

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4201954号
(P4201954)

(45) 発行日 平成20年12月24日(2008.12.24)

(24) 登録日 平成20年10月17日(2008.10.17)

(51) Int. Cl. F I
B 2 3 K 26/34 (2006.01) B 2 3 K 26/34
B 2 3 K 15/00 (2006.01) B 2 3 K 15/00 5 0 5
F 0 1 D 5/28 (2006.01) F 0 1 D 5/28

請求項の数 3 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2000-89073 (P2000-89073)	(73) 特許権者	000003078 株式会社東芝
(22) 出願日	平成12年3月28日 (2000. 3. 28)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(65) 公開番号	特開2001-269784 (P2001-269784A)	(74) 代理人	100064285 弁理士 佐藤 一雄
(43) 公開日	平成13年10月2日 (2001. 10. 2)	(74) 代理人	100091982 弁理士 永井 浩之
審査請求日	平成17年8月18日 (2005. 8. 18)	(74) 代理人	100096895 弁理士 岡田 淳平
		(74) 代理人	100106655 弁理士 森 秀行
		(72) 発明者	日 野 武 久 神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地 株式会社東芝 京浜事業所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 Ni基単結晶超合金からなるガスタービン翼の補修方法およびその装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

Ni基単結晶超合金からなるガスタービン翼の補修方法であって、
 損傷部位の近傍を除去する工程であって、除去した結果として現れる表面が結晶の優先成長方位である[001]方位を向くように除去する工程と、

除去部分に基材と同一あるいは類似組成の材料粉末を供給するとともに前記材料粉末を、加熱ビームを発生する材料粉末溶解用トーチを用いて溶解して、前記除去部分に積層させる工程と、を含むガスタービン翼の補修方法において、

前記材料粉末溶解用トーチに加えて前記材料粉末溶解用トーチより低い出力密度の加熱ビームを発生する基材加熱用トーチを用い、前記除去部分に形成される溶融池の等温線の法線方向を前記[001]方位に近づけるように前記基材加熱用トーチにより加熱を行いながら、前記材料粉末溶解用トーチにより前記材料粉末を溶解することを特徴とする、ガスタービン翼の補修方法。

【請求項2】

前記基材加熱用トーチにより前記除去部分の両側の基材の表面を加熱しながら、前記材料粉末溶解用トーチにより前記材料粉末を溶解することを特徴とする、請求項1記載のガスタービン翼の補修方法。

【請求項3】

Ni基単結晶超合金からなるガスタービン翼を補修するための装置であって、
除去した結果として現れる表面が結晶の優先成長方位である[001]方位を向くよう

10

20

に損傷部位の近傍を除去したガスタービン翼を姿勢変化可能に保持する姿勢制御装置と、溶加材としての材料粉末を供給する粉末供給装置と、加熱ビームを発生する材料粉末溶解用トーチと、前記材料粉末溶解用トーチより低い出力密度の加熱ビームを発生する基材加熱用トーチと、

前記ガスタービン翼の除去した部分に形成される溶融池の等温線の法線方向を前記 [0 0 1] 方位に近づけるように前記基材加熱用トーチにより加熱を行いながら、前記材料粉末溶解用トーチにより前記材料粉末を溶解する制御を行なうコントローラと、を備えたことを特徴とするガスタービン翼の補修装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、Ni基超合金からなるガスタービン単結晶翼の補修再生技術に関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

長時間運転に供したガスタービン動静翼には、熱応力やクリープ等により翼部に開口亀裂が発生することがある。また、ガスタービン翼は高温ガスの流れの中に曝されるため、コーティング無しガスタービン翼ではエロージョンやコロージョンによりガス入口側が減肉している事例が多く見られる。

【 0 0 0 3 】

図1はこのような長時間運転した後のガスタービン動翼1を示しており、翼全面に酸化皮膜が生成するとともに翼前縁部を中心に翼材料の減肉2、翼プラットホーム上から翼先端部に向けて亀裂3が発生する。これらの減肉および亀裂が生成するとガスタービンの運転時にかかる応力を残った部材部分では受け持てなくなるため、何らかの補修を行う必要がある。

