

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4674670号
(P4674670)

(45) 発行日 平成23年4月20日 (2011. 4. 20)

(24) 登録日 平成23年2月4日 (2011. 2. 4)

(51) Int. Cl.

F I

F O 2 C 7/00 (2006. 01)
F O 1 D 5/28 (2006. 01)
F O 1 D 25/00 (2006. 01)
C 2 2 C 19/03 (2006. 01)

F O 2 C 7/00 D
 F O 2 C 7/00 C
 F O 1 D 5/28
 F O 1 D 25/00 X
 C 2 2 C 19/03 H

請求項の数 9 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2006-30362 (P2006-30362)
 (22) 出願日 平成18年2月8日 (2006. 2. 8)
 (65) 公開番号 特開2006-233965 (P2006-233965A)
 (43) 公開日 平成18年9月7日 (2006. 9. 7)
 審査請求日 平成21年2月6日 (2009. 2. 6)
 (31) 優先権主張番号 11/054, 269
 (32) 優先日 平成17年2月9日 (2005. 2. 9)
 (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・カンパニー
 GENERAL ELECTRIC CO
 MPANY
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガスタービンプレードの修理方法及びその方法によって修理されたガスタービンプレード

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 のニッケル系超合金から製造された単結晶エーロフォイル (2 2) を有するタービ
 ブレード (2 0) と、

前記第 1 のニッケル系超合金とは異なる第 2 のニッケル系超合金であって、炭素、ホウ
 素、ケイ素、ジルコニウム及びハフニウムの総量が 0 . 1 5 重量 % 未満である第 2 のニ
 ケル系超合金から製造され、前記エーロフォイル (2 2) の先端部に溶接された補修スク
 ィーラチップ (4 6) と

を備える修理済みガスタービンプレード (2 0) 。

【請求項 2】

前記第 2 のニッケル系超合金における炭素、ホウ素、ケイ素、ジルコニウム及びハフニウ
 ムの総量が 0 . 1 0 重量 % 未満である、請求項 1 記載の修理済みガスタービンプレード (2 0) 。

【請求項 3】

前記第 2 のニッケル系超合金における炭素、ホウ素、ケイ素、ジルコニウム及びハフニウ
 ムの総量が 0 . 0 5 重量 % 未満である、請求項 1 記載の修理済みガスタービンプレード (2 0) 。

【請求項 4】

前記第 2 のニッケル系超合金が、重量 % で、約 1 2 . 0 % のコバルト、約 6 . 8 % のクロ
 ム、約 1 . 5 % のモリブデン、約 4 . 9 % のタンゲステン、約 2 . 8 % のレニウム、約 6

、 35 % のタンタル、約 6.15 % のアルミニウム、残部ニッケル、炭素、ホウ素、ケイ素、ジルコニウム、ハフニウム及び不純物元素から成る公称組成を有する、請求項 1 記載の修理済みガスタービンプレード (20)。

【請求項 5】

前記第 2 のニッケル系超合金が、重量 % で、約 14.0 % のクロム、約 9.5 % のコバルト、約 4.0 % のモリブデン、約 4.0 % のタンゲステン、約 3.0 % のアルミニウム、約 5.0 % のチタン、残部ニッケル、炭素、ホウ素、ケイ素、ジルコニウム、ハフニウム及び不純物元素から成る公称組成を有する、請求項 1 記載の修理済みガスタービンプレード (20)。

【請求項 6】

前記第 2 のニッケル系超合金が、重量 % で、7.4 ~ 7.8 % のクロム、5.3 ~ 5.6 % のタンタル、2.9 ~ 3.3 % のコバルト、7.6 ~ 8.0 % のアルミニウム、3.7 ~ 4.0 % のタンゲステン、1.5 ~ 1.8 % のレニウム、残部ニッケル、炭素、ホウ素、ケイ素、ジルコニウム、ハフニウム及び不純物元素から成る公称組成を有する、請求項 1 記載の修理済みガスタービンプレード (20)。

