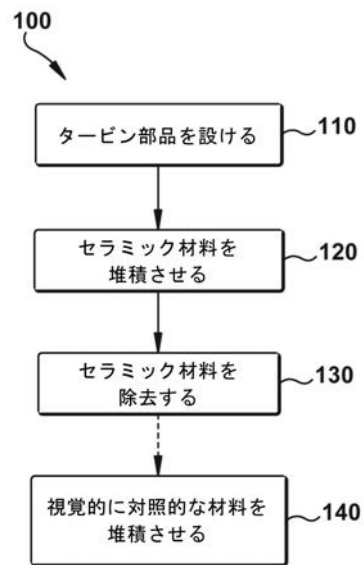


Fig. 7

【 図 8 】

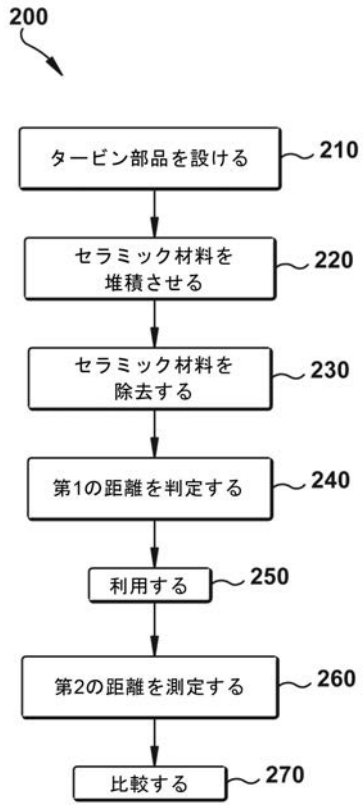


Fig. 8

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2015/031289

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. G01M5/00 F03D11/00 G01M11/08 G01B11/16 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01M F03D G01B G01L		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2013/202192 A1 (TELFER MICHAEL J [US] ET AL) 8 August 2013 (2013-08-08) the whole document	1-20
A	----- EP 2 481 602 A1 (ELECTROLUX HOME PROD CORP [BE]) 1 August 2012 (2012-08-01) abstract figure 4	1,2,10, 12,16
A	----- US 4 396 445 A (SASAKI NAOTO [JP] ET AL) 2 August 1983 (1983-08-02) abstract column 4, line 5 - line 18	3,4
A	----- US 2013/251939 A1 (KLEINOW CHAD DANIEL [US]) 26 September 2013 (2013-09-26) abstract paragraphs [0029], [0030]	11
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 24 July 2015		Date of mailing of the international search report 06/08/2015
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Kister, Clemens

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2015/031289

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2013202192 A1	08-08-2013	US 2013202192 A1 WO 2013165495 A2	08-08-2013 07-11-2013
EP 2481602 A1	01-08-2012	NONE	
US 4396445 A	02-08-1983	JP S6224603 B2 JP S55161902 A US 4396445 A	29-05-1987 16-12-1980 02-08-1983
US 2013251939 A1	26-09-2013	CA 2867913 A1 CN 104203523 A EP 2828052 A2 JP 2015514026 A US 2013251939 A1 WO 2013191771 A2	27-12-2013 10-12-2014 28-01-2015 18-05-2015 26-09-2013 27-12-2013

フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
G 0 1 B 11/16 H

(81) 指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(72) 発明者 ワード, ジョン・デイヴィッド, ジュニア
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・29615、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、
300番

(72) 発明者 トンプソン, クリストファー・エドワード
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・29615、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、
300番

(72) 発明者 ジャーマン, ブライアン・ジョセフ
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・29615、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、
300番

(72) 発明者 パーンサイド, ジェイソン・リー
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・29615、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、
300番

(72) 発明者 ホーヴィス, グレゴリー・リー
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・29615、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、
300番

F ターム(参考) 2F065 AA06 AA22 BB02 BB27 BB28 CC08 FF04 QQ25 RR03
2G024 AD05 AD23 BA12 CA04 DA09 DA16 EA11 FA02 FA03