【 0 0 0 4 】

近年では、ガスタービンの高温化に伴い、従来から使用されてきた普通鑄造翼および一方凝固翼に代わり、単結晶翼が使用されるようになってきている。単結晶翼の材料としてはNi基超合金が使用されている。

【 0 0 0 5 】

このようなNi基超合金からなる単結晶翼は、従来型の翼に比べて耐久性は優れてはいるものの、長時間使用すれば開口亀裂等の損傷発生は避けられない。単結晶翼は、材料費および加工費が非常に高価であるため、運用コスト低減の観点からは補修を行いながら使用することが前提となる。

【 0 0 0 6 】

ところで、Ni基単結晶超合金翼を補修する上では、二つの大きな解決すべき問題がある。Ni基超合金自体の溶接性の悪さに起因した溶接割れの問題、もう一つは、肉盛りを行う際に、補修部に単結晶材料のメリットを大幅に損なう結晶粒界が形成されてしまうという問題である。

【 0 0 0 7 】

この問題を解決するための手法の一例が特開平9-110596号に開示されている。ここに開示された手法は、切除面が基材の優先結晶成長方向を向くように損傷部位を削除し、その後、溶加材を添加するとともに比較的低い出力密度で照射面でのビーム直径が比較的大きくなるように、かつ比較的長時間にわたってレーザービームを照射して深さの幅に対する比が小さい溶融池を生成して補修を行うというものである。

【 0 0 0 8 】

しかし、この方法は、補修部位を広範囲にわたって削除する必要があり、また、溶解に時間がかかるため、非効率的である。また、溶融池の幅方向端部における結晶成長方向は他の部位に比べて大幅に異なることになる。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 9 】

【 発明が解決しようとする課題 】

本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、効率的で、かつ結晶粒界が生成される可能性を最小限にすることができ、かつ溶接割れを防止することができるガスタービン Ni 基単結晶翼の補修方法を提供することを目的としている。

【 0 0 1 0 】

【 解決を解決するための手段 】

上記目的を達成するため、本発明は、Ni 基単結晶超合金からなるガスタービン翼の補修方法であって、損傷部位の近傍を除去する工程であって、除去した結果として現れる表面が結晶の優先成長方位である [0 0 1] 方位を向くように除去する工程と、除去部分に
10
基材と同一あるいは類似組成の材料粉末を供給するとともに前記材料粉末を、加熱ビームを発生する材料粉末溶解用トーチを用いて溶解して、前記除去部分に積層させる工程と、を含むガスタービン翼の補修方法において、前記材料粉末溶解用トーチに加えて前記材料粉末溶解用トーチより低い出力密度の加熱ビームを発生する基材加熱用トーチを用い、前記除去部分に形成される溶融池の等温線の法線方向を前記 [0 0 1] 方位に近づけるように前記基材加熱用トーチにより加熱を行いながら、前記材料粉末溶解用トーチにより前記材料粉末を溶解することを特徴とするものである。

【 0 0 1 1 】

本発明によれば、材料粉末溶解用トーチより低い出力密度の加熱ビームを発生する基材加熱用トーチを専用に設け、除去部分に形成される溶融池の等温線の法線方向を [0 0 1] 方位に近づけるように基材加熱用トーチにより加熱を行いながら、材料粉末溶解用トーチにより材料粉末を溶解することにより、補修部位の単結晶化が容易となり、また溶接割れも生じにくくなる。さらに、補修効率を向上させることができる。
20

