

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4021883号
(P4021883)

(45) 発行日 平成19年12月12日(2007.12.12)

(24) 登録日 平成19年10月5日(2007.10.5)

(51) Int. Cl.	F I	
F02C 7/00 (2006.01)	F02C 7/00	D
C22C 14/00 (2006.01)	F02C 7/00	C
C23C 14/14 (2006.01)	C22C 14/00	Z
C23C 14/16 (2006.01)	C23C 14/14	D
C23C 14/30 (2006.01)	C23C 14/16	B

請求項の数 17 (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2004-229402 (P2004-229402)	(73) 特許権者	590005449
(22) 出願日	平成16年8月5日(2004.8.5)		ユナイテッド テクノロジーズ コーポレーション
(65) 公開番号	特開2005-54801 (P2005-54801A)		UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION
(43) 公開日	平成17年3月3日(2005.3.3)		アメリカ合衆国, コネチカット 06101, ハートフォード, ユナイテッド テクノロジーズ ビルディング
審査請求日	平成16年8月5日(2004.8.5)	(74) 代理人	100096459
(31) 優先権主張番号	10/635694		弁理士 橋本 剛
(32) 優先日	平成15年8月5日(2003.8.5)	(74) 代理人	100092613
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 富岡 潔

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 タービン部材の修理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

損傷部位から第1の材料を失ったTi合金タービン構成部材を修復する方法であって、
裏当て部材の第1の表面の第1の部分を該構成部材に沿うようにかつ該第1の表面の第2の部分を損傷部位に隣接して突出するように配置して、該第1の表面を有する裏当て部材を該構成部材に施し、

Ti基材料が前記構成部材および前記第1の表面の第2の部分に堆積するように、少なくとも部分的に第1の材料の代わりにTi基材料を物理的に堆積させる、
ことを含むことを特徴とする方法。

【請求項2】

前記方法は、前記の施す前に、基体表面を生成するように少なくとも部分的に損傷部位から付加的な材料を除去することをさらに含み、

前記物理的に堆積させることは、少なくとも部分的に第1の材料および付加的な材料の代わりに基体表面の頂上にTi基材料を堆積させる、

ことを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項3】

前記堆積されたTi基材料は、大部分が第1の材料に置き換わることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項4】

前記Ti基材料は、Ti-6Al-4V、Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo、お

よびTi-8Al-1V-1Moから成る群より選択されることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項5】

前記付加的な材料の除去は、大部分が、構成部材の損傷を受けていない部分からであることを特徴とする請求項2記載の方法。

【請求項6】

前記構成部材は、基部およびエーロfoilを有するブレードであり、損傷部位は、エーロfoilの中間スパンシュラウドの胴体中心寄りのエーロfoilの前縁に沿うことを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項7】

損傷部位は、エーロfoilのスパンの15%を超えないまで、中間スパンシュラウドの胴体中心寄りであることを特徴とする請求項6記載の方法。

【請求項8】

前記構成部材は、基部およびエーロfoilを有するブレードであり、損傷部位は、エーロfoilの中間スパンシュラウドの胴体中心寄りのエーロfoilのスパンの20%と、中間スパンシュラウドの胴体中心から離れた方のスパンの10%との間のエーロfoilの前縁に沿うことを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項9】

前記構成部材は、基部およびエーロfoilを有するブレードであり、損傷部位は、エーロfoilの中間スパンシュラウドの胴体中心寄りのスパンの30%と、中間スパンシュラウドの胴体中心から離れた方のスパンの20%との間のエーロfoilの前縁に沿うことを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項10】

前記第1の材料は、少なくとも2.0mmの深さまで失われることを特徴とする請求項6記載の方法。

【請求項11】

前記物理的に堆積させることは、電子ビーム物理蒸着を含むことを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項12】

第2の基体表面を生成するように、少なくとも部分的に裏当て部材を除去し、隣接する堆積された材料および構成部材の予め存在する材料を機械加工し、

より多くのTi基材料を、第2の基体表面の頂上に物理的に堆積させる、

ことをさらに含むことを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項13】

前記Ti基材料を物理的に堆積させることは、蒸着、電子ビーム物理蒸着、および電子ビームフラッシュ蒸着から成る群より選択される方法で物理的な堆積を実施することを含むことを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項14】

