(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第6154902号
(P6154902)

(45)発行日　平成29年6月28日(2017.6.28)　(24)登録日　平成29年6月9日(2017.6.9)

(51)Int.Cl.		F I		
F01D 5/18	(2006.01)	F01D	5/18	
F01D 9/02	(2006.01)	F01D	9/02	102
F02C 7/00	(2006.01)	F02C	7/00	D
F01D 25/00	(2006.01)	F02C	7/00	C
C04B 37/00	(2006.01)	F01D	25/00	X

請求項の数 16　(全 7 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2015-525428(P2015-525428)
(86)(22)出願日　平成25年6月28日(2013.6.28)
(65)公表番号　特表2015-525851(P2015-525851A)
(43)公表日　平成27年9月7日(2015.9.7)
(86)国際出願番号　PCT/US2013/048404
(87)国際公開番号　WO2014/022040
(87)国際公開日　平成26年2月6日(2014.2.6)
審査請求日　平成28年6月22日(2016.6.22)
(31)優先権主張番号　13/561,445
(32)優先日　平成24年7月30日(2012.7.30)
(33)優先権主張国　米国(US)

(73)特許権者　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　１２３４５、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】タービン補修法、補修皮膜及び補修タービン部品

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

タービンの補修方法であって、

セラミックマトリックス複合材料の基板を含む損傷タービン部品であって、部品が、少なくとも部分的に損傷タービン部品の中空部分内にある高圧領域と低圧領域とを含んでいて、高圧領域が低圧領域よりも高い圧力にあり、損傷タービン部品が高圧領域と低圧領域との間に開口を含んでいる、損傷タービン部品を用意する段階と、

流体中に懸濁された粒子を高圧領域に導入する段階であって、粒子が開口に向かって移動する段階と、

開口を１以上の粒子で少なくとも部分的に補修して、補修タービン部品を形成する段階とを含む方法。

【請求項２】

高圧領域に粒子を導入する段階の前に、高圧領域と低圧領域との間の圧力差を確認する段階をさらに含む、請求項１記載の方法。

【請求項３】

高圧領域の高圧が低圧領域の低圧よりも３％高い、請求項１記載の方法。

【請求項４】

高圧領域の高圧が低圧領域の低圧よりも１０％高い、請求項１記載の方法。

【請求項５】

高圧領域の高圧が低圧領域の低圧よりも３％～１０％高い、請求項１記載の方法。

【請求項６】
粒子が元素態ケイ素を含む、請求項１記載の方法。
【請求項７】
低圧領域が１２００°Ｆ～２５００°Ｆの温度にある、請求項１記載の方法。
【請求項８】
高圧領域が７００°Ｆ～１５００°Ｆの温度にある、請求項１記載の方法。
【請求項９】
粒子が２０ｎｍ未満である、請求項１記載の方法。
【請求項１０】
粒子が２μｍ未満である、請求項１記載の方法。
【請求項１１】
粒子の導入が、圧縮空気での噴射による、請求項１記載の方法。
【請求項１２】
高圧領域が、セラミックマトリックス複合材料を含む層によって画成される、請求項１記載の方法。
【請求項１３】
補修されたタービン部品が、タービンバケット、シュラウド又はノズルである、請求項１記載の方法。
【請求項１４】
補修されたタービン部品が、セラミックマトリックス複合材料上に堆積され、セラミックマトリックス複合材料で囲まれたケイ素材料を含む補修領域を含む、請求項１記載の方法。
【請求項１５】
開口の少なくとも部分的な補修後の粒子の少なくとも一部分が酸化物である、請求項１記載の方法。
【請求項１６】
開口の少なくとも部分的な補修後の粒子の少なくとも一部分が融合している、請求項１記載の方法。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、タービン部品及びタービン部品の補修法に関する。具体的には、本発明は、タービン部品の補修皮膜及び部品の皮膜の補修法に関する。
【背景技術】
【０００２】
ガスタービン部品は、熱的、機械的及び化学的に苛酷な環境に付される。例えばガスタービンの圧縮機部分では、周囲空気が例えば大気圧の１０～２５倍に圧縮され、例えば８００～１２５０°Ｆ（４２７～６７７℃）に断熱加熱される。この加熱・圧縮空気は、燃焼器に送られて燃料と混合される。燃料は着火して、燃焼プロセスでガスは例えば３０００°Ｆ（１６５０℃）を超える極めて高い温度まで加熱される。こうした高温ガスがタービンを流れ、回転タービンディスクに固定された翼形部でエネルギーが抽出され、タービンのファン及び圧縮機を駆動し、排気システムでガスは、発電のための発電機ロータを回転させるのに十分なエネルギーを供給する。
【０００３】
こうした条件下で作動すると、例えば、バケット／ブレードのようなタービン部品への異物の衝突に起因する損傷を受け易くなってしまうおそれがある。バケット／ブレードの損傷は、タービンの作動効率の低下、頻繁な補修、補修スケジュール間隔の短期化、及び／又は経済性の低下を招くおそれがある。
【０００４】

