

(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2012-180549
(P2012-180549A)

(43) 公開日 平成24年9月20日 (2012.9.20)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C 2 3 C 4/02 (2006.01)	C 2 3 C 4/02	3 G 0 0 2
C 2 3 C 4/10 (2006.01)	C 2 3 C 4/10	3 G 2 0 2
C 2 3 C 4/18 (2006.01)	C 2 3 C 4/18	4 K 0 3 1
F 0 1 D 5/28 (2006.01)	F 0 1 D 5/28	
F 0 1 D 25/00 (2006.01)	F 0 1 D 25/00 X	
審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 9 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2011-43293 (P2011-43293)	(71) 出願人	000006208
(22) 出願日	平成23年2月28日 (2011.2.28)		三菱重工業株式会社
			東京都港区港南二丁目16番5号
		(74) 代理人	100112737
			弁理士 藤田 考晴
		(74) 代理人	100118913
			弁理士 上田 邦生
		(72) 発明者	谷川 秀次
			東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
		(72) 発明者	岡矢 尚俊
			東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
		最終頁に続く	

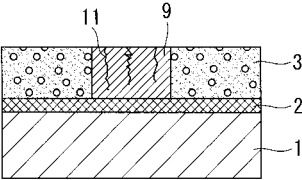
(54) 【発明の名称】 遮熱コーティングの部分補修方法

(57) 【要約】

【課題】耐剥離性の高い補修皮膜を形成する遮熱コーティングの部分補修方法を提供することを目的とする。

【解決手段】遮熱コーティングの部分補修方法は、耐熱合金基材1上に金属結合層2と、ジルコニアを主とするセラミックス層3とが順に形成された部材の前記セラミックス層3の損傷部に、ジルコニアを主とする溶射材を溶射して補修皮膜9を形成する補修皮膜形成工程と、補修皮膜9の周辺のレーザビームの通路となり得る前記セラミックス層3の表面を、レーザ反射能を有する反射材で被覆した後、補修皮膜9の表面にレーザビームを所定条件で照射し、補修皮膜9に縦割れ11を形成する縦割れ形成工程と、を備える。

【選択図】図6



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

耐熱合金基材上に金属結合層と、ジルコニアを主とするセラミックス層とが順に形成された部材の前記セラミックス層の損傷部に、ジルコニアを主とする溶射材を溶射して補修皮膜を形成する補修皮膜形成工程と、

前記補修皮膜の周辺のレーザビームの通路となり得る前記セラミックス層の表面を、レーザ反射能を有する反射材で被覆した後、前記補修皮膜の表面にレーザビームを所定条件で照射し、前記補修皮膜に縦割れを形成する縦割れ形成工程と、
を備える遮熱コーティングの部分補修方法。

【請求項 2】

前記補修皮膜形成工程の前に、少なくとも前記損傷部の周辺の溶射施工の通路となり得る前記セラミックス層の表面を研磨して表面粗度を所定値以下とする表面研磨工程を備え、

前記表面研磨工程の後、前記損傷部の周辺のセラミックス層表面をマスキング材で覆うことなく前記補修皮膜を形成する請求項 1 に記載の遮熱コーティングの部分補修方法。

【請求項 3】

前記補修皮膜形成工程の前に、前記損傷部の表面をブラスト処理し、前記損傷部の表面粗度を所定値以上とする請求項 1 または請求項 2 に記載の遮熱コーティングの部分補修方法。

【請求項 4】

前記表面研磨工程の前に、前記損傷部の周辺に位置する溶射施工の通路となり得る前記セラミックス層の表面に、所定膜厚の溶射皮膜を形成する溶射皮膜形成工程を更に備える請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載の遮熱コーティングの部分補修方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ガスタービンの動静翼や燃焼器などの高温環境で使用される部材に施された遮熱コーティングの部分補修方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

