

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7524200号
(P7524200)

(45)発行日 令和6年7月29日(2024.7.29)

(24)登録日 令和6年7月19日(2024.7.19)

(51)国際特許分類		F I		
B 2 3 K	31/02 (2006.01)	B 2 3 K	31/02	3 1 0 F
B 2 3 K	1/00 (2006.01)	B 2 3 K	1/00	3 3 0 P
B 2 3 K	3/04 (2006.01)	B 2 3 K	3/04	X
B 2 3 K	9/032(2006.01)	B 2 3 K	9/032	
B 2 3 K	9/04 (2006.01)	B 2 3 K	9/04	
請求項の数 15 (全15頁) 最終頁に続く				
(21)出願番号 特願2021-541155(P2021-541155)		(73)特許権者 515322297		
(86)(22)出願日 令和2年1月23日(2020.1.23)		ゼネラル エレクトリック テクノロジー		
(65)公表番号 特表2022-517631(P2022-517631 A)		ゲゼルシャフト ミット ベシュレンクテ		
(43)公表日 令和4年3月9日(2022.3.9)		ル ハフツング		
(86)国際出願番号 PCT/US2020/014697		General Electric Te		
(87)国際公開番号 WO2020/154453		chnology GmbH		
(87)国際公開日 令和2年7月30日(2020.7.30)		スイス国 5 4 0 0 バーデン ブラウン		
審査請求日 令和4年11月25日(2022.11.25)		ボヴェリシュトラッセ 8		
(31)優先権主張番号 16/256,340		Brown Boveri Strass		
(32)優先日 平成31年1月24日(2019.1.24)		e 8, 5 4 0 0 Baden, Swi		
(33)優先権主張国・地域又は機関 米国(US)		tzerland		
		(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】 溶接ろう付け技法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

難溶接性（HTW）材料の凹面（72）を有する凹部（66）を備えるガスタービン部品（62）と、
前記凹部（66）の上に配置されたプレート（76）であって、前記プレート（76）が外面（96）及び内面（78）を備え、前記プレート（76）が易溶接性（ETW）材料を備え、前記内面（78）が前記凹部（66）に面する、プレート（76）と、
前記凹面（72）と前記プレート（76）の内面（78）との間の前記凹部（66）内に配置されたるろう材料（70）であって、前記ろう材料（70）がろう付け温度まで加熱されると、前記ろう材料（70）が前記凹部（66）の凹面（72）を前記プレート（76）の内面（78）と接合するように構成される、ろう材料（70）と、
前記凹部（66）の上に配置された前記プレート（76）の外面（96）に配置された溶加材（94）であって、前記プレート（76）が、前記ろう材料（70）及び前記ガスタービン部品（62）から前記溶加材（94）を分離しており、前記プレート（76）の外面（96）への前記溶加材（94）の施工及び前記プレート（76）の厚さが、前記ろう付け温度まで前記ろう材料（70）を加熱するように構成される、溶加材（94）とを備える、システム（10）。

【請求項2】

前記外面（96）への前記溶加材（94）の施工が、前記ろう材料（70）を間接的に加熱しかつ前記プレート（76）を前記ガスタービン部品（62）に接合するために、溶

接経路（１１０）に沿って前記溶加材（９４）を前記外面（９６）に溶接することを含む、請求項１に記載のシステム（１０）。

【請求項３】

前記ガスタービン部品（６２）が、ガスタービン（３４）用の高温ガス経路部品を備える、請求項１に記載のシステム（１０）。

【請求項４】

前記プレート（７６）の面積が、前記ガスタービン部品（６２）の凹部（６６）の凹部面積よりも大きく、前記プレート（７６）の内面（７８）の少なくとも一部が、前記ガスタービン部品（６２）の外面（８６）と接触する、請求項１に記載のシステム（１０）。

【請求項５】

前記溶加材（９４）が、インコネル９３９、MarM247、GTD111、インコネル７３８又は別の適切な難溶接性材料などの難溶接性材料を含む、請求項１に記載のシステム（１０）。

【請求項６】

前記溶加材（９４）が、インコネル６１７、ニモニック２６３、GTD222、GTD292又は別の適切な易溶接性材料などの易溶接性材料を含む、請求項１に記載のシステム（１０）。

【請求項７】

前記溶加材（９４）が、前記溶加材（９４）の表面を平滑化するために機械加工された機械加工表面（１０２）を備える、請求項１に記載のシステム（１０）。

【請求項８】

前記プレート（７６）の外面（９６）への前記溶加材（９４）の施工が、前記ガスタービン部品（６２）の凹部（６６）のミクロ組織を変更することなく前記ろう付け温度まで前記ろう材料（７０）を加熱するように構成され、前記プレート（７６）を通して伝導される熱が、前記プレート（７６）と前記ろう材料（７０）との間の界面（９８）の温度を $982^{\circ}\text{C}\sim 1287^{\circ}\text{C}$ の範囲内に上昇させるように構成される、請求項１に記載のシステム（１０）。

【請求項９】

前記ろう材料（７０）が、粉末、箔、テープ又はプリフォームを含む、請求項１に記載のシステム（１０）。

【請求項１０】

前記ろう材料（７０）が、 $982^{\circ}\text{C}\sim 1287^{\circ}\text{C}$ の範囲内の液相温度を有する、請求項１に記載のシステム（１０）。

【請求項１１】

前記ろう材料（７０）が、 $0.00254\text{mm}\sim 1.524\text{mm}$ の範囲内の厚さを備える、請求項１に記載のシステム（１０）。

【請求項１２】

ガスタービン部品（６２）の凹面（７２）にろう材料（７０）を配置するステップと、前記ろう材料（７０）にプレート（７６）を配置するステップであって、前記プレート（７６）の内面（７８）が前記ろう材料（７０）に近接し、前記プレート（７６）が前記内面（７８）の反対側の外面（９６）を備える、ステップと、