これらの短所の１以上がみられないタービンの現場（インサイツ）補修法、補修皮膜及び補修タービン部品があれば当技術分野で望ましい。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００５】

【特許文献１】米国特許出願公開第２００８／１４２５７５号明細書

【発明の概要】

【０００６】

例示的な実施形態では、タービン補修法は、高圧領域と低圧領域とを含むタービン部品を用意する段階と、高圧領域に粒子を導入する段階と、高圧領域と低圧領域との間の開口を１以上の粒子で少なくとも部分的に補修して補修タービン部品を形成する段階とを含む。

【０００７】

別の例示的な実施形態では、補修皮膜は、二酸化ケイ素材料と、セラミックマトリックス複合材料と、セラミックマトリックス複合材料上に堆積され、セラミックマトリックス複合材料で囲まれた二酸化ケイ素材料を含む補修領域とを備える。

【０００８】

別の例示的な実施形態では、補修タービン部品は、セラミックマトリックス複合層と、セラミックマトリックス複合材料上に堆積され、セラミックマトリックス複合材料で囲まれた二酸化ケイ素材料を含む補修領域とを備える。

【０００９】

本発明のその他の特徴及び利点については、本発明の原理を例示する図面と併せて好ましい実施形態に関する以下の詳細な説明を参照することによって明らかとなろう。

【図面の簡単な説明】

【００１０】

【図１】本開示に係る例示的なタービン部品の例示的なタービン補修法の概略図である。

【図２】本開示に係る例示的なコーティングの例示的なタービン補修法の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【００１１】

図面を通して、同じ部材にはできるだけ同じ符号を用いた。

【００１２】

タービン補修法、補修皮膜及び補修タービン部品を提供する。本開示の実施形態では、タービン部品の耐用年数の増加、皮膜及び／又はタービン部品の現場補修が可能となること、酸化に起因する損傷の防止エンジンハードウェアの損傷の防止又はこれらの組合せが達成される。一実施形態では、例えばブラウン運動及び／又はケイ素分子が有する熱エネルギーによって、冷却通路を通してケイ素分子を移動させ、異物及損傷び／又は内因的損傷によってできた壁の穴に施工させる。分子は、最終的に二酸化ケイ素に変換され、損傷部近傍でのSiO_2種の局所量の増大によってセラミックマトリックス複合材料基板の後退速度を低減させる。

【００１３】

図１及び図２は、例示的なタービン補修法の概略を示す。図１及び図２は、各々、タービン部品１０１Ａと、損傷後のタービン部品１０１Ｂと、本方法の実施形態で補修した後のタービン部品１０１Ｃとを示す。図２は、図１の矢視Ａ－Ａ、矢視Ｂ－Ｂ及び矢視Ｃ－Ｃ断面図である。タービン補修法は、適当なタービン部品１０１で使用できる。図１に示すように、一実施形態では、タービン部品は、タービンバケット１００又はブレードである。他の好適なタービン部品としては、特に限定されないが、ダブテール、シャンク、プラットフォーム、翼形部、先端キャップ、もみの木構造その他の圧力差を有する好適な部品が挙げられる。

【００１４】

図２に示すように、タービン部品１０１は、高圧領域１０３と低圧領域１０５とを含む

。タービン部品１０１の高圧領域１０３は、セラミックマトリックス複合材料１２１を含む１以上の層で区切られる。一実施形態では、セラミックマトリックス複合材料１２１は、タービン部品１０１（例えばタービンバケット１００のコア）内の空洞を画成する。一実施形態では、コアは２以上のキャビティに分けられる。