【請求項 7】

前記第 1 のニッケル系超合金が、重量 % で、約 7.5 % のコバルト、約 7.0 % のクロム、約 1.5 % のモリブデン、約 5 % のタンゲステン、約 3 % のレニウム、約 6.5 % のタンタル、約 6.2 % のアルミニウム、約 0.15 % のハフニウム、約 0.05 % の炭素、約 0.004 % のホウ素、約 0.01 % のイットリウム、残部ニッケル及び少量元素から成る公称組成、又は、重量 % で、約 12.5 % のコバルト、約 4.2 % のクロム、約 1.4 % のモリブデン、約 5.75 % のタンゲステン、約 5.4 % のレニウム、約 7.2 % のタンタル、約 5.75 % のアルミニウム、約 0.15 % のハフニウム、約 0.05 % の炭素、約 0.004 % のホウ素、約 0.01 % のイットリウム、残部ニッケル及び付随不純物から成る公称組成を有する、請求項 1 記載の修理済みガスタービンプレード (20)。

【請求項 8】

ガスタービンプレード (20) を修理する方法であって、

エーロフォイル (22) 先端部を有する単結晶エーロフォイル (22) を有し、前記エーロフォイル (22) が第 1 のニッケル系超合金から製造され、供用に付されていたタービンプレード (20) を用意する工程と、

前記エーロフォイル (22) の先端部から損傷した材料を除去する工程と、

前記第 1 のニッケル系超合金とは異なる第 2 のニッケル系超合金であって、炭素、ホウ素、ケイ素、ジルコニウム及びハフニウムの総量が 0.15 重量 % 未満である第 2 のニッケル系超合金を用意する工程と、

第 2 のニッケル系超合金から製造された補修スクィーラチップ (46) を前記エーロフォイル (22) の先端部に溶接する工程と

を含む方法。

【請求項 9】

前記第 2 のニッケル系超合金を用意する工程が、炭素、ホウ素、ケイ素、ジルコニウム及びハフニウムの総量が 0.10 重量 % 未満であるニッケル系超合金組成を有する第 2 のニッケル系超合金を調製することを含む、請求項 8 記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ガスタービンプレードのエーロフォイルの先端部の修理に関し、特に、補修スクィーラチップのためのニッケル系超合金の選択に関する。

【背景技術】

【0002】

航空機のガスタービン (ジェット) エンジンにおいては、エンジンの前方部分に空気が引き込まれる。空気は、軸装着圧縮機により圧縮され、燃料と混合される。この混合物は

10

20

30

40

50

燃焼され、高温の燃焼ガスは、同一の軸に装着されたタービンを通過する。燃焼ガスの流れは、タービンプレード及びペーンのエアロfoil部分に衝突することによりタービンを回転し、その回転により、軸が回転され、圧縮機及びファンに動力が供給される。更に複雑な構造のガスタービンエンジンでは、圧縮機及び高压タービンが1本の軸に装着され、ファン及び低圧タービンは、別の軸に装着される。高温の排気ガスは、エンジンの背面から流れ出して、エンジンを駆動し、航空機を前進させる。

【0003】

使用中、ある期間が過ぎると、タービンプレードの先端部（「スキューラチップ」と呼ばれる）は、通常、高温燃焼ガスの衝突を受けることにより浸食され、酸化され、腐食する。ガスタービンプレードの製造コストは高いため、可能であれば、損傷したガスタービンプレードを廃棄するより、修理するほうが好ましい。ガスタービンプレード先端部の修理は、損傷した材料を研削により除去し、その部分を、補修スキューラチップを規定するための新たな材料と交換することにより実行される。交換は、エアロfoilの先端部に補修スキューラチップを溶接し、次に、通常は研削によって、補修スキューラチップを所望の空気力学的形状に整形することにより実行されることが望ましい。

10

【0004】

補修スキューラチップは、ニッケル系超合金であるのが好ましい。多くの場合、補修スキューラチップとして、エアロfoilと同一のニッケル系超合金を使用することは不可能である。それは、大半のエアロfoil材料は、容易に溶接できないからである。その代わりに、より容易に溶接できる別の超合金が選択される。しかし、単結晶エアロfoilを修理すべき場合のようにいくつかのケースにおいては、選択される補修スキューラチップの材料を溶接によって装着することは依然として困難であり、そのため、修理に成功する歩留まりは、望まれるほどには高くない。