【 0 0 1 2 】

また、本発明は、Ni 基単結晶超合金からなるガスタービン翼を補修するための装置であって、除去した結果として現れる表面が結晶の優先成長方位である [0 0 1] 方位を向くように損傷部位の近傍を除去したガスタービン翼を姿勢変化可能に保持する姿勢制御装置と、溶加材としての材料粉末を供給する粉末供給装置と、加熱ビームを発生する材料粉末溶解用トーチと、前記材料粉末溶解用トーチより低い出力密度の加熱ビームを発生する基材加熱用トーチと、前記ガスタービン翼の除去した部分に形成される溶融池の等温線の
30
法線方向を前記 [0 0 1] 方位に近づけるように前記基材加熱用トーチにより加熱を行いながら、前記材料粉末溶解用トーチにより前記材料粉末を溶解する制御を行なうコントローラと、を備えたガスタービン翼の補修装置を提供する。この装置によれば、本発明方法を容易に実施することができる。

【 0 0 1 3 】

【 発明の実施の形態 】

以下に図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。なお、以下においては、図 1 に示したように翼長手方向に入った亀裂 3 の補修方法について説明することとする。

【 0 0 1 4 】

なお、亀裂の進展状況はコーティング施工翼、コーティング未施工翼ともほぼ同様であり、
40
動翼表面に M C r A l Y (ここで M は Ni, Co, Fe あるいはそれらの合金を示す)、アルミナ化、クロマイジング、シリコナイジングあるいはそれらの複合処理を施した耐食コーティング施工翼および耐食コーティング上層に Y₂O₃ - ZrO₂, MgO - ZrO₂ 等の遮熱コーティングを施した翼についても、コーティングを剥がした後はコーティング未施工翼と同様に下記の手法により補修が可能である。

【 0 0 1 5 】

補修を行うに際しては、まず、予め調べておいたガスタービン単結晶翼 1 (以下、単に「翼」という)の結晶成長方位データに基づいて、溶加材を積層させる方向が、図 2 (a) に示すように Ni 基合金の優先結晶成長方向である [0 0 1] 方位となるように亀裂を含む部位をグラインダーを用いて切削除去して (図 2 の鎖線参照) 溝状の除去部 4 を形成す
50

る。すなわち、除去部 4 の底壁 4 a の向き（底壁表面の法線方向）が [0 0 1] 方位と平行になるようにする。なお、本例では除去部 4 の側壁 4 b の向き（側壁表面の法線方向）を [0 0 1] 方位と垂直としているが（図 2（b）参照）、必ずしもこのようにする必要はなく、側壁 4 b の法線が [0 0 1] 方位となす角度が 90 度以外の角度であってもよい。

【 0 0 1 6 】

なお、切削除去作業を行う場合の基礎となる翼 1 の結晶成長方位データは、運転後に計測したデータ、新品製造時に計測されて保管しているデータのいずれを用いてもよい。また、損傷部近傍の除去を行う加工手段としては、上記のような結晶の優先成長方位との関係

10

【 0 0 1 7 】

次に、翼 1 表面の油分を有機溶剤を用いて除去し、続いて有機溶剤が残らないように純水で洗浄した後、エアブロー等の方法により乾燥する。

【 0 0 1 8 】

続いて、除去部 4 に合金粉末の積層を行うが、この積層工程について説明する前に、積層工程に用いられる補修装置について簡単に説明しておく。

【 0 0 1 9 】

図 3 は補修装置を示す図であり、符号 1 1 は翼 1 が載置されるテーブルである。テーブル 1 1 には、翼 1 の例えばプラットホーム部をクランプして翼 1 をテーブル 1 1 に固定するクランプ 1 2 が付設されている。テーブル 1 1 は、姿勢制御装置 1 3 により任意の方向を向くことができる。この姿勢制御装置 1 3 を設けた目的は、積層工程を行っている間、除去部 4 の底壁 4 a を鉛直方向上方を向くように、すなわち [0 0 1] 方位が鉛直方向を向くようにすることにある。

20

【 0 0 2 0 】

また、補修装置は、一対の基材加熱用トーチ 1 4 と、1 つの材料粉末溶解用トーチ 1 5 とを有している。なおトーチ 1 4、1 5 の数は、この数に限定されない。基材加熱用トーチ 1 4 および材料粉末溶解用トーチ 1 5 は、いずれもレーザービームを発生するトーチであり、両者の違いは出力密度にある。すなわち基材加熱用トーチ 1 4 は、基材の温度コントロールを行うためのトーチであるため、相対的に低い出力密度のビームを翼に照射するためのものである。一方、材料粉末溶解用トーチ 1 5 は、相対的に高い出力密度のビームを翼に照射するためのものである。また、符号 1 6 は材料粉末を除去部 4 に供給するための粉末供給ノズルである。