ガスタービンなどの発電装置は、高温環境で使用される。そのため、ガスタービンを構成する静翼や動翼、あるいは燃焼器の壁材などは、耐熱部材で構成される。更に、この耐熱部材の基材上に、遮熱コーティング (Thermal Barrier Coating, TBC) を形成して、耐熱部材を高温から保護することが行われている。

【0003】

TBC は、基材側から金属結合層 (アンダーコート層) とセラミックス層 (トップコート層) とを積層した構成とされる。

金属結合層は、耐酸化性に優れた MCrAlY 合金 (M: Co 及び Ni のうち少なくとも 1 種の元素を表す) を主として含有し、基板上に溶射施工される。金属結合層は、基材への耐食機能、及び、基材とセラミックス層とを結合する結合剤としての機能を備える。

【0004】

セラミックス層は、ジルコニア (ZrO_2) 系セラミックス粉末材料を用いて、金属結合層上に溶射施工される。 ZrO_2 系セラミックス粉末材料としては、希土類元素で安定化された部分安定化ジルコニア、パイロクロア構造を有する希土類元素とジルコニアとの混合粉末などが挙げられる。セラミックス層は高い遮熱性が要求されるため、気孔を含有させたポーラスな組織とされる。

【0005】

TBC のセラミックス層が部分的に損傷した場合、TBC の補修が行われる。一般的な補修方法としては、部材全面にわたりセラミックス層及び金属結合層を剥離させ、部材を表面処理した後、新しい金属結合層及びセラミックス層を順に形成させる。この方法では

10

20

30

40

50

、部材全面での補修が必要になることから、工期が長期間となる上、補修コストが高いという問題がある。そのため、ＴＢＣを部分的に補修する方法が求められている。

【０００６】

ＴＢＣを部分的に補修する方法として、損傷部にセラミックス粒子を溶射して補修皮膜を形成する手法や、セラミックス粒子とバインダー材とを混合させて調製したペースト材を損傷部分に塗布して補修皮膜を形成する手法がある（特許文献１）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００７】

【特許文献１】特開２０１０－５０５号公報（段落〔０００９〕及び〔００１０〕）

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００８】

ＴＢＣを部分的に補修した場合、補修皮膜とその周囲の健全なセラミックス層（健全部）との界面が不連続であるため、補修皮膜が剥離しやすいという問題がある。

【０００９】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、耐剥離性の高い補修皮膜を形成する遮熱コーティングの部分補修方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【００１０】

20

上記課題を解決するために、本発明は、耐熱合金基材上に金属結合層と、ジルコニアを主とするセラミックス層とが順に形成された部材の前記セラミックス層の損傷部に、ジルコニアを主とする溶射材を溶射して補修皮膜を形成する補修皮膜形成工程と、前記補修皮膜の周辺のレーザビームの通路となり得る前記セラミックス層の表面を、レーザ反射能を有する反射材で被覆した後、前記補修皮膜の表面にレーザビームを所定条件で照射し、前記補修皮膜に縦割れを形成する縦割れ形成工程と、を備える遮熱コーティングの部分補修方法を提供する。

【００１１】

補修皮膜にレーザを照射すると、補修皮膜内に急激な温度差が発生し、縦割れが形成される。縦割れが形成された補修皮膜には、間隙が生じるため、熱膨張時の応力を緩和することができる。それによって、補修部分の熱サイクル耐久性が高くなり、耐剥離性が向上する。縦割れとは、補修皮膜の厚さ方向に延びる割れを意味する。

30

【００１２】

セラミックス層の損傷部は構造部材の一部であるため、補修皮膜にレーザを照射するには、レーザが補修皮膜の周囲の健全なセラミックス層（健全部）上を通過しなくてはならない。上記発明によれば補修皮膜の周囲の健全部上を反射材でマスクすることで、レーザ照射によって健全部が損傷することを防止することができる。