20

【0005】

単結晶ニッケル系超合金から製造されたガスタービンプレード先端部に関して、補修スキューラチップの機械性能を許容レベルに保ち且つ経済的である修理手順が必要であることに変わりはない。本発明は、この必要を満たすと共に、関連する利点を提供する。

【特許文献1】米国特許第2003/0145977号公報

【特許文献2】米国特許第6,595,749B2号公報

【特許文献3】米国特許第6,588,103B2号公報

30

【特許文献4】米国特許第6,558,119B2号公報

【特許文献5】米国特許第6,331,361B1号公報

【特許文献6】米国特許第5,822,852号公報

【特許文献7】米国特許第5,712,050号公報

【特許文献8】米国特許第5,622,638号公報

【特許文献9】米国特許第5,584,663号公報

【特許文献10】米国特許第5,395,584号公報

【特許文献11】米国特許第4,540,339号公報

【特許文献12】米国特許第4,371,404号公報

【特許文献13】米国特許第4,116,723号公報

40

【発明の開示】

【0006】

本発明は、修理済みスキューラチップを有するガスタービンプレード、及び修理を実行する方法を提供する。修理の際に使用されるニッケル系超合金は、修理済みガスタービンプレードにおいて許容できる特性を提供する。修理の際に使用されるニッケル系超合金の組成は、高い歩留まりで満足できる状態にタービンプレードを修理し、経済的に溶接修理を実行することを可能にするように選択される。

【0007】

修理済みガスタービンプレードは、第1のニッケル系超合金から製造された単結晶エアロfoilと、エアロfoilの先端部に溶接された補修スキューラチップとを具備する

50

。補修スクィーラチップは、第1のニッケル系超合金とは異なり、炭素、ホウ素、ケイ素、ジルコニウム及びハフニウムの総量が約0.15重量%未満である第2のニッケル系超合金から製造される。第2のニッケル系超合金における炭素、ホウ素、ケイ素、ジルコニウム及びハフニウムの総量は、約0.10重量%未満であるのが更に好ましく、約0.05重量%未満であるのがいっそう好ましい。

【0008】

1つの好ましい形態においては、第2のニッケル系超合金は、重量%で、約12.0%のコバルト、約6.8%のクロム、約1.5%のモリブデン、約4.9%のタングステン、約2.8%のレニウム、約6.35%のタンタル、約6.15%のアルミニウム、残部ニッケル、炭素、ホウ素、ケイ素、ジルコニウム、ハフニウム及び不純物元素から成る公称組成を有する。別の好ましい形態においては、第2のニッケル系超合金は、重量%で、約14.0%のクロム、約9.5%のコバルト、約4.0%のモリブデン、約4.0%のタングステン、約3.0%のアルミニウム、約5.0%のチタン、残部ニッケル、炭素、ホウ素、ケイ素、ジルコニウム、ハフニウム及び不純物元素から成る公称組成を有する。更に別の好ましい形態においては、第2のニッケル系超合金は、重量%で、約7.4~約7.8%のクロム、約5.3~約5.6%のタンタル、約2.9~約3.3%のコバルト、約7.6~約8.0%のアルミニウム、約3.7~約4.0%のタングステン、約1.5~約1.8%のレニウム、残部ニッケル、炭素、ホウ素、ケイ素、ジルコニウム、ハフニウム及び不純物元素から成る公称組成を有する。いずれの場合も、炭素、ホウ素、ケイ素、ジルコニウム及びハフニウムの総量は、約0.15重量%未満であり、約0.10重量%未満であるのが更に好ましく、約0.05重量%未満であるのが最も好ましい。

【0009】

第1のニッケル系超合金は、重量%で、約7.5%のコバルト、約7.0%のクロム、約1.5%のモリブデン、約5%のタングステン、約3%のレニウム、約6.5%のタンタル、約6.2%のアルミニウム、約0.15%のハフニウム、約0.05%の炭素、約0.004%のホウ素、約0.01%のイットリウム、残部ニッケル及び少量元素から成る公称組成、もしくは、重量%で、約12.5%のコバルト、約4.2%のクロム、約1.4%のモリブデン、約5.75%のタングステン、約5.4%のレニウム、約7.2%のタンタル、約5.75%のアルミニウム、約0.15%のハフニウム、約0.05%の炭素、約0.004%のホウ素、約0.01%のイットリウム、残部ニッケル及び付随不純物から成る公称組成を有する。