前記プレート（７６）の外面（９６）に溶加材（９４）を施工するために前記溶加材（９４）を加熱するステップであって、前記プレート（７６）が、前記ろう材料（７０）及び前記ガスタービン部品（６２）から前記溶加材（９４）を分離しており、前記溶加材（９４）を施工する際の熱が前記プレート（７６）を加熱するように構成される、ステップと、前記プレート（７６）を通して伝達される熱によって、前記ガスタービン部品（６２）の凹面（７２）を前記ろう材料（７０）で前記プレート（７６）の内面（７８）と接合するステップと

を含む、方法（１１０）。

【請求項１３】

10

20

30

40

50

前記溶加材（９４）を加熱するステップが、前記ろう材料（７０）を間接的に加熱しかつ前記プレート（７６）を前記ガスタービン部品（６２）に接合するために、溶接経路（１１０）に沿って前記プレート（７６）の外面（９６）に前記溶加材（９４）を溶接するステップを含む、請求項１２に記載の方法（１１０）。

【請求項１４】

前記溶加材（９４）を加熱し、前記ガスタービン部品（６２）の凹面（７２）を前記ろう材料（７０）で前記プレート（７６）の内面（７８）に接合しながら、前記ガスタービン部品（６２）の凹面（７２）の温度が熱しきい値未満に維持される、請求項１２に記載の方法（１１０）。

【請求項１５】

当該方法（１１０）が、炉内で前記ガスタービン部品（６２）及び前記ろう材料（７０）を加熱するステップを含まない、請求項１２に記載の方法（１１０）。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本明細書に開示される主題は、溶接ろう付け技法に関し、より詳細には、ガスタービンエンジンの欠陥のあるガスタービン部品を修理するための溶接ろう付け技法に関する。

【背景技術】

【０００２】

ガスタービン部品は、動作中に高温及び応力にさらされる。ガスタービン部品は、難溶接性材料から形成される場合がある。誤って機械加工されたガスタービン部品は、欠陥（例えば、凹部、溝又は材料欠損）を有する可能性がある。ガスタービン部品の難溶接性材料の欠陥の修理は、費用がかかり、かつ／又は時間がかかる可能性がある。難溶接性材料の欠陥に直接溶接するプロセスは、費用がかかり、かつ／又は困難な可能性がある。さらに、溶接プロセス中の不均一な加熱及び冷却が熱応力及び残留応力を発生させるので、難溶接性材料の欠陥に直接溶接するプロセスは、ガスタービン部品の隣接部分に悪影響を及ぼす可能性がある。これらの応力は、溶接中、溶接後又は溶接後熱処理（ＰＷＨＴ）中に、高温亀裂又はひずみ経時亀裂をもたらす可能性がある。ろう付けは、修理に使用されるろう材料を加熱するために真空炉と共に使用されてよい。しかしながら、真空炉は、ガスタービン部品に利用可能なスペースが限られている可能性があり、ろう付けプロセスが完了するための長い加熱時間を有する可能性がある。さらに、真空炉の後の修理されたガスタービン部品の熱処理は、ガスタービン部品を修理するためにコスト及び時間をさらに増大させる可能性がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００３】

【文献】特開２０１７／３１２８６７号公報

【発明の概要】

【０００４】

一実施形態では、システムは、難溶接性（ＨＴＷ）材料の凹面を有する凹部を有するガスタービン部品を含む。システムは、凹部の上に配置されたプレートを含む。プレートは、易溶接性（ＥＴＷ）材料を有する。プレートは外面及び内面を有し、内面は凹部に面する。システムは、凹面とプレートの内面との間の凹部内に配置されたるろう材料を含む。ろう材料は、ろう材料がろう付け温度まで加熱されると、凹部の凹面をプレートの内面と接合するように構成される。システムは、凹部の上に配置されたプレートの外面に配置された溶加材を含む。プレートの外面への溶加材の施工は、ろう付け温度までろう材料を加熱するように構成される。

【０００５】

別の実施形態では、方法は、ガスタービン部品の凹面にろう材料を配置するステップを含む。さらに、方法は、ろう材料の上にプレートを配置するステップを含む。プレートの

10

20

30

40

50

内面はろう材料に近接し、プレートは内面と反対側の外面を有する。さらに、方法は、溶加材をプレートの外面に施工するために溶加材を加熱するステップを含む。溶加材を施工する際の熱は、プレートを加熱するように構成される。その上、方法は、溶加材を施工する際の熱によって、ガスタービン部品の凹面をろう材料でプレートの内面に接合するステップを含む。

【0006】

さらなる実施形態では、システムは、難溶接性材料を含むガスタービン用のガスタービン部品を含む。難溶接性材料は、ニッケル基合金である。システムはまた、ガスタービン部品の表面に接触するように構成された接合面と、接合面の反対側のろう材料の側面に配置されたろう材料界面とを備える、ろう材料を含む。さらに、システムは、ろう材料界面に接触するように構成されたプレート界面を備えるプレートを含む。プレート界面は、ろう材料界面よりも大きい表面積を有する。さらに、システムは、ろう材料と反対側のプレートの表面に配置された溶加材を含む。その上、溶接装置は、ろう材料と反対側のプレートの表面に溶加材を施工するように構成される。ろう材料は、プレートを通してろう材料に伝導される熱に応じて溶融し、硬化後にガスタービン部品にプレートを接合するように構成される。

【0007】

本開示のこれら及び他の特徴、態様及び利点は、添付図面を参照して以下の発明を実施するための形態を読むとより良く理解され、添付図面では、図面全体にわたって、同様の文字は同様の部分を表す。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】タービンシステムの一実施形態の断面図である。

【図2】表面欠陥を有するガスタービン部品の一実施形態の断面図である。

【図3】ガスタービン部品に配置されたプレートの一実施形態の上面図である。

【図4】ろう材料によってプレートをガスタービン部品と接合するためにプレートに溶加材が施工されたガスタービン部品の一実施形態の断面図である。

【図5】溶接ろう付けを実行するための方法の一実施形態のフロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