【００１３】

上記発明の一態様において、前記補修皮膜形成工程の前に、少なくとも前記損傷部の周辺の溶射施工の通路となり得る前記セラミックス層の表面を研磨して表面粗度を所定値以下とする表面研磨工程を備え、前記表面研磨工程の後、前記損傷部の周辺のセラミックス層表面をマスキング材で覆うことなく前記補修皮膜を形成することが好ましい。

40

【００１４】

通常の溶射施工において、補修皮膜を部分的に形成する際、溶射皮膜を形成させたい領域の周辺をマスキング材で覆い、その上で溶射フレームが走査される。上記発明の一態様によれば、通常マスキング材で覆われるべき溶射施工の通路となり得る領域の表面は研磨されている。このような表面を有する基材には溶射膜が定着できないため、マスキング材を使用することなく部分的に補修皮膜を形成することが可能となる。

【００１５】

マスキング材を用いた場合、補修皮膜を形成した後にマスキング材を除去する。それに

50

より補修皮膜とその周囲の健全部との境界に段差が生じるため、この段差を除く後処理工程が必要となる。上記発明の一態様によれば、補修皮膜とその周囲の健全部との境界に段差が発生しにくくなるため、後処理工程を簡略化することが可能となる。

【0016】

上記発明の一態様において、前記補修皮膜形成工程の前に、前記損傷部の表面をブラスト処理し、前記損傷部の表面粗度を所定値以上とすることが好ましい。

【0017】

損傷部の表面粗度を所定値以上とすることで、損傷部に溶射された補修皮膜が下地にしっかりと定着することができる。

【0018】

上記発明の一態様において、前記表面研磨工程の前に、前記損傷部の周辺に位置する溶射施工の通路となり得る前記セラミックス層の表面に、所定膜厚の溶射皮膜を形成する溶射皮膜形成工程を更に備えることが好ましい。

【0019】

予め溶射皮膜を形成させておくことにより、健全部のセラミックス層は、表面研磨工程で研磨した後も所望の膜厚を保持することが可能となる。所定膜厚は、表面研磨工程で表面粗度を所定値以下とする際に減少する膜厚相当とすることが好ましい。

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、補修皮膜に縦割れを形成することで、補修部の熱サイクル耐久性を向上させることができる。また、予め溶射施工の通路となり得るセラミックス層の表面を研磨しておくことで、補修皮膜形成の前後の処理工程を簡略化し、作業性を向上することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】第1実施形態における被補修部材の部分断面図である。

【図2】第1実施形態で想定される溶射フレームの通路を示す図である。

【図3】マスキング材で被覆した被補修部材を上面から平面視した図である。

【図4】第1実施形態に係るレーザビームの通過経路を示す図である。

【図5】反射材で被覆した被補修部材を上面から平面視した図である。

【図6】第1実施形態における補修された被補修部材の部分断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下に、本発明に係る遮熱コーティングの部分補修方法の一実施形態について、図面を参照して説明する。

(第1実施形態)

図1に、本実施形態における被補修部材の部分断面図を示す。被補修部材10は、母材1上に、金属結合層2とセラミックス層3とからなるTBCが積層された構成とされ、セラミックス層3の一部が損傷している。本実施形態では、半径20mm以下程度の損傷部4を主な補修対象とする。

【0023】

母材1は、IN738LCなどのNi基耐熱合金などとされる。

金属結合層2は、母材1上に低圧プラズマ溶射法などにより形成されている。金属結合層2は、MCrAlY合金(Mは、Ni、Coのうち少なくとも1種の元素を示す)などとされ、一般的に、0.05mm以上0.2mm以下の厚さとされる。

【0024】

セラミックス層3は、金属結合層2上に大気プラズマ溶射法(APS)によって形成されている。セラミックス層3は、ジルコニア(ZrO_2)を主成分とするセラミックスからなる。例えばセラミックス層3としては、YSZ(イットリア安定化ジルコニア)、YbSZ(イッテルピア安定化ジルコニア)、DySZ(ジスプロシア安定化ジルコニア)