【００１５】

一実施形態では、タービン部品１０１は、低圧領域１０５に近接して、タービン部品１０１の耐環境コーティング（ＥＢＣ）１１５のような皮膜を含む。一実施形態では、ＥＢＣ１１５はタービン部品１０１の周りに延在し、例えば負圧面及び正圧面全体に延在する。ＥＢＣ１１５は、低圧領域１０５の条件下で作動可能な任意の好適な数の層又は材料を含む。ＥＢＣ１１５の１以上の層は、セラミックマトリックス複合材料に材料を施工させることのできる任意の好適なプロセスで施工される。好適なプロセスの例としては、特に限定されないが、大気プラズマ溶射法、反応イオン注入法、化学気相堆積法、プラズマ化学気相堆積法、ディップ塗工法、電気泳動析出法又はこれらの組合せが挙げられる。好適な層はケイ素系のもの及び／又は二酸化ケイ素を含むもの（例えば、セラミックマトリックス複合材料との化学的適合性を与えるボンドコートなど）である。別の好適な層は遷移層であり、例えば、アルミノケイ酸バリウムストロンチウム（ＢＳＡＳ）、$(Yb, Y)_2Si_2O_7$、アルミノケイ酸バリウムストロンチウムとムライト又はこれらの組合せなどであり、水蒸気浸透耐性、ボンドコートとの化学的適合性、セラミックマトリックス複合材料と適合した熱膨張率又はこれらの組合せをもたらす。別の好適な層はトップコート、例えばY_2SiO_5又はアルミノケイ酸バリウムストロンチウムなどであり、水蒸気後退及び／又はセラミックマトリックス複合材料と適合した熱膨張率を与える。別の実施形態では、ＥＢＣ１１５は熱成長酸化物層を含む。

【００１６】

タービン部品１０１を用いたタービンの作動中、高圧領域１０３と低圧領域１０５とは異なる条件下にある。例えば、作動中、高圧領域１０３は低圧領域１０５よりも圧力が高く、圧力差を生じる。ＥＢＣ１１５及びセラミックマトリックス複合材料１２１の一部が、例えば低圧領域１０５への異物損傷によって除去されると、圧力差が減少する。かかる損傷は、高圧領域１０３と低圧領域１０５との間に開口１０９を生じる。

【００１７】

一実施形態では、異物損傷前のタービン部品１０１Ａは、所定の圧力差、例えば、外側領域（高温ガス通路など）よりも約３～約１０％高い圧力差、及び／又は約３ｐｓｉ超、約５ｐｓｉ超、約５ｐｓｉ、約３～約７ｐｓｉ、約５～約７ｐｓｉの圧力差、或いはこれらの任意の組合せ又は二次的組合せ又は範囲又は部分範囲で作動する。異物損傷の発生時又は発生後、タービン部品１０１Ｂの高圧領域１０３と低圧領域１０５との間の圧力差は減少する。一実施形態では、圧力差の減少を確認するが、これにより目視検査を行わずに損傷を識別することができる。異物損傷の発生に対応して、本タービン補修法が用いられる。

【００１８】

これに加えて或いは代えて、このような異物損傷の確認は、高圧領域１０３に対する所定の圧力範囲及び／又は低圧領域１０５に対する所定の圧力範囲を監視することに基づくことができる。一実施形態では、高圧領域１０３に対する所定の圧力範囲は、外側領域（高温ガス通路及び／又は低圧領域１０５など）よりも約３％～約１０％大きい。異物損傷後に、高圧領域１０３内の圧力は減少する。

【００１９】

高圧領域１０３と低圧領域１０５とは温度差の下でも作動して、温度差をもたらす。例えば、一実施形態では、高圧領域１０３は相対的に低温（例えば約７００～約１５００°Ｆなど）で作動し、低圧領域１０５は相対的に高温（約１２００～約２５００°Ｆなど）で作動する。

【００２０】

異物損傷によって高圧領域１０３と低圧領域１０５との間に開口１０９が形成され、高

圧領域１０３と低圧領域１０５との圧力差が減少する。異物は、上流部分から飛来する構造粒子及び／又は凝集粒子に基づくランダムな大きさを有する。一実施形態では、異物損傷は、約１．４ｍｍ超、約１．６ｍｍ超、約１．８ｍｍ超、約２．０ｍｍ超、約２．２ｍｍ超、或いはこれらの任意の組合せ又は二次的組合せ又は範囲又は部分範囲の寸法をもつ異物に相当する。開口１０９は、ＥＢＣ１１５及びセラミックマトリックス複合材料１２１を通して形成される空隙幾何形状を有する。例えば、一実施形態では、開口１０９は、チャネル、円筒形の陥凹部又は穴、円錐形の陥凹部又は穴、円錐台形の陥凹部又は穴、亀裂／裂け目或いはこれらの任意の組合せである。