1つ又は複数の具体的な実施形態が以下に記載される。これらの実施形態の簡潔な説明を提供しようと努力して、実際の実装形態のすべての特徴が本明細書に記載されているわけではない。任意のエンジニアリング又は設計プロジェクトにおけるように、任意のそのような実際の実装形態の開発では、実装形態ごとに異なる可能性があるシステム関連及びビジネス関連の制約条件の順守などの、開発者の具体的な目標を達成するために、実装形態に特有の決定を数多く行わなければならないことを理解されたい。その上、そのような開発努力は複雑で時間がかかるかもしれないが、それにもかかわらず、本開示の利益を得る当業者にとって、設計、製作及び製造の日常的な仕事であることを理解されたい。

【0010】

本発明の様々な実施形態の要素を紹介するときに、冠詞「1つの(a)」、「1つの(an)」、「その(the)」及び「前記」は、1つ又は複数の要素が存在することを意味するものである。「備える」、「含む」及び「有する」という用語は包括的なものであり、列挙された要素以外の追加要素が存在してよいことを意味するものである。

【0011】

特定の用途では、ターボ機械（例えば、タービン、圧縮機及びポンプ）並びに他の機械は、高熱環境で動作する部品を含む場合がある。例えば、特定のタービンシステム部品には、ブレード、ライナ、ロータホイール、シャフト、ノズルなどが含まれる。いくつかのタービン部品は、製造上の欠陥（例えば、凹部、溝、ノッチなど）を有する場合がある。

【0012】

一般に、ろう付けは、部品を動作状態に戻すために使用されてよい。しかしながら、ろ

10

20

30

40

50

う付けプロセスは、費用がかかり、かつ／又は時間がかかる可能性がある。例えば、ろう付けは、ろう付けプロセス中に炉（例えば、真空炉）を使用することを含む場合がある。炉は、炉のサイズ及び部品のサイズのために、ガスタービン部品をろう付けする能力が制限される場合がある。さらに、ガスタービン部品をろう付けするために炉を使用すると、ろう付けプロセスのための長い加熱時間を必要とし、かつ／又は専門のオペレータを必要とする可能性がある。さらに、炉は、ろう材料に加えてガスタービン部品の一部を加熱し、したがって、ガスタービン部品に所望の材料特性を回復させるために、修理されたガスタービン部品全体がろう付け後に熱処理される可能性がある。その上、ガスタービン部品の欠陥を直接溶接することは、難溶接性材料から作製されたガスタービン部品の欠陥の修理に有効でない可能性がある。

10

【0013】

本明細書に開示される溶接ろう付け技法は、ガスタービン部品のろう付け又は溶接に伴う現在の問題を克服する。例えば、溶接ろう付け技法は、特殊な機器（例えば、炉）なしで使用されてよく、それにより、ガスタービン部品のコスト、複雑さ及び／又は修理時間が低減される。さらに、本明細書に記載される溶接ろう付け技法によってガスタービン部品自体に加えられる熱は、ガスタービン部品のその後の熱処理を低減又は排除することができ、それにより、ガスタービン部品のコスト及び修理時間が低減される。さらに、溶接ろう付け技法は、難溶接性材料を有するガスタービン部品を効果的に修理することができる。したがって、本明細書に開示される溶接ろう付け技法は、ガスタービン部品のろう付け及び溶接に伴う現在の問題を克服する。

20

【0014】

溶接ろう付け技法はまた、従来のろう付けと比較してさらなる利点を提供することができる。ろう付けは、耐荷重部品の修理に適していない場合がある。ろう材料は、耐荷重用途のための所望の機械的特性（例えば、引張強度など）をもたない場合がある。溶接は耐荷重部品の修理に適している場合があるが、上述されたように、溶接のみでは、いくつかのガスタービン部品で使用されるものなどの難溶接性材料の修理に有効でない可能性がある。本明細書に開示される溶接ろう付け技法は、ろう材料に加えて、所望の耐荷重機械的特性を有する材料を効果的に施工することができる。したがって、本明細書に開示される溶接ろう付け技法は、ろう付けよりも効果的な耐荷重ガスタービン部品の修理を実現することができる。

30

【0015】

図1は、タービンシステム10の一実施形態の断面図である。タービンシステム10の動作中、天然ガス又は合成ガスなどの燃料は、燃焼器16への1つ又は複数の燃料ノズル12を介してタービンシステム10に送られてよい。空気は、吸気部18を介してタービンシステム10に流入することができ、圧縮機14によって圧縮されてよい。圧縮機14は、空気を圧縮する一連の段20、22及び24を含んでよい。各段は、静翼26及び回転して圧力を徐々に増大させて圧縮空気を供給するブレード28の1つ又は複数のセットを含んでよい。ブレード28は、シャフト32に接続された回転ホイール30に取り付けられてよい。圧縮機14からの圧縮排出空気は、ディフューザ部36を通過して圧縮機14を出ることができ、燃料と混合するように燃焼器16に導かれてよい。例えば、燃料ノズル12は、最適な燃焼、排出、燃料消費及び動力出力のために適切な比で燃焼器16に燃料空気混合物を噴射することができる。特定の実施形態では、タービンシステム10は、環状配列に配置された複数の燃焼器16を含んでよい。各燃焼器16は、高温燃焼ガスをタービン34に導くことができる。

40

【0016】

タービン34は、ライナ56によって囲まれた3つの別個の段40、42及び44を含むマルチプルを含んでよい。各段40、42及び44は、シャフト54に取り付けられたそれぞれのロータホイール48、50及び52に結合されたタービンブレード又はバケット46のセットを含む。さらに、各段は、ノズル38のセットを含んでよい。燃焼器16からの高温ガスは、タービン34を通過して流れ方向48に導かれてよい。タービン34を

50

通って流れる高温燃焼ガスがタービンブレード46を回転させると、シャフト54が回転して圧縮機14及び発電機などの任意の他の適切な負荷を駆動する。最終的に、タービンシステム10は、排気部60を介して流れ方向48に燃焼ガスを拡散及び排気する。燃料ノズル12、吸気口18、圧縮機14、静止ノズル26、ブレード28、ホイール30、シャフト32、ディフューザ36、段40、段42及び段44、タービンブレード46、ノズル38、シャフト54、ライナ56、並びに排気部60などのタービン部品は、以下の図2に関してより詳細に記載されるように、開示された実施形態を使用して欠陥、亀裂又はギャップを修理することができる。