10

20

30

40

50

、 ErS Z （エルピア安定化ジルコニア）、 $\text{SmYbZr}_2\text{O}_7$ などが挙げられる。セラミックス層3は、一般的に、厚さ0.1mm以上1mm以下、気孔率1体積%以上30体積%以下とされる。

【0025】

本実施形態に係る部分補修方法は、補修皮膜形成工程及び縦割れ形成工程を備えている。

まず、損傷部4の周辺の溶射施工の通路となり得るセラミックス層3の表面をマスキング材で被覆する。図2に、本実施形態で想定される溶射フレーム5の通路を示す。同図は、被補修部材10を上面（セラミックス層側）からみた平面図である。図3に、マスキング材6で被覆した被補修部材10を上面から平面視した図を示す。

10

【0026】

次に、損傷部4の表面（底面）を必要に応じて適宜ブラスト処理し、損傷部4の表面粗度を所定値以上とする。所定値は7Raよりも大きく、好ましくは9Ra～15Ra程度とすると良い。そのようにすることで、次工程で溶射施工した際に、補修皮膜がアンカー効果により下地の凹凸に引っかかり、下地に強固に接着される。

【0027】

次に、ジルコニアを主とする溶射材を用いて溶射により損傷部4に補修皮膜9を形成する（補修皮膜形成工程）。溶射材は、損傷部4の周辺の健全なセラミックス層3（健全部）と同一の組成とされるが、異なる組成であっても良い。本実施形態では、図2に示すように、溶射フレーム5を被補修部材の一端部側から他端部側に向けて損傷部4上を通過するよう走査した後、他端部で上記走査方向に対して垂直方向に位置をずらしてから折り返して一端部へ向けて損傷部4上を通過するよう走査する。これを適宜繰り返すことで、損傷部4に補修皮膜が形成される。

20

【0028】

補修皮膜は、例えば、スルザーメテコ社製溶射ガン（例えばF4ガン）を用いて、溶射法に用いる粉末を溶射電流600（A）、溶射距離150（mm）、粉末供給量60（g/min）、Ar/H₂量；35/7.4（l/min）の代表的条件により成膜することが可能である。

【0029】

次に、マスキング材6を外し、健全部と補修皮膜との界面に生じた段差を除去する。

30

【0030】

次に、補修皮膜の周辺のレーザービームの通路となり得るセラミックス層3の表面を、レーザー反射能を有する反射材で被覆した後、補修皮膜の表面にレーザービームを所定条件で照射する（縦割れ形成工程）。図4に、レーザービーム7の通過経路を示す。図5に、反射材8で被覆した被補修部材10を上面から平面視した図を示す。

【0031】

反射材8は、粉体または薄板状体とされ、有機系光吸収剤を含む耐熱性樹脂で構成されることが好ましい。詳細には、反射材8は、厚さ3mmの薄板状体に加工された光吸収剤含有耐熱性樹脂のレーザー光に対する吸収率と反射率との和が、60%以上90%以下、好ましくは65%以上85%以下であると良い。上記光学特性となるように、有機系光吸収剤との混合比率が調整される。

40

【0032】

耐熱性樹脂は、融点が200以上、好ましくは250以上の熱可塑性樹脂とされる。例えば、ポリフェニレンサルファイド、ポリアミド66、ポリアミド46、ポリエチレンテレフタレート、ポリシクロヘキサジメチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレート、ポリテトラフルオロエチレン、パーフルオロアルコキシアルカン、エチレン・テトラフルオロエチレンコポリマーなどが挙げられる。

【0033】

有機系光吸収剤は、使用されるレーザービームの波長近傍に吸収があるものとされる。例えば、Nd:YAGレーザーを使用する場合、有機系光吸収剤は、波長1064nm近傍に