【００２１】

損傷を補修するため、開口１０９は、高圧領域１０３を通して導入される１以上の粒子１０７によって少なくとも部分的に補修される。一実施形態では、粒子１０７は、例えばタービンバケット１００のダブテール部分に設けられた供給口１２３から導入される。粒子１０７は、例えば圧力差に基づいて、開口１０９に向かって移動し、セラミックマトリックス複合材料１２１と接触する。粒子１０７の一部分がＥＢＣ１１５と接触し、及び／又は低圧領域１０５に放出される。ＥＢＣ１１５と接触する粒子１０７は実質的に付着しない。セラミックマトリックス複合材料１２１と接触する粒子１０７の少なくとも一部分は付着する。これらの粒子１０７は開口１０９を分断して、損傷通路全体を少なくとも部分的に充填して、圧力差を増大させ、例えば、高圧領域１０３と低圧領域１０５との圧力差が異物損傷の前に存在していた作動範囲内に収まって、タービン部品１０１Ｃが少なくとも部分的に補修される。一実施形態では、粒子１０７は、熱及び／又は酸素の存在によって、融合セラミック及び／又は酸化物（例えば、二酸化ケイ素）のような別の物質へと変換される。

【００２２】

粒子１０７は、高圧領域１０３に導入することができて開口１０９を少なくとも部分的に補修することができる任意の好適な粒子である。一実施形態では、粒子１０７は元素態ケイ素を含む。ある実施形態では、高圧領域１０３の酸素及び／又は水分によって、粒子１０７の一部分又は実質的にすべてが二酸化ケイ素へと変換される。

【００２３】

粒子１０７は、高圧領域１０３に導入することができて開口１０９を少なくとも部分的に補修することができる任意の好適な幾何形状及び寸法のものである。一実施形態では、１以上の粒子１０７は、回転楕円体、球形、直方体、略平面状、複雑な形状、又はそれらの組合せである。一実施形態では、１以上の粒子１０７はナノメートル域の最大寸法を有するナノ粒径のものであり、約２ｎｍ～約１０ｎｍ、約５ｎｍ～約６ｎｍ、約２０ｎｍ未満、約１０ｎｍ未満、約５ｎｍ未満、或いはこれらの任意の組合せ又は二次的組合せ又は範囲又は部分範囲の最大寸法を有する。一実施形態では、１以上の粒子１０７はミクロン域の最大寸法を有するミクロン粒径のものであり、例えば約２μｍ未満、約１μｍ未満、約１μｍ～約２μｍ、約１μｍ、或いはこれらの任意の組合せ又は二次的組合せ又は範囲又は部分範囲の最大寸法を有する。

【００２４】

粒子１０７は、例えば、タービン部品１０１を用いたタービンの連続的なノンストップ運転を可能にする任意の好適な態様で導入される。一実施形態では、粒子１０７は、液体及び／又はガスのような流体中に懸濁される。一実施形態では、粒子１０７は、空気及び／又は他のガスで供給口１２３に噴射することによって導入される。

【００２５】

一実施形態では、粒子１０７は、空気で導入される。一実施形態では、粒子１０７は、空気によって、約０．０７～約４重量ｐｐｍのＳｉ、約０．０７～約０．２重量ｐｐｍのＳｉ、約１～約２重量ｐｐｍのＳｉ、約２～約３重量ｐｐｍのＳｉ、約３～約４重量ｐｐｍのＳｉ或いはこれらの任意の組合せ又は二次的組合せ又は範囲又は部分範囲で導入される。

【００２６】

一実施形態では、粒子１０７は間欠的に導入され、例えば、開口１０９内に毎日約１０００分の１インチの材料を形成するように、約４モルの速度、その他タービン部品１０１を補修することができる任意の速度で導入される。一実施形態では、粒子１０７は、タービン部品を用いたタービンの作動中に導入される。

【００２７】

補修がなされると、バケット１００のようなタービン部品１０１は、セラミックマトリックス複合材料１２１上に堆積され、セラミックマトリックス複合材料１２１で囲まれた二酸化ケイ素材料２０２を含む補修皮膜の補修領域１１１を含むが、この補修領域１１１は、開口１０９のような異物損傷による損傷領域に相当する。一実施形態では、二酸化ケイ素材料２０２は、セラミックマトリックス複合材料１２１及び／又はＥＢＣ１１５の一部分に堆積され、それらの部分によって完全に囲まれる。一実施形態では、二酸化ケイ素材料２０２は、酸化しなかった同伴元素態ケイ素を含む。本実施形態では、補修領域１１１は、二酸化ケイ素とケイ素との中間的な硬度を有する。