【0017】

図2は、外部欠陥64を有するガスタービン部品62の一実施形態の断面図である。ガスタービン部品62は、図1のガスタービンのノズル38であってよい。しかしながら、ガスタービン部品62は、ガスタービンシステム10の別の高温ガス部品（例えば、ブレード46、ディフューザ36、ライナ56など）であってよい。いくつかの実施形態では、本明細書に開示される技法は、ガスタービンシステム10の他の部品又は一般に他の部品（例えば、蒸気タービン部品、自動車部品など）に適用されてよい。ガスタービン部品62の外部欠陥64は、凹部66（例えば、ノッチ、溝、亀裂、ギャップなど）であってよい。外部欠陥64は、タービンノズル38又はタービンブレード46の基部の溝又はノッチなどの、表面的な欠陥（例えば、高温ガス部品の非耐荷重部分の欠陥）であってよい。別の実施形態では、外部欠陥64は、ガスタービン部品62が外部欠陥64において最小許容機械的特性（例えば、引張強度など）を有する場合があるような構造的欠陥であってよい。外部欠陥64は、ガスタービンシステム10の動作中に高温ガスと接触する可能性があるガスタービン部品62の表面68に配置されてよい。

【0018】

ガスタービン部品62は、鉄系マルテンサイトステンレス鋼、析出硬化ステンレス鋼、クロムモリブデン鋼、高合金鋼、工具鋼、非鉄合金（例えば、アルミニウム、銅、真鍮、亜鉛及びジルコニウム）又はそれらの組合せなどの難溶接性（HTW）材料を含んでよい。さらに、HTW材料は、「ガンマプライム」強化相の割合が高い超合金（例えば、ニッケル基超合金）であってよい。具体的には、HTW材料は、0.4〜1.0のガンマプライム（ γ' ）を有してよい。いくつかの実施形態では、HTW材料は、0.6〜0.9のガンマプライム（ γ' ）を有してよい。別の実施形態では、HTW材料は、0.7〜0.8のガンマプライム（ γ' ）を有してよい。より高いガンマプライム（ γ' ）の割合は、HTW材料の耐酸化性及び耐クリープ性を増加させることができ、その結果、HTW材料のガスタービン部品62は、ガスタービンシステム10の高熱環境で動作することができる。いくつかの実施形態では、HTW材料は、ハステロイ、インコネル、ワスパロイ、GTD又はレネ合金などの超合金であってよい。具体的なHTW材料の例には、レネ108、レネN5、GTD444及びGTD111が含まれる。いくつかの実施形態では、HTW材料は、超合金を強化するために、コバルト、鉄、ニオブ、タンタル、モリブデン、タングステン、バナジウム及びチタンを含んでよい。

【0019】

別の実施形態では、HTW材料はニッケル基超合金であってよい。ニッケル基超合金は、固溶強化、析出強化及び特殊合金の3つのカテゴリに分類されてよい。Ni-Cu、Ni-Mo、Ni-Fe、Ni-Cr-Fe、Ni-Cr-Mo-W、Ni-Fe-Cr-Mo、Ni-Cr-Co-Moなどの固溶強化ニッケル基超合金（すなわち、インコネル625、インコネル617、ハインス230など）は、一般にHTW材料とは見なされないが、析出強化及び特殊ニッケル基超合金は、一般にHTW材料と見なされる。析出強化ニッケル基超合金は、適切な熱処理後にニッケルと強化析出物を形成するチタン、アルミニウム及び／又はニオブを含む。析出強化ニッケル基超合金のガンマプライム体積率は、10%未満（例えば、ニモニック263）から85%超（例えば、レネ195）までの範囲であってよい。析出強化ニッケル基超合金の場合、ガンマプライムが30%未満（例えば、GTD222及びレネ41）である場合、それは、通常、優れた溶接性を示し、その

10

20

30

40

50

結果、析出強化ニッケル基超合金はE T W材料である。しかしながら、析出強化ニッケル基超合金のガンマプライムの体積が30%を超える（例えば、レネ108、インコネル738、G T D 1 1 1）場合、それは、通常、不十分な溶接性を示すので、析出強化ニッケル基超合金はH T W超合金である。したがって、高温ガス経路内のガスタービン部品62は、レネ108、インコネル738、G T D 1 1 1などのH T W材料で作製されてよい。特殊合金は、一般に、ニッケルアルミニウム金属間化合物及び酸化物分散強化合金を含む。特殊合金の例には、酸化物分散強化合金（例えば、MS6000、MA754）及びニッケルアルミナイド（例えば、NiAl又はNi3Alの化合物）が含まれる。特殊合金は、一般に高い強度及び耐食性を有し、高温でのそれらの低い延性（例えば、高温クリープ強度）のためにH T W材料と見なされる。したがって、ガスタービン部品62は、特殊合金から作製されてよい。

10

【0020】

上述されたように、外部欠陥64は、ガスタービンシステム10の動作中に高温ガスと接触する可能性があるガスタービン部品62の表面68に配置されてよい。ろう材料70は、ガスタービン部品62の外部欠陥64に施工されてよい。図示された実施形態では、ろう材料70は、凹部66に（例えば、凹部66の凹面72の上に）挿入されてよい。しかしながら、いくつかの実施形態では、ろう材料は、突起物又は他の欠陥した特徴を生成して、材料の欠陥によって引き起こされるガスタービン部品の欠陥を修理するために、ガスタービン部品62に配置されてよい。ろう材料70は、0.00254mm〜1.524mm（例えば、0.1ミル〜60ミル）の範囲内の厚さ74を有するテープであってよい。ろう材料70のテープは、凹面72の50〜100%、60〜95%及び／又は75〜90%に配置されてよい。いくつかの実施形態では、ろう材料70は、凹部66内に少なくとも部分的に配置され得る、粉末、箔又はプリフォームであってよい。ろう材料70は、ガスタービン部品62の表面68まで又はそれを越えて凹部66を充填するように構成されてよい。いくつかの実施形態では、ろう材料70は、凹部66を部分的にのみ充填するように構成されてよい。