【0010】

ガスタービンプレードを修理する方法は、エーロフォイル先端部と第1のニッケル系超合金から製造された単結晶エーロフォイルとを有するタービンプレードであって、それまで使用されていたタービンプレードを提供する工程と、エーロフォイルの先端部から損傷した材料を除去する工程とを含む。第2のニッケル系超合金から製造された補修スクィーラチップがエーロフォイルの先端部に溶接される。第2のニッケル系超合金は、第1のニッケル系超合金とは異なり、炭素、ホウ素、ケイ素、ジルコニウム及びハフニウムの総量は、約0.15重量%未満である。ここで説明される他の矛盾しない特徴は、この方法と関連して使用されてもよい。

【0011】

本発明は、第2のニッケル系超合金の調製方法を更に提供する。ガスタービンプレードを修理する方法は、使用状態にあったタービンプレードを提供する工程を含む。タービンプレードは、エーロフォイル先端部を含む単結晶エーロフォイルを有し、エーロフォイルは、第1のニッケル系超合金から製造される。損傷した材料がエーロフォイルの先端部から除去される。方法は、第1のニッケル系超合金とは異なり、炭素、ホウ素、ケイ素、ジルコニウム及びハフニウムの総量が約0.15重量%より多い候補ニッケル系超合金を識別することと、炭素、ホウ素、ケイ素、ジルコニウム及びハフニウムの総量が約0.15重量%未満であることを除いて、候補ニッケル系超合金の組成を有する第2のニッケル系超合金を調製することとを更に含む。第2のニッケル系超合金の組成を有する補修スクィーラチップは、第1のニッケル系超合金とは異なり、炭素、ホウ素、ケイ素、ジルコニウム及びハフニウムの総量が約0.15重量%未満である第2のニッケル系超合金から製造される。第2のニッケル系超合金における炭素、ホウ素、ケイ素、ジルコニウム及びハフニウムの総量は、約0.10重量%未満であるのが更に好ましく、約0.05重量%未満であるのがいっそう好ましい。

ーラチップは、溶接により、エーロfoil先端部に装着される。本明細書において説明される他の矛盾しない特徴は、この方法と関連して使用されてもよい。本発明の方法は、その他の点では好都合である合金組成を、第2のニッケル系超合金として有用であるように改良する。

【0012】

第2のニッケル系超合金において、結晶粒界強化剤元素である炭素、ホウ素、ケイ素、ジルコニウム及びハフニウムの含有量を減らし、その結果、結晶粒界強化剤元素の含有量が減少しても、それらの元素により与えられる結晶粒界強化は、不必要であるので、補修スクィーラチップの特性に悪影響が及ぶことはない。スクィーラチップは、タービンプレードの端部に配置されるため、強度に制限はない。従って、第2のニッケル系超合金から結晶粒界強化剤元素を除去しても、スクィーラチップの性能は制限されない。しかし、酸化抵抗及び他の環境性能を考慮すると、第2のニッケル系超合金として、ニッケル系超合金組成を使用することが望ましい。結晶粒界強化剤元素は、溶接による合金の装着を更に困難にする傾向にある。第2のニッケル系超合金におけるそれらの元素の量を減少することにより、超合金の溶接は容易になり、その結果、溶接される補修スクィーラチップの生産歩留まりが向上する。

【0013】

本発明のその他の特徴及び利点は、本発明の原理を例により示す添付の図面と関連させて、以下の好ましい実施形態の更に詳細な説明から明らかになるであろう。しかし、本発明の範囲は、この好ましい実施形態に限定されない。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