前記物理的に堆積させることは、 10^{-3} から 10^{-6} トルの間の圧力で実施されることを特徴とする請求項13記載の方法。

【請求項15】

前記物理的な堆積を実施することは、約 10^{-4} トルの圧力で実施されることを特徴とする請求項13記載の方法。

【請求項16】

前記金属を物理的に堆積させることは、10から50マイクロメートル毎分の間の速度で実施されることを特徴とする請求項13記載の方法。

【請求項17】

前記Ti基材料を物理的に堆積させることは、約20マイクロメートル毎分の速度で実施されることを特徴とする請求項13記載の方法。

【発明の詳細な説明】

10

20

30

40

50

【技術分野】

【0001】

本発明は、タービン部材の修復に関する。より詳細には、本発明は、摩耗または損傷したガスタービンエンジンのファンブレード、および圧縮機ブレードおよびペーンの修復に関する。

【背景技術】

【0002】

ガスタービンエンジンの構成部材は、摩耗および損傷を受ける。特定の構成部材の穏やかな摩耗および損傷でさえ、エンジンの適切な運転を妨げ得る。問題となる特定の領域は、さまざまなブレードおよびペーンのエアフォイルを含む。摩耗および損傷は、これらの空力学的効率を妨げ、動的な力の不均衡を生じ、より極端な場合には摩耗/損傷部品を構造的に危険に曝しさえし得る。限定的な再調整が、わずかに摩耗または損傷したエアフォイルのために一般に行われており、そこでは、付加的な材料が、摩耗/損傷部のさらに下まで除去されて、エアフォイルに、元のまたは以前の輪郭よりは小さいけれども、相対的に効率的で清浄な部分的輪郭を与える。このような再調整を行うことができる限界を確立する例示的な検査基準は、プラット アンド ホイトニー JT8Dエンジンマニュアル(P/N 773128)、ATA 72-33-21、検査-01、ユナイテッド テクノロジーズ コーポレーション、イースト ハートフォード コネチカット、に示されている。このような限界は、位置および特定の用途に応じてエアフォイル間で相違し得る。限界は、除去できる材料の量を制限する構造および特性の配慮に基づく。

10

20

【0003】

さまざまな技術が、ガスタービンエンジンの摩耗または損傷した構成部材のより広範囲に亘る修復のために提案されて来た。米国特許第4,822,238号は、ニッケル基またはコバルト基超合金材料を堆積させるためのプラズマトーチの使用を開示する。米国特許第5,732,467号は、そのようなタービン部材内の亀裂を修理するための高速オキシ燃料(HVOF)および低圧プラズマ溶射(LPFS)技術の使用を特定している。さらに、米国特許第5,783,318号は、レーザ溶接およびプラズマ移動アーク溶接に加えてLPFS技術を特定している。米国特許第6,049,978号は、HVOF技術の使用をさらに特定している。このような技術は、元のまたは元に近い断面を修復するのに置き換え材料を堆積させる限定的能力を提供して来た。しかしながら、置き換え材料の構造的特性は、基体材料の構造的特性に比較して実質的に制限され得る。

30

【特許文献1】米国特許第4,822,248号明細書

【特許文献2】米国特許第5,732,467号明細書

【特許文献3】米国特許第5,783,318号明細書

【特許文献4】米国特許第6,049,978号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特に、より大きな損傷では、損傷を修理するのに所定の位置に溶接できる予め形成された差し込み材を使用することが知られている。このような差し込み材では、損傷した領域は、予め決められた差し込み材の形状に切り取られ、次に、差し込み材が、所定の位置に溶接される。溶接に関連する構造的な限界は、そのような修理技術の能力を、他の技術のようにエアフォイルの相対的に応力の低い領域に制限する。エンジン修理マニュアルは、溶接修理が許容される低応力領域を指定するのが一般的である。従って、摩耗/損傷の程度と、摩耗/損傷した領域が受ける応力との実質的な組み合わせが、そのような技術の使用を制限し得る。高応力領域は、通常、ファンブレードの中間スパンシュラウドの近く(特に、胴体中心寄り)の領域を含む。

40

【課題を解決するための手段】

【0005】

従って、本発明の一態様は、損傷部位から第1の材料を失ったTi合金構成部材を修復

50

図3は、前縁に最も近いエーロフォイルを欠けさせあるいはそれに切り欠きを生じさせて損傷した前縁部分30'を生成する異物損傷(FOD)などに関連する局所的な損傷を示す。図4は、位置30'まで腐食した前縁などのより一般的な損傷を示す。損傷部位は、汚染物質が浄化されているのが有利である。基体材料のさらなる除去は、堆積を受けるのに有利な基体表面を提供し得る。例示的な修復処置では、損傷/摩耗の後に、ブレードの残りの基体材料は、傾斜した前縁の小面または基体表面50(図5)を与えるなどといった予め設定された形状構成に研削される。小面は、凹状圧力面36に対する内角 α_1 で示される。例示的な α_1 は、 120° を超え、より狭くは、 $120^\circ - 130^\circ$ である。小面50の位置/配置は、多数の要因に依存し得るものであり、与えられた修理設備において、エーロフォイル上の与えられた位置におけるどのような損傷も同様の機械加工になるように、損傷の位置に基づいて固定され得る。