20

【0021】

さらに、プレート76は、ろう材料70が凹面72とプレートの内面78との間に配置されるように、凹部66及びろう材料70の上に配置されてよい。以下に説明されるように、ろう材料70を加熱し、外部欠陥64を有するガスタービン部品62とプレート76を接合するために、プレート76の外面96を加熱してもよい。いくつかの実施形態では、プレートの外面96に溶加材を施工することにより、プレート76の外面96を加熱することができる。

30

【0022】

いくつかの実施形態では、プレート76は凹部66を完全に覆うように構成される。したがって、プレートの内面78は、凹部66に広がる領域よりも大きい表面積を有してよい。しかしながら、いくつかの実施形態では、外部欠陥64は不均一な形状を有する場合がある。したがって、プレート76の寸法は、プレートの内面78が凹部66を完全に覆うように構成されてよい。例えば、プレート76は長方形の形状を有してよい。プレート76の長さ80は、凹部をわたる端から端までの最長距離82よりも長くてよく、プレートの幅は、凹部をわたる端から端までの最長距離に直交する方向における凹部をわたる最長距離よりも長くてよい。したがって、プレート76は、不均一な形状を有する凹部66を完全に覆うことができる。プレート76は、凹部66を覆うのに適した任意の形状を有してよい。いくつかの実施形態では、プレート76は、凹部66の形状に基づく形状を有するように形成されてよい。すなわち、プレート76は凹部66と相補的な形状で形成されてよい。さらに、プレート76は、ろう材料70を完全に覆うことができる。

40

【0023】

いくつかの実施形態では、プレート76は、プレート76が余剰部分84（例えば、凹部66を越えて延在するプレートの一部）を有するように、凹部66よりも所定量だけ大きくなるように構成されてよい。いくつかの実施形態では、プレート76は、凹部66の

50

周囲に沿って少なくとも最小量の余剰部分 8 4 を有するように構成されてよい。例えば、プレート 7 6 は、凹部 6 6 を越えて少なくとも 1 ~ 1 0 mm、1 ~ 5 mm 又は 1 ~ 3 mm 延在してよい。いくつかの実施形態では、余剰部分 8 4 は、凹部 6 6 及びろう材料 7 0 の両方を越えて延在する。プレート 7 6 の余剰部分 8 4 は、それぞれ溶接を開始又は停止するための溶接ランオンタブ又は溶接ランオフタブとして使用されてよい。

【0024】

いくつかの実施形態では、プレートの内面 7 8 の一部は、ガスタービン部品 6 2 の外面 8 6 に接触することができる。別の実施形態では、(すなわち、ろう材料を溶融するために溶加材の施工の前又は後に) ろう材料 7 0 の厚さ 7 4 は凹部 6 6 の深さ 8 8 よりも大きくてよく、その結果、プレート 7 6 を凹部 6 6 の上方に配置する際に、プレート 7 6 の一部はろう材料 7 0 の上に載り、ガスタービン部品 6 2 の外面 8 6 に接触しなくてよい。ろう材料 7 0 の表面 9 0 が不均一である場合、プレート 7 6 は、凹部 6 6 及び／又はろう材料 7 0 に対してシフトする可能性がある。したがって、いくつかの実施形態では、シフトを防止するために、プレート 7 6 は、溶加材を外表面 9 6 に施工する前にガスタービン部品に固定されてよい。

【0025】

プレート 7 6 は、易溶接性 (ETW) 材料を含んでよい。ETW 材料は、鋼、ステンレス鋼、ニッケル基超合金、コバルト基超合金又は別の適切な金属材料を含んでよいが、それらに限定されない。具体的な ETW 材料の例には、インコネル 6 2 5、インコネル 6 1 7、ハインス 2 3 0 などの固溶強化合金及び GTD 2 2 2、GTD 2 6 2、GTD 2 9 2、レネ 4 1 などの析出強化合金が含まれる。いくつかの実施形態では、析出強化合金カテゴリ内の ETW 合金は、4 0 % 未満のガンマプライム (γ') を有する。別の実施形態では、ETW は 2 0 % 未満のガンマプライム (γ') を有する。

【0026】

図 3 は、ガスタービン部品 6 2 及びプレート 7 6 の一実施形態の上面図である。溶加材は、ろう材料を加熱し、外部欠陥を有するガスタービン部品 6 2 とプレート 7 6 を接合するために、溶接経路 1 1 0 に沿ってプレート 7 6 の外面 9 6 に施工されてよい。溶接経路 1 1 0 は、平行な溶接ビーズとして施工されるように溶加材を導くことができる。いくつかの実施形態では、溶接経路 1 1 0 は、溶接ビーズがプレート 7 6 の外面 9 6 上で重なり合うか分離するように施工されるように溶加材を導くことができる。溶接経路 1 1 0 は、様々なパターンで施工されるように溶加材を導くことができる。溶加材は、凹部 6 6 の上方に配置されたプレート 7 6 の一部に施工されてよい。いくつかの実施形態では、溶加材は、凹部 6 6 の上方に配置されたプレート 7 6 の一部とプレート 7 6 の余剰部分 8 4 の両方に施工される。別の実施形態では、溶加材は、ろう材料の上方に配置されたプレート 7 6 の一部にのみ施工される。