図1は、ガスタービンプレード20を示す。ガスタービンプレード20は、以前に使用されていたものであるのが好ましい。以前の使用においては、ガスタービンプレードは、正常な動作状況にあるガスタービンエンジンにおいて動作されていた。ガスタービンプレード20は、エーロfoil22を有する。使用動作中、エーロfoil22には、高温の燃焼ガスの流れが衝突する。ガスタービンプレード20は、下向きに延出するシャンク24と、ガスタービンプレード20をガスタービンエンジンのガスタービンディスク(図示せず)に装着するダブテール26の形態をとる装着部とを更に有する。プラットフォーム28は、エーロfoil22と、シャンク24及びダブテール26との間の箇所から横方向外側へ延出する。エーロfoil22を通して冷却空気が強制流通されるように、エーロfoil22は、中空であってもよい。その場合、冷却空気の流れは、エーロfoil22の先端部32、前縁部34、後縁部36及び側面38に見られる通気穴30を経て、エーロfoil22から出る。

【0015】

最新のガスタービンエンジンにおいては、エーロfoil22(及び望ましくはガスタービンプレード20のその他の部分)は、単結晶である。すなわち、単結晶部分には、結晶粒界がほぼ存在せず、結晶方向は、全体を通して同一である。「単結晶」という用語は、実質的に物品全体、好ましくは、その体積の少なくとも90%が、全体を通して同一の結晶方向を有する単一の結晶であるが、他の結晶方向を有するいくつかの小さな領域が偶発的に存在していてもよいことを意味する。ほぼ単結晶の物品であっても、通常、いくつかの低角結晶粒界の存在を含み、それらの結晶粒界は、「単結晶」という用語の範囲内で許容される。物品は、ランダム多結晶又は方向性凝固により生成されるような方向性多結晶のいずれにしても多結晶であってはならない。

【0016】

エーロfoil22(及び望ましくはガスタービンプレード20のその他の部分)は、第1のニッケル系超合金から製造される。ここで使用される用語「ニッケル系」は、超合金の組成が、他のどの元素より多くのニッケルを含むことを意味する。通常、ニッケル系超合金は、通常は10体積%を超える量のガンマプライム相又は関連する相の析出により強化された組成を有する。使用できる第1のニッケル系超合金の例には、重量%で、7 .

5 %のコバルト、7 . 0 %のクロム、1 . 5 %のモリブデン、5 %のタングステン、3 %のレニウム、6 . 5 %のタンタル、6 . 2 %のアルミニウム、0 . 1 5 %のハフニウム、0 . 0 5 %の炭素、0 . 0 0 4 %のホウ素、0 . 0 1 %のイットリウム、残部ニッケル及び少量元素から成る公称組成を有するR E N E (登録商標) N 5、並びに、重量%で、1 2 . 5 %のコバルト、4 . 2 %のクロム、1 . 4 %のモリブデン、5 . 7 5 %のタングステン、5 . 4 %のレニウム、7 . 2 %のタンタル、5 . 7 5 %のアルミニウム、0 . 1 5 %のハフニウム、0 . 0 5 %の炭素、0 . 0 0 4 %のホウ素、0 . 0 0 1 %のイットリウム、残部ニッケル及び付随不純物から成る公称組成を有する有するR E N E (登録商標) N 6がある。

【0017】

10

図2は、エーロfoil 22の先端部32(タービンブレード20の先端部でもある)の付近の領域を更に詳細に示す。エーロfoil 22は、側面38及び先端キャップ40を含む。側面38及び先端キャップ40は、冷却空気が通気穴30から出るときに通過する中空ボリューム42を規定する。

【0018】

スクィーラチップ44は、エーロfoil 22の先端部32を規定する。ガスタービンブレード20がガスタービンディスクに装着されたとき、スクィーラチップ44は、ガスタービンディスクに対して半径方向外側へ延出する。ガスタービンディスクと共に、ガスタービンブレード20が回転する間、ガスタービンブレード20の周囲における高温燃焼ガスの漏れを防止するシールを形成するために、スクィーラチップ44は、固定シュラウド(図示せず)のシール構造と接触し、シール構造と擦れ合う。シールは、ガスタービンブレードのエーロfoil 22により規定される通りに、ガスタービンを通過するように強制的に高温燃焼ガスを流通させ、それにより、ガスタービンにエネルギーを与え、ガスタービンを回転させる。