10

【0012】

随意に例示された変形物においては、裏当て足場/覆い部材52(図6)が、失われた/除去された材料の位置に隣接して小面50を越えて突出するように、エーロフォイルに取り付けられる。例示的な実施態様では、裏当て部材52は、第1の表面53と第2の表面54とを有する金属製(例えば、アルミニウム)テープとすることができ、第1の表面53の後縁部分は、吸気面34の残りの損傷を受けていない前縁部分に取り付けられる。表面53の前方部分は、失われた前縁30を越えて突出しており、中間部分は、エーロフォイルの元の輪郭に沿う表面34の失われた部分に位置合わせされて延びる。随意の変形物では、表面53は、失われた元の表面輪郭との位置合わせのいずれの側へも、完全にあ

20

【0013】

次に、ブレードは、照準経路502の線に沿って蒸気を放出する蒸気供給源58(図7)に対して配置され得る。供給源/経路は、経路が、表面50および36に対する垂直から外れたわずかな角度 α_2 および α_3 内にあるのが有利である。例示的な α_2 および α_3 は、 30° より小さい。供給源58からの堆積は、第1の修理材料60を堆積させる。これは、エーロフォイルの失われた元の輪郭の圧力面部分を越える表面輪郭62まで堆積させるのが有利である。表面36の曲率は、基体表面50に隣接するそのような表面の堆積を受ける部分に沿う α_3 に、関連する変化を与える。

【0014】

この堆積段階の後に、ブレードは、裏当て部材52を除去し、かつ、堆積された材料60および元の基体材料に沿って延びる第2の小面または基体表面64(図8)を生成するように、さらに機械加工され得る。例示的な実施態様では、この機械加工処理は、吸気面34の以前に損傷を受けていない前縁部分をさらに除去する。表面64および34が、経路502に対する垂直からほんのわずか外れるとともに、第2の付加的な材料66が、失われた元の輪郭の吸気面部分を越える輪郭68に到達するよう表面64および34の頂上に堆積するように、ブレードは、供給源58に対して再配置され得る。堆積された材料60および66は、次に、失われた元の輪郭に有利なことには同一の特定の最終輪郭まで機械加工され得る(図9)。その後、付加的な表面処理と保護被覆の少なくとも一方を施すことができる。

30

40

【0015】

例示的な修復材料は、EBPVDまたはイオン強化EBPVD法により堆積されるTi-6Al-4Vである。EBPVD法は、過渡的な液相が存在しない堆積を介して有利な物理的特性を与えると考えられる。EBPVDは、プラズマ溶射堆積などの他の方法と比較して、より低い残留応力およびより良好な付着性を有すると考えられる。例示的な堆積は、 10^{-3} から 10^{-6} トルの間の圧力、より狭くは約 10^{-4} トルの圧力における真空室内で実施される。例示的な堆積速度は、10から50マイクロメートル毎分の間、より狭くは約20マイクロメートル毎分である。局所的な堆積は、1つまたは複数の段階で実質的に任意の深さまで堆積させることができ、別々の段階は、機械加工またはイオン供給源に対する構成部材の再配置を介在させるいくつかの組み合わせにより特徴づけられる。個別

50

の段階は、2 mmを超えるか、5 mmを超えるか、あるいはそれをもっと超える深さまで材料を適切に堆積できる。特に高価な構成部材では、方法は、失われた特徴部を完全に置き換えるのに使用できる。例えば、ブレードが、一体のディスクおよびブレードリングから破断した場合、置き換えブレードが、ディスクから堆積できる。

【0016】

同じ処理は、失われた材料が従来の修理の限界を超えている場合でさえ、エーロフォイルの後縁に、中間スパンシュラウドの前縁または後縁に、あるいは先端領域に材料を修復するのに使用できる。同様の堆積によって、縁部からより離れた吸気面または圧力面上に修理を行うことができる。そのような修理では、単一の堆積段階が、通常は十分となるであろう。凸面上（例えば吸気面の）では、相対的に平坦な小面の機械加工が、特に都合がよいものとなり得る。凹面上（例えば、圧力面の）では、凹面機械加工（例えば、二重凸面研削クイル（*quill*）を用いる）が、適切なものとなり得る。そのような凹面機械加工では、機械加工面は、その領域全体に沿って蒸気経路に垂直な所望の角度内に留まるのが有利である。