【0027】

いくつかの実施形態では、プレート 7 6 及びガスタービン部品 6 2 は、溶加材を外表面 9 6 に施工する前に互いに固定される。プレート 7 6 及びガスタービン部品 6 2 は、プレート 7 6 及びろう材料をガスタービン部品 6 2 に固定するための少なくとも 1 つの溶接、接着剤、クランプ装置又は他の適切な機構を介して、位置 9 2 で互いに固定されてよい。いくつかの実施形態では、プレート 7 6 及びタービン部品 6 2 は、融合プロセス及び／又は抵抗溶接プロセスを使用して互いに固定されてよい。溶接プロセスは、位置 9 2 で部品を一緒に溶接することができる。しかしながら、別の実施形態では、溶接プロセスは、位置 9 2 において、プレート 7 6 とガスタービン部品 6 2 との間に配置されたるろう材料を溶融して、プレート 7 6 をガスタービン部品 6 2 に固定するように構成される。プレート 7 6 は、溶接 9 2 が凹部 6 6 の上方に施工されないように、ガスタービン部品 6 2 の外面 8 6 に固定されてよい。プレート 7 6 及びガスタービン部品 6 2 を一緒に固定することにより、シフト及び回転を減少させることができ、並びに少なくともプレート 7 6 とろう材料 7 0 との間の熱伝導を増加させることができる。

【0028】

図 4 は、ろう材料 70 を加熱し、外部欠陥を有するガスタービン部品 62 とプレート 76 を接合するために、プレート 76 の外面 96 に施工される溶加材 94 の一実施形態の断面図である。プレート 76 は、ろう材料 70 が凹面 72 とプレート 76 の内面 78 との間に配置されるように、凹部 66 及びろう材料 70 の上に配置される。プレート 76 の内面 78 の少なくとも第 1 の部分はろう材料 70 と接触しており、ろう材料 70 は凹部 66 の凹面 72 と接触している。

【0029】

溶加材 94 は、プレート 76 の外面 96 に施工されてよい。溶加材 94 をプレート 76 に施工すると、プレート 76 が加熱され、プレート 76 はろう材料 70 を加熱する。溶加材 94 の配置は、外部欠陥 64 のサイズ（例えば、凹部 66 の深さ 88 及び幅）に依存してよい。例えば、凹部 66 は、浅い端部と深い端部とを有する長く狭い溝であってよい。そのため、より多くのろう材料 70 が深い端部に施工されてよい。したがって、深い端部の上方のプレート 76 には、浅い端部の上方のプレート 76 よりも多くの溶加材 94 が施工されて、深い端部と浅い端部の両方でろう材料 70 を溶融することができる。

【0030】

溶加材 94 は、溶接プロセスによってプレート 76 の外面 96 に施工されてよい。溶接プロセスは、タングステン不活性ガス（TIG）、金属不活性ガス（MIG）、スティック、レーザ、電子ビーム（EB）、プラズマ、フラックス入りアーク溶接（FCAW）、レーザビーム（LB）融合溶接、別のタイプの適切な溶接プロセス又はそれらの組合せであってよい。酸化を防止するために、溶加材 94 の施工中にシールドガスが使用されてよい。溶加材 94 をプレート 76 の外面 96 に施工すると、プレート 76 が加熱される。溶加材 94 の施工及びプレート 76 の厚さ 112 は、ろう付け温度までろう材料 70 を加熱するように構成される。プレート 76 はろう材料 70 と溶加材 94 との間に配置されるが、溶加材 94 は、プレート 76 への施工の前又は間に加熱されてよい。溶加材 94 からの熱は、溶加材 94 から、プレート 76 を通って、ろう材料 70 に伝導されてよい。プレート 76 の厚さ 112 は、ろう材料の加熱に影響を及ぼす可能性がある（例えば、プレート 76 の厚さ 112 が厚すぎる場合、ろう材料 70 は溶融しない可能性がある）。プレート 76 の厚さ 112 は、0.1 mm～10 mm の範囲内であってよい。さらに、溶加材 94 からの熱は、ろう材料 70 に放射されてよい。

【0031】

伝導及び／又は放射によって溶加材 94 からろう材料 70 に伝達される熱は、ろう材料 70 を液化（例えば、溶融）するのに十分であり得る。プレートの外面に施工される溶加材は、 1648°C (3000°F) の温度を有してよい。プレート 76 は、プレート 76 とろう材料 70 との間の界面 98 の温度がろう材料の液相温度を超える温度を有するように加熱されてよい。いくつかの実施形態では、ろう材料 70 は、 $982^{\circ}\text{C}\sim 1287^{\circ}\text{C}$ ($1800^{\circ}\text{F}\sim 2350^{\circ}\text{F}$) の範囲内の液相温度を有する。したがって、プレート 76 を通して溶加材 94 からろう材料 70 に伝達された熱は、ろう材料 70 が溶融するように、界面 98 で 1287°C を超える温度にプレート 76 を加熱することができる。溶加材 94 が冷却し、ろう材料 70 の温度がろう材料 70 の液相温度を下回った後、ろう材料 70 は凝固する。ろう材料 70 を液相温度よりも高く加熱し、次いでろう材料 70 を液相温度よりも低く冷却することは、ろう材料 70 のための接合プロセスをトリガするように構成される。接合プロセスは、ろう材料 70 の液化及び再凝固中にガスタービン部品 62 及びプレート 76 とろう材料 70 が接合することを含む。

【0032】

ろう材料 70 は、溶加材 94 をプレート 76 に施工することによって間接的に加熱され、それにより、ガスタービン部品 62 を炉（例えば、真空炉）に入れることなく、プレート 76 がガスタービン部品 62 とろう付けされることが可能になる。ろう付けは、通常、真空炉を使用して酸化を形成することなくろう付けプロセスを実行するが、本明細書に開示された接合プロセスは真空炉を使用しない。プレート 76 は、凹部 66 及びろう材料 70 を覆うように構成され、接合プロセス中、ろう材料 70 は、酸化が起こらないようにプ

レート 7 6 と凹部 6 6 との間で液化するように構成される。したがって、接合プロセスは、炉又はガスフレームトーチなどの特殊なろう付け機器なしに遂行されてよい。

【0033】

いくつかの実施形態では、プレート 7 6 の外面 9 6 への溶加材 9 4 の施工は、熱しきい値を超えてガスタービン部品 6 2 を加熱することなく、ろう付け温度までろう材料 7 0 を加熱するように構成される。熱しきい値は、ガスタービン部品 6 2 の材料特性に依存する場合がある。熱しきい値は、ガスタービン部品 6 2 が熱処理されずにその意図された用途に適さない程度まで材料のミクロ組織を変更する前に、ガスタービン部品 6 2 の材料が加熱され得る最大温度であってよい。ガスタービン部品 6 2 の温度が熱しきい値を超えた場合、ガスタービン部品 6 2 の熱処理は、ガスタービン部品 6 2 の材料をその意図された用途のために所望のミクロ組織に回復させることができるが、熱処理は時間と費用がかかる可能性がある。