30

【 0 0 2 1 】

両トーチ 1 4、1 5 および粉末供給ノズル 1 6 は、図 3 に概略的に示したロボットアーム 1 7 により任意の方向に移動することができる。符号 1 8 は、この補修装置を制御するコントローラであり、このコントローラ 1 8 は、姿勢制御装置 1 3、トーチ 1 4、1 5 および粉末供給ノズル 1 6 の動作の全てを制御することができる。

【 0 0 2 2 】

なおコントローラ 1 8 は、記憶装置も内蔵しており、除去部 4 の形状をティーチングしておくことにより姿勢制御装置 1 3、トーチ 1 4、1 5 およびノズル 1 6 を自動的に動作させることができる。

40

【 0 0 2 3 】

なお、本例では、基材加熱用トーチ 1 4 および材料粉末溶解用トーチ 1 5 はいずれもレーザービームを照射するトーチとしているが、トーチは電子ビームを照射するものであってもよい。この場合、この補修装置全体を覆う真空チャンバ（図示せず）が更に設けられる。

【 0 0 2 4 】

次に、積層工程について説明する。

【 0 0 2 5 】

50

まず、翼 1 の補修対象部位における [0 0 1] 方位が鉛直方向を向き、かつ底壁 4 a が上方を向くように、翼 1 をテーブル 1 1 に固定する。

【 0 0 2 6 】

次に、図 2 (c) に示すように、基材加熱用トーチ 1 4 を用いて、翼 1 の除去部 4 近傍を予熱する。次いで、溶加材すなわち補修用合金粉末として Ni 基合金粉末を粉末供給ノズル 1 6 から除去部 4 に吹き込みつつ、Ni 基合金粉末を材料粉末溶解用トーチ 1 5 を用いて溶解し、翼表面 1 a に達するまで積層させる。なお、供給する Ni 基合金粉末は、母材単結晶合金組成あるいは補修部に要求される特性に応じて適宜変更が可能である。

【 0 0 2 7 】

この過程において、基材加熱用トーチ 1 4 により引き続き除去部 4 の両側の近傍部分 (翼 1 の基材部分) を加熱する。これにより、除去部 4 内に形成される熔融池内の温度勾配およびその近傍の基材部分の温度勾配が、図 2 (c) に示すような状態となる。すなわち、図 2 (c) に模式的に示す熔融池内の等温線 2 0 の法線方向が [0 0 1] 方位と一致するか若しくはそれに近い状態となる。凝固時の結晶の成長方向は等温線 2 0 の法線方向と一致するため、図 2 (c) に示すような温度分布が得られれば、積層部分の結晶方位を [0 0 1] 方位と一致またはほぼ一致させることが可能となる。

【 0 0 2 8 】

なお、図 4 は、比較例として、基材加熱用トーチ 1 4 を用いない場合の温度勾配を模式的に示す図である。この図 4 に示すように、基材加熱用トーチ 1 4 を用いない場合には、熔融池内の等温線 2 0 の法線方向が [0 0 1] 方位から大きく外れることになる。このことは、高傾角粒界が形成される確率が高くなることを意味している。

【 0 0 2 9 】

積層は、積層部分が翼表面 1 a より盛り上がるまで継続される (図 2 (c) 一点鎖線参照) 。

【 0 0 3 0 】

次に、レーザーによる補修箇所と基材との接合性の強化および補修箇所の合金組織の調整のため熱間静水圧プレス処理を行い、動翼作製時に生成したポロシティおよびシュリンケージあるいはガスタービン運転時に発生したクリープポイドを高温高圧をかけることにより潰す。