20

【0019】

新品のガスタービンブレード20のスクィーラチップは、寸法マーカードにより示される長さで動作し始めるが、徐々に磨耗し、酸化され、腐食し、燃え尽きて、図2のスクィーラチップ44について示されるような長さになる。このようにスクィーラチップ44が短くなると、その結果、ガスタービンの周囲から高温燃焼ガスが漏れ出すため、ガスタービンの効率は低下する。従って、従来は、ガスタービンの改造中に、ガスタービンブレード20のスクィーラチップを修理し、寸法Dにより示されるのとはほぼ同じ長さまで戻るように伸長することになっていた。これにより、スクィーラチップの損傷によるガスタービンの効率低下は、回避される。

30

【0020】

修理を実行するために、図3に示される通り、スクィーラチップの長さを所望の値Dまで戻すように、エーロfoil 22の先端部32に補修スクィーラチップ46が溶接される。補修スクィーラチップ46は、炭素、ホウ素、ケイ素、ジルコニウム及びハフニウムの総量が0 . 1 5重量%未満である第2のニッケル系超合金から製造される。補修スクィーラチップ46は、炭素、ホウ素、ケイ素、ジルコニウム及びハフニウムを合わせて0 . 1 0重量%未満含むのが更に好ましく、0 . 0 5重量%未満含むのが最も好ましい。第2のニッケル系超合金は、特に、溶接可能であるという点で、第1のニッケル系超合金の組成とは異なる組成を有するのが好ましい。

40

【0021】

使用できる第2のニッケル系超合金のいくつかの例は、重量%で、1 2 . 0 %のコバルト、6 . 8 %のクロム、1 . 5 %のモリブデン、4 . 9 %のタングステン、2 . 8 %のレニウム、6 . 3 5 %のタンタル、6 . 1 5 %のアルミニウム、残部ニッケル、炭素、ホウ素、ケイ素、ジルコニウム、ハフニウム及び不純物元素から成る公称組成を有する改良Re nea 142合金;重量%で、1 4 . 0 %のクロム、9 . 5 %のコバルト、4 . 0 %のモリブデン、4 . 0 %のタングステン、3 . 0 %のアルミニウム、5 . 0 %のチタン、残部ニッケル、炭素、ホウ素、ケイ素、ジルコニウム、ハフニウム及び不純物元素から成る公称組

50

成を有する改良Renea 80；並びに、重量％で、7.4～7.8％のクロム、5.3～5.6％のタンタル、2.9～3.3％のコバルト、7.6～8.0％のアルミニウム、3.7～4.0％のタングステン、1.5～1.8％のレニウム、残部ニッケル、炭素、ホウ素、ケイ素、ジルコニウム、ハフニウム及び不純物元素から成る公称組成を有する改良Renea 195を含む。いずれの場合も、炭素、ホウ素、ケイ素、ジルコニウム及びハフニウムの総量は、0.15重量％未満であり、0.01重量％未満であるのが更に好ましく、0.05重量％未満であるのが最も好ましい。

【0022】

改良前の形では、これらの第2のニッケル系超合金に結晶粒界強化剤として含まれる炭素、ホウ素、ケイ素、ジルコニウム及びハフニウムの総量は、それぞれ、上記の値よりかなり多く、また、ガンマ/ガンマプライム強化超合金における適切な物理特性を与えるための他の元素も含まれる。しかし、単結晶エーロfoil 22に補修スクィーラチップ46が溶接されるこの適用形態においては、スクィーラチップ46の強度に制限がないため、第2のニッケル系超合金の結晶粒界強化の必要はない。