【００２８】

本発明を好ましい実施形態に関して説明してきたが、本発明の範囲を逸脱することなく、その要素に様々な変更を加えることができ、均等物で置換することができることは当業者には明らかであろう。さらに、特定の状況又は材料に適応させるために、その本質的範囲から逸脱することなく、本発明の教示に多くの修正を行うことができる。したがって、本発明は、本発明を実施するための最良の形態として開示された特定の実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に属するあらゆる実施形態を包含する。

【図１】

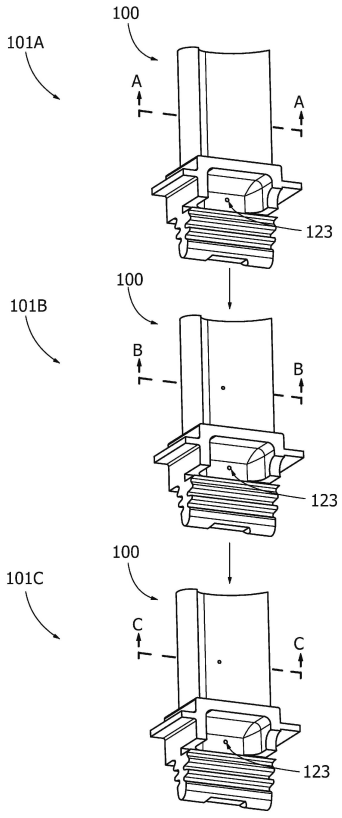

FIG. 1

【図２】

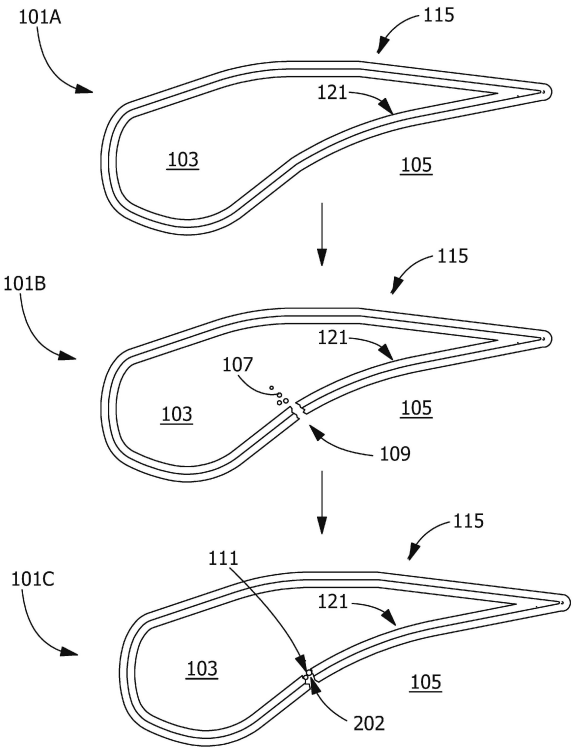

FIG. 2

フロントページの続き

(51)Int.Cl.	FI		
	Ｆ０１Ｄ	25/00	Ｌ
	Ｃ０４Ｂ	37/00	Ａ

(72)発明者　ダス，ルパック
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・２９６１５、グリーンビル、ガーリントン・ロード、３００
(72)発明者　デルボー，ジョン・マッコーネル
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・２９６１５、グリーンビル、ガーリントン・ロード、３００
(72)発明者　ガルシアークレスポ，アンドレス・ホセ
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・２９６１５、グリーンビル、ガーリントン・ロード、３００

審査官　瀬戸　康平

(56)参考文献　特開２００６－７１２７４（ＪＰ，Ａ）
特開２００６－３１２２３２（ＪＰ，Ａ）
特開平９－１４１１５３（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－１１５８５７（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２０１０／０１９３５７４（ＵＳ，Ａ１）
米国特許出願公開第２００７／０１２８０４３（ＵＳ，Ａ１）
米国特許出願公開第２００７／０２３１１５６（ＵＳ，Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｃ２３Ｃ　２４／００
Ｆ０１Ｄ　５／１８，　９／０２，２５／００
Ｆ０２Ｃ　７／００
ＤＷＰＩ（Ｔｈｏｍｓｏｎ　Ｉｎｎｏｖａｔｉｏｎ）