10

【0034】

いくつかの実施形態では、溶加材 9 4 の一部は、接合プロセスが完了した後に除去される。例えば、溶加材 9 4 は、ライン 1 0 0 の上方で除去されてよい。除去される溶加材 9 4 の一部は、プレート 7 6 の外面 9 6 に施工された溶加材 9 4 の 5 0 % 以上であってよい。溶加材 9 4 の表面 1 0 2 は、凸凹であっても不均一であってもよい。溶加材をライン 1 0 0 に機械加工することにより、溶加材 9 4 の表面を平滑化することができる。溶加材をライン 1 0 0 に機械加工することにより、亀裂又は他の欠陥を除去することもでき、これにより亀裂伝播を防止することができる。いくつかの実施形態では、溶加材 9 4 が除去され、プレート 7 6 の一部が、ライン 1 0 4 へのプレートの機械加工によって除去される。いくつかの実施形態では、溶加材 9 4、プレート 7 6 及び／又はろう材料 7 0 は、ガスタービン部品 6 2 の外面 8 6 と同じ高さになるように、かつガスタービン部品 6 2 を製造寸法に戻すように機械加工されてよい。すなわち、ライン 1 0 0 又はライン 1 0 4 は、外面 8 6 と同じ高さ（例えば、同一平面上）であってよい。いくつかの実施形態では、溶加材 9 4 及び／又はプレート 7 6 の一部は、ガスタービン部品の縁部 1 0 8 を越えて延在してよい。ガスタービン部品 6 2 の縁部 1 0 8 を越えて延在する溶加材 9 4 及び／又はプレート 7 6 の一部は、ライン 1 0 6 への機械加工によって除去されてよい。

20

【0035】

溶加材 9 4 は、E T W 材料、H T W 材料又はそれらの組合せのいずれかを含んでよい。いくつかの実施形態では、溶加材 9 4 が機械加工プロセスによって施工後に除去されるように構成されているとき、溶加材 9 4 は E T W 材料である。H T W 材料は好ましい機械的特性を有する場合があるが、E T W 溶加材は、H T W 溶加材よりもプレート 7 6 に施工することが容易及び／又は安価であり得る。さらに、E T W 溶加材は、H T W 溶加材よりも欠陥のない溶接を得ることが容易であり得る。したがって、H T W 材料の好ましい機械的特性は、溶加材 9 4 を除去する際の困難さを増大させるだけであり得るので、溶加材 9 4 が完全に除去されるように構成されているときに E T W 材料が使用されてよい。しかしながら、いくつかの実施形態では、溶加材 9 4 の一部が機械加工後にガスタービン部品 6 2 上に残るように構成されているときに、溶加材 9 4 は E T W 材料を含んでよい。他の実施形態では、溶加材 9 4 の耐酸化性、温度腐食性、耐クリープ性及び／又は機械的強度を高めるために、溶加材 9 4 の少なくとも一部が機械加工後にガスタービン部品 6 2 上に残るように構成されているとき、溶加材 9 4 は H T W 材料を含んでよい。

30

40

【0036】

図 5 は、図 2 ～図 4 に関して上述された溶接ろう付けを実行するのに適した方法 1 1 0 の一実施形態を示す。方法は、ガスタービン部品の凹部の凹面にろう材料を配置すること（ブロック 1 1 2）を含む。ろう材料は、粉末、箔、テープ又はプリフォームであってよい。例えば、オペレータは、粉末ろう材料で凹部を充填することができる。オペレータは、凹部を部分的に充填することができる。しかしながら、オペレータは、ろう材料で凹部を完全に充填又は過剰充填することができる。いくつかの実施形態では、オペレータは、凹面に加えてガスタービン部品の外面にろう材料を配置することができる。

50

【0037】

方法はまた、プレートの内面がろう材料に近接するように、ろう材料にプレートを配置すること（ブロック114）を含む。プレートは、凹部の上方に配置されてよい。いくつかの実施形態では、プレートは、ろう材料が凹面とプレートとの間に配置されるように、部分的に凹部内に、かつろう材料の上方に配置される。別の実施形態では、プレートは完全に凹部内に配置される。プレートは、プレートが凹部に広がるように、凹部の開口部と実質的に同じサイズであってよい。いくつかの実施形態では、方法は、溶加材を加熱して溶加材を施工する前に、プレートに仮付け溶接を施すステップ（ブロック116）を含む。仮付け溶接は、後述されるように溶加材を施工しながらプレートを所定の位置に保持するように構成されてよい。

10

【0038】

上述されたように、プレートは内面の反対側の外面を有する。方法は、溶加材をプレートの外面に施工するために溶加材を加熱すること（ブロック118）をさらに含む。施工された溶加材からの熱は、プレート及びろう材料を加熱するように構成される。その上、方法は、溶加材を施工する際の熱によって、ガスタービン部品の凹面をろう材料でプレートの内面に接合すること（ブロック120）を含む。溶加材からの熱は、ろう材料が溶融するようにろう材料の液相温度を超える温度までろう材料を加熱するために、プレートを通って伝達されてよい。溶加材から加えられた熱が放散すると、ろう材料は冷えて凝固する。ろう材料が凹面とプレートの両方と接触している間に、ろう材料を溶融し、次いで凝固させることにより、ろう材料を凹面とプレートの両方に接合（ブロック120）させることができる。

20

【0039】

いくつかの実施形態では、方法は、溶加材、プレート、ろう材料又はそれらの組合せの一部を除去するために、ガスタービン部品を機械加工すること（ブロック122）をさらに含む。しかしながら、方法は、炉、真空炉などでガスタービン部品及び／又はろう材料を熱処理するステップを含まない。