【0023】

更に、結晶粒界強化剤が含まれていると、補修スクィーラチップ46を溶接により装着する作業の妨げとなり、製造溶接作業中の良質な溶接製品の歩留まりが低下してしまう。結晶粒界強化元素を排除することにより、溶接部で形成されるスラグの量が減少するので、溶接によるスクィーラチップの装着が改善される。スラグは、偶発的に溶接部にたまり込まれて、介在物や多孔質構造を形成することがあるため、スラグを減少することにより、そのような欠陥が形成される可能性は少なくなる。余分なスラグが形成されるときのような介在物を回避するには、溶接技術者の高度な技術が必要とされ、余分なスラグを減少することにより、溶接技術に課される条件が緩和されると共に、溶接時間も短縮される。外部のスラグでも、研削により除去しなければならないため、修理費用が高くなる。溶接部のたるみが減少するので、余分な溶接パスの必要がなくなる。また、結晶粒界強化剤を排除することにより、溶接部に更に熱を加えるために溶接手順を変更する必要もなくなる。溶接部の亀裂発生や、ハフニウムの偏析などの偏析の問題も減少する。

【0024】

従って、結晶粒界強化剤である炭素、ホウ素、ケイ素、ジルコニウム及びハフニウムの総量は、先に示したレベルまで減少される。これらの結晶粒界強化剤を第2のニッケル系超合金から除去することは非常に困難であるため、結晶粒界強化剤が若干残留することはあるが、これらの元素の量は、できる限り少ないのが理想的である。

【0025】

図4は、ガスタービンプレード20を修理する方法の好ましい一実施形態を示すブロック図である。工程60において、先に説明されたような、使用状態にあったタービンプレード20が提供される。工程62で、損傷した材料がエーロfoilの先端部32から除去される。除去する工程62は、通常、損傷した材料を研削により取り除くことにより実行され、通常、元のスクィーラチップ44の残留部分及びエーロfoil 22の先端部32の他の全ての損傷部分を含む。

【0026】

工程64において、先に説明されたように、結晶粒界強化剤元素である炭素、ホウ素、ケイ素、ジルコニウム及びハフニウムの含有量が少ない第2のニッケル系超合金が提供される。この工程は、全く新しいニッケル系超合金を調製することにより実行されてもよい。より典型的には、図4に示されるように、この工程は、まず、工程66において、その他の点ではスクィーラチップの必要条件に適合する第2のニッケル系超合金の候補を識別し、次に、工程68において、結晶粒界強化剤元素である炭素、ホウ素、ケイ素、ジルコニウム及びハフニウムの総量を許容レベルまで減らした改良組成を調製することにより実行される。

【0027】

結晶粒界強化剤元素の含有量を減少させた第2のニッケル系超合金は、工程70におい

10

20

30

40

50

て、溶接により、エーロフォイルの先端部 3 2 に装着される。溶接は、タングステンアーク溶接、レーザー溶接又はプラズマアーク溶接などの技法により実行されるのが好ましい。これらの技法においては、第 2 のニッケル系超合金は熔融され、エーロフォイルの先端部 3 2 で徐々に凝固して、溶接物を形成する。規定サイズより大きい溶接物が形成された後、余分な材料は除去され、溶接物は、通常は研削により、要求される空気力学的形状に整形される。あるいは、第 2 のニッケル系超合金から成る中間加工品を準備し、エーロフォイルの先端部 3 2 に溶接してもよいが、中間加工品をエーロフォイルの先端部 3 2 に完全に接合することは難しく、また、最終的な補修スクィーラチップ 4 6 において所望の微細構造を実現することも困難であるため、この代替方法は、先に挙げた方法ほど好ましくない。

10

【 0 0 2 8 】

例示を目的として、本発明の特定の一実施形態を詳細に説明したが、本発明の趣旨の範囲から逸脱せずに、様々な変形及び改善を実施できるであろう。従って、本発明は、添付の特許請求の範囲により限定される以外、限定されない。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 9 】