50

吸収があることが好ましい。有機系光吸収剤としては、構成元素に金属を含有しないアジン系染料が好適である。アジン系染料は上記波長領域近傍に吸収を有し、耐熱性及び耐光性に優れる。例えば、オリエント化学工業社製 L T W - 8 1 7 0 C、L T W - 8 4 0 0 C、L T W - 8 9 5 0 H、L T W - 8 0 0 0 C、L W T - 8 9 0 1 H、L A W - 4 8 0 1 などとされる。

【 0 0 3 4 】

有機系光吸収剤は、耐熱性樹脂中に分散して含有される。有機系光吸収剤は、耐熱性樹脂の表面に単独で塗布されても良い。あるいは、有機系光吸収剤は、耐熱性樹脂中に分散され、耐熱性樹脂と共に補修皮膜 9 周辺の健全部の表面に塗布されても良い。

【 0 0 3 5 】

レーザビームは、図 4 に示すように、レーザビームを被補修部材 1 0 の一端部側から他端部側に向けて補修皮膜 9 上を通過するよう走査した後、他端部で上記走査方向に対して垂直方向に位置をずらしてから折り返して一端部へ向けて補修皮膜 9 上を通過するよう走査する。これを繰り返し、補修皮膜 9 全面にレーザビームを照射させる。それによって、レーザビーム照射部近傍に、図 6 に示すような、補修皮膜 9 の厚さ方向に延びる縦割れ 1 1 が形成される。

【 0 0 3 6 】

レーザビームは、パワー密度 $40 \sim 200 \text{ W/mm}^2$ 、エネルギー密度 $2 \sim 5 \text{ J/mm}^2$ の範囲で、且つ両密度の積を $180 \text{ W/mm}^2 \cdot \text{J/mm}^2$ 以上となる条件で照射することが好ましい。そのようにすることで、健全性を保ちつつ熱応力を緩和可能な補修皮膜 9 とすることができる。

【 0 0 3 7 】

(第 2 実施形態)

本実施形態は、補修皮膜形成工程の前に、表面研磨工程を備えることを特徴とする。

まず、損傷部 4 の周囲をブラスト用のマスキング材で被覆する。ブラストのみを対象としたマスキングなので、溶射用のマスキングと比べて被覆領域は小さい。次に、第 1 実施形態と同様に損傷部 4 の表面 (底面) を必要に応じて適宜ブラスト処理する。

【 0 0 3 8 】

ブラスト用のマスキング材を外した後、損傷部 4 の周辺に位置する溶射施工の通路となり得るセラミックス層 3 の表面を研磨して表面粗度を所定値以下とする (表面研磨工程)。研磨する領域は、第 1 実施形態においてマスキング材 6 で被覆した領域と同等とする。また、被補修部材 1 0 上の健全なセラミックス層 3 の全面を研磨しても良い。所定値は、7 R a 以下、好ましくは 5 R a 以下、更に好ましくは 3 R a 以下とされる。表面粗度を所定値以下とすることで、その上に溶射された溶射膜が下地に強固に接着することができなくなる。

【 0 0 3 9 】

次に、溶射施工の通路となった領域 (または補修部材上の健全なセラミックス層の全面) の表面、補修皮膜の表面、及び健全部と補修皮膜との界面を適宜表面処理し、表面粗度を 7 R a 以下とする。健全部と補修皮膜との界面に膜厚に起因した段差が生じていた場合であっても、その段差は、第 1 実施形態で生じた段差よりもかなり小さい。そのため、段差を除去し、且つ補修皮膜の表面を所望の粗度とするための作業時間を短縮できる。

【 0 0 4 0 】

本実施形態によれば、マスキング材 6 で覆うべき領域を研磨した後にマスキング材を使用せずに溶射施工するため、溶射用のマスキング工程を省略できるだけでなく、被補修部材の空力特性も向上させることができる。被補修部材がガスタービンの動翼のような高速で回転する部材の場合、表面粗度を滑らかにすることは、ガスタービンの効率向上につながる。