10

【0017】

平坦な小面の研削以外の機械加工も利用できる。効果的な機械加工における最も重要な要素は、後続の堆積のために清浄な基体表面を提供することである。滑らかなのが有利であるとはいえ、所望または許容可能なレベルの粗さが提供できる。ブレードは、堆積される材料内で柱状の不連続性が存在するのを制限するように、各堆積段階において静止した状態にあるのが有利である。

20

【0018】

本発明の1つまたは複数の実施態様を説明した。それにもかかわらず、本発明の精神および範囲から逸脱せずにさまざまな変形を行い得ることが理解されるであろう。例えば、中間スパンシュラウドを有するブレードで特に有用となるとはいえ、方法は、他のブレード、他のタービン構成部材およびタービンのものでない構成部材に適用できる。特定のタービンエンジンの構成部材または他の部品あるいは被った特定の摩耗または損傷の詳細は、任意の与えられた修復の詳細に影響を及ぼし得る。従って、他の実施態様は、添付の請求項の範囲に含まれる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】ガスタービンエンジンのファンのエーロフォイルの図である。

【図2】図1のエーロフォイルの先端内側図である。

【図3】損傷を受けた図1のエーロフォイルの部分断面図である。

【図4】摩耗を受けた図1のエーロフォイルの部分断面図である。

【図5】損傷/摩耗した表面を除去するように機械加工した後の図1のエーロフォイルの部分断面図である。

【図6】裏当て部材を施した後の図5のエーロフォイルの部分断面図である。

【図7】エーロフォイルを再生するように初期の材料を堆積させた後の図6のエーロフォイルの部分断面図である。

【図8】エーロフォイルを再生するようにさらに機械加工しかつ付加的な材料を堆積させた後の図7のエーロフォイルの部分断面図である。

40

【図9】さらに機械加工した後の図8のエーロフォイルの図である。

【符号の説明】

【0020】

20 ... ファンブレード

30 ... 前縁

32 ... 後縁

50 ... 基体表面

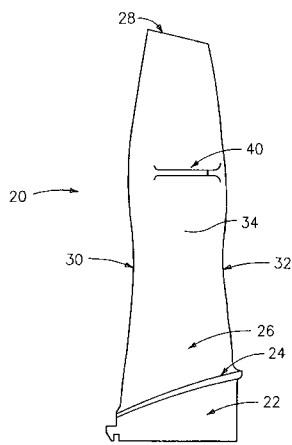
52 ... 裏当て部材

58 ... 蒸気供給源

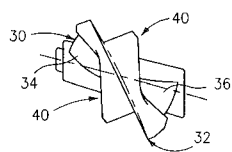
50

- 6 0 ... 第 1 の修理材料
- 6 6 ... 第 2 の付加的な材料
- 5 0 2 ... 照準経路

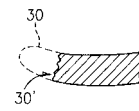
【 図 1 】



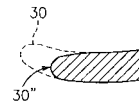
【 図 2 】



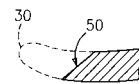
【 図 3 】



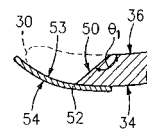
【 図 4 】



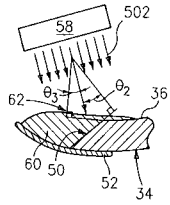
【 図 5 】



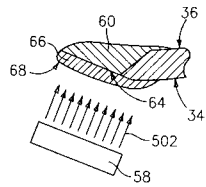
【 図 6 】



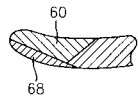
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.			F I		
F 0 1 D	5/28	(2006.01)	C 2 3 C	14/30	Z
F 0 4 D	29/38	(2006.01)	F 0 1 D	5/28	
			F 0 4 D	29/38	G

(72)発明者 ロバート エル・メメン
 アメリカ合衆国, コネチカット, チェシア, エヌ・ブルックスヴェール ロード 580

(72)発明者 ジェームズ ダブリュー・ニール
 アメリカ合衆国, コネチカット, エリントン, マジヤス サークル 25

審査官 寺町 健司

(56)参考文献 特開2002-235557(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 0 2 C	7 / 0 0
F 0 1 D	5 / 2 8
F 0 1 D	2 5 / 0 0
F 0 4 D	2 9 / 3 8
B 2 3 P	6 / 0 0
B 2 3 P	1 5 / 0 2 , 0 4
C 2 2 C	1 4 / 0 0
C 2 3 C	1 4 / 1 4
C 2 3 C	1 4 / 1 6
C 2 3 C	1 4 / 3 0