【図 1】ガスタービンプレードの斜視図である。

【図 2】使用後ではあるが、修理前の図 1 のガスタービンプレードの線 2 2 に沿った詳細な断面図である。

【図 3】使用及び修理後の図 1 のガスタービンプレードの線 2 2 に沿った詳細な断面図である。

20

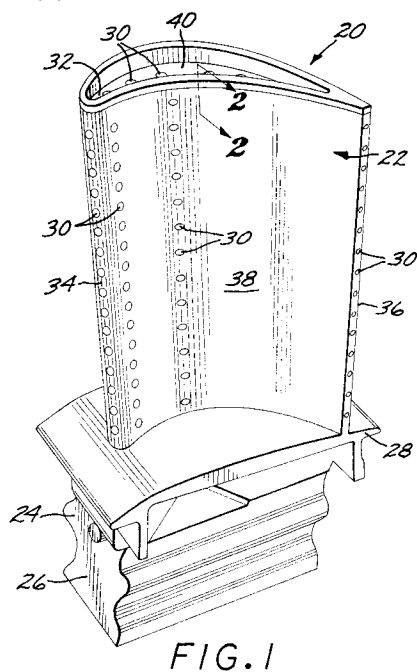
【図 4】本発明の一実施形態を実施する方法の流れ図である。

【符号の説明】

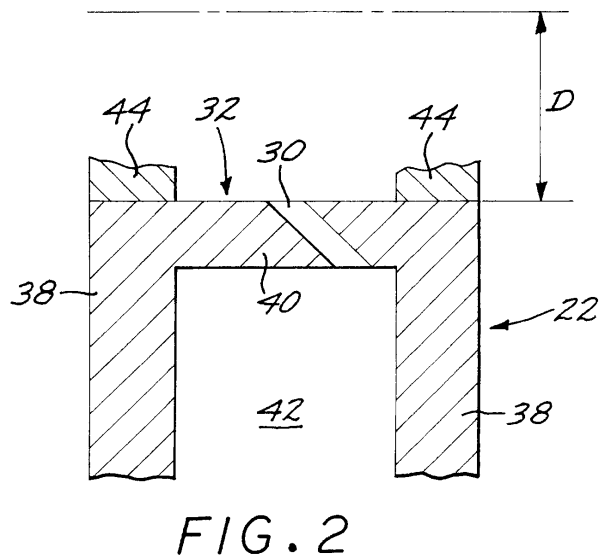
【 0 0 3 0 】

2 0 ...ガスタービンプレード、 2 2 ...エーロフォイル、 4 4 ...スクィーラチップ、 4 6 ...補修スクィーラチップ

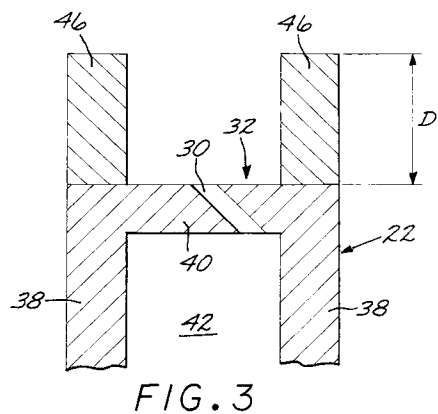
【図 1】



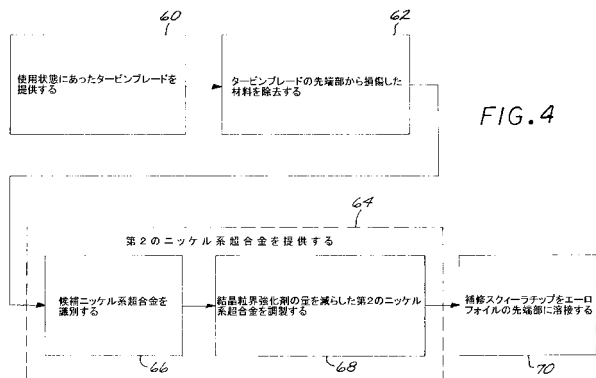
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

- (72)発明者 ローレンス・ジョセフ・ロードル
アメリカ合衆国、オハイオ州、ウエスト・チェスター、キャスカラ・ドライブ、9074番
- (72)発明者 レイボン・ヘンスレー
アメリカ合衆国、ケンタッキー州、ユニオン、エディンバラ・レーン、1254番

審査官 寺町 健司

- (56)参考文献 特開2003-56302(JP, A)
米国特許第6468040(US, B1)
米国特許第5822852(US, A)
特開2001-123237(JP, A)
特開平10-339103(JP, A)
再公表特許第2003/080882(JP, A1)
米国特許第6177046(US, B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02C 7/00
F01D 25/00
F01D 1/00 - 11/10
C22C 19/03