【 0 0 4 1 】

次に、第 1 実施形態と同様に補修皮膜にレーザビームを照射し、縦割れを形成する。

【 0 0 4 2 】

10

20

30

40

50

(第3実施形態)

本実施形態は、表面研磨工程の前に、溶射皮膜形成工程を備えることを特徴とする。

まず、第2実施形態と同様に損傷部4の表面をブラスト処理する。次に、損傷部及び該損傷部の周辺に位置する溶射施工の通路となり得るセラミックス層の表面に、所定膜厚の溶射皮膜を形成する。溶射条件は、補修皮膜形成工程と同様とすると良い。所定膜厚は、表面研磨工程で表面粗度を所定値以下とする際に減少する膜厚相当とすることが好ましい。例えば、所定膜厚は50 μ m程度とされる。

次に、第2実施形態と同様に表面研磨工程、補修皮膜形成工程、縦割れ形成工程を実施する。

【0043】

10

本実施形態は、被補修部材上の健全なセラミックス層の膜厚が薄い場合に適用されると良い。本実施形態によれば、予め溶射皮膜を形成しておくことで、健全部のセラミックス層は、表面研磨工程で研磨した後も所望の膜厚を保持することが可能となる。

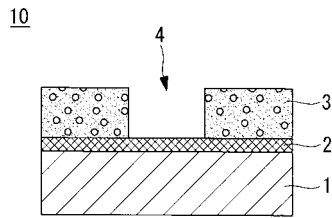
【符号の説明】

【0044】

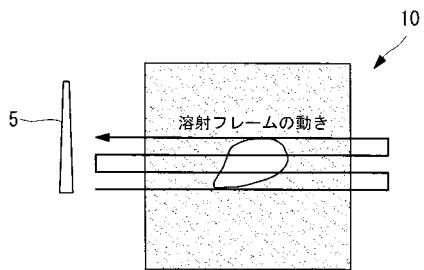
- 1 母材(耐熱合金基材)
- 2 金属結合層
- 3 セラミックス層(健全部)
- 4 損傷部
- 5 溶射フレーム
- 6 マスキング材
- 7 レーザビーム
- 8 反射材
- 9 補修皮膜
- 10 被補修部材
- 11 縦割れ

20

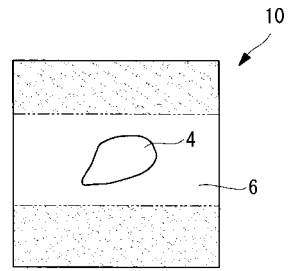
【図 1】



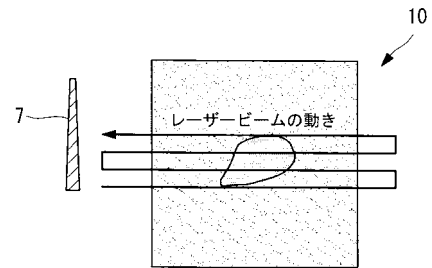
【図 2】



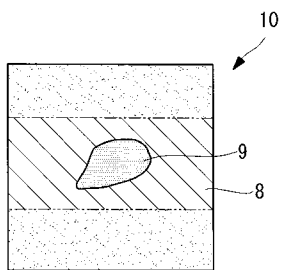
【図 3】



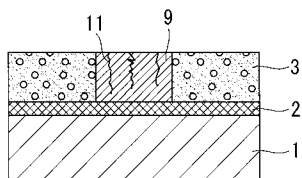
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)
F 0 2 C 7/00 (2006.01) F 0 2 C 7/00 D

(72)発明者 妻鹿 雅彦

東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内

F ターム(参考) 3G002 EA05 EA08

3G202 EA05 EA08

4K031 AB02 BA01 CB21 CB22 CB26 CB27 CB42 DA01 DA04 EA01

FA01 FA04 FA07 FA13