【 0 0 3 1 】

次いで、翼 1 の表面をブラストおよびバレル研磨により所望の形状となるように加工する (盛り上がり部の除去) 。

【 0 0 3 2 】

次に、溶体化熱処理および時効熱処理を行い、相中に矩形の ' 相が析出する合金組織とする。以上により補修作業は終了する。

【 0 0 3 3 】

以上説明したように、本実施形態によれば、専用の基材加熱用トーチ 1 4 により基材の温度コントロールを行うため、凝固の進行方向を適正に制御することが可能となる。また、溶接割れを防止することもできる。

【 0 0 3 4 】

なお上記実施形態においては、ガスタービン動翼の亀裂部を補修する場合を例にとって説明したが、本発明方法の適用はこれに限定されるものではなく、ガスタービン静翼の亀裂部の補修、動静翼の酸化および腐食による減肉部の補修に適用することも可能である。

【 0 0 3 5 】

【 発明の効果 】

以上述べたように本発明によれば、結晶粒界が生成される可能性を最小限にするとともに溶接割れを防止しつつ、効率的にガスタービン Ni 基単結晶翼の補修を行うことができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 補修対象であるガスタービン動翼に発生した損傷を模式的に示す図。

10

20

30

40

50

【図2】補修の手順を示す図。

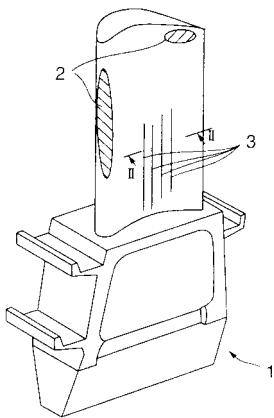
【図3】補修装置を概略的に示す図。

【図4】本発明方法を適用しない場合を比較して示す模式図。

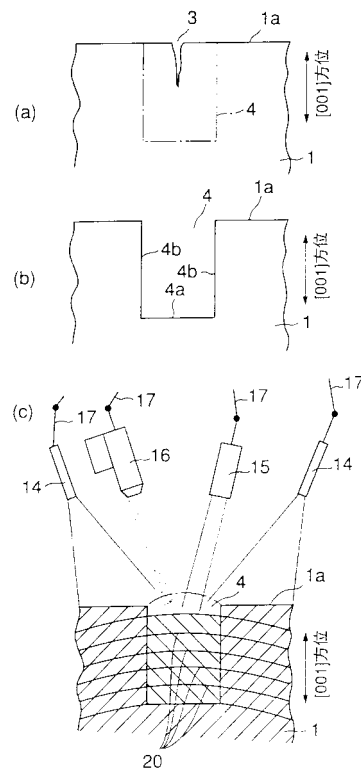
【符号の説明】

- 1 ガスタービン翼
- 2, 3 損傷部位
- 4 除去部分
- 14 基材加熱用トーチ
- 15 材料粉末溶解用トーチ

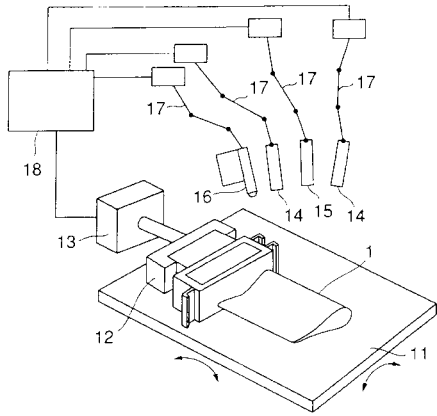
【図1】



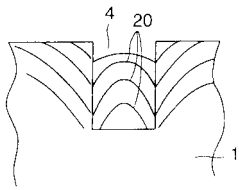
【図2】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

- (72)発明者 石 渡 裕
神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地 株式会社東芝 京浜事業所内
- (72)発明者 吉 岡 洋 明
神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地 株式会社東芝 京浜事業所内

審査官 塩澤 正和

- (56)参考文献 特開平09-110596(JP,A)
特表平09-506039(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- B23K 26/00 - 26/42
 - B23K 15/00
 - F01D 5/28