【0040】

本明細書に開示された溶接ろう付け技法の技術的効果は、従来のろう付けプロセスのステップを排除することによって低コストでより迅速な修理を可能にすること、並びに難溶接性材料を有する耐荷重部品の改善された修理を提供することを含む。

30

【0041】

本明細書は、例を使用して、最良の形態を含む本開示の実施形態を開示し、また、いかなる当業者も、任意の装置又はシステムを作製及び使用し、任意の組み込まれた方法を実行することを含む、本開示の実施形態を実践することを可能にする。本開示の特許可能な範囲は特許請求の範囲によって規定され、当業者が思い付く他の例を含んでよい。そのような他の例は、特許請求の範囲の文言と異なる構造要素を有する場合又は特許請求の範囲の文言との実質的な違いがない均等な構造要素を含む場合、特許請求の範囲内にある。

【符号の説明】

【0042】

- 10 ガスタービンシステム
- 12 燃料ノズル
- 14 圧縮機
- 16 燃焼器
- 18 吸気部、吸気口
- 20 段
- 22 段
- 24 段
- 26 静翼、静止ノズル
- 28 ブレード
- 30 回転ホイール

40

50

3 2	シャフト	
3 4	タービン	
3 6	ディフューザ、ディフューザ部	
3 8	タービンノズル	
4 0	段	
4 2	段	
4 4	段	
4 6	タービンブレード、バケット	
4 8	ロータホイール、流れ方向	
5 0	ロータホイール	10
5 2	ロータホイール	
5 4	シャフト	
5 6	ライナ	
6 0	排気部	
6 2	ガスタービン部品	
6 4	外部欠陥	
6 6	凹部	
6 8	表面	
7 0	ろう材料	
7 2	凹面	20
7 4	厚さ	
7 6	プレート	
7 8	内面	
8 0	長さ	
8 2	凹部をわたる端から端までの最長距離	
8 4	余剰部分	
8 6	外面	
8 8	深さ	
9 0	表面	
9 2	溶接、位置	30
9 4	溶加材	
9 6	外面	
9 8	界面	
1 0 0	ライン	
1 0 2	表面	
1 0 4	ライン	
1 0 6	ライン	
1 0 8	縁部	
1 1 0	溶接経路、方法	
1 1 2	厚さ	40

【図面】
【図 1】

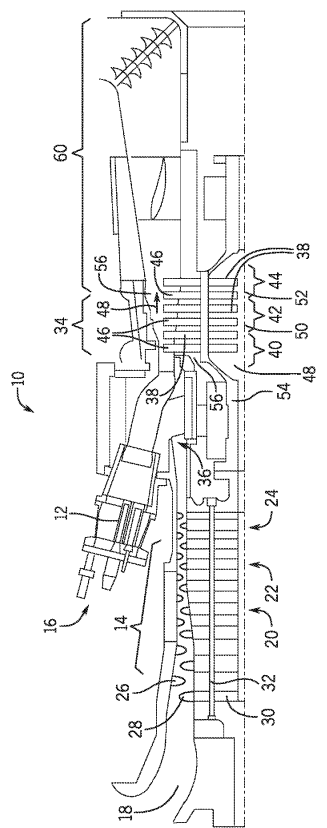


FIG. 1

【図 2】

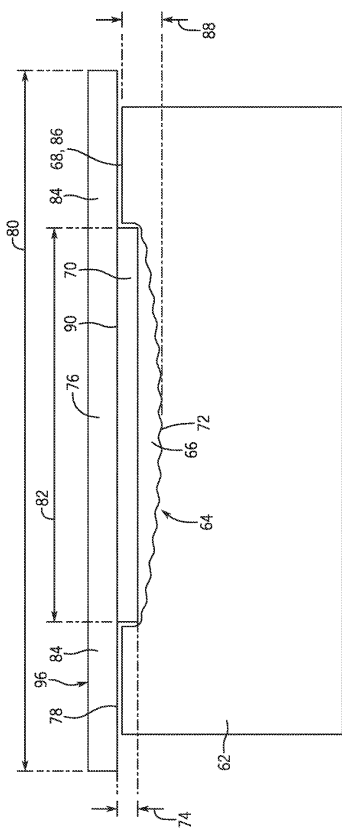


FIG. 2

【図 3】

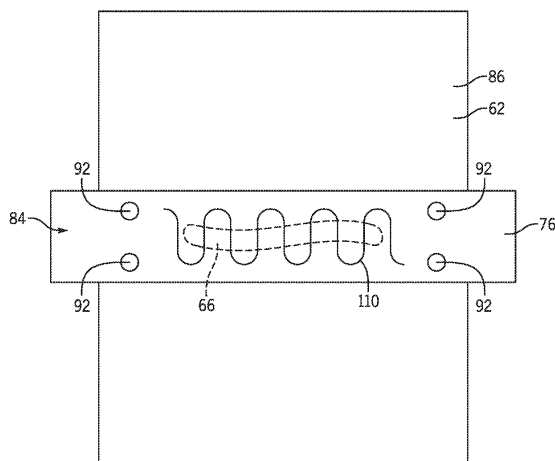


FIG. 3

【図 4】

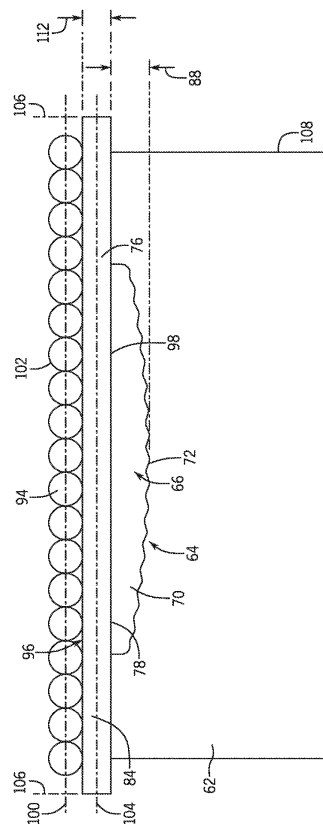


FIG. 4

10

20

30

40

50

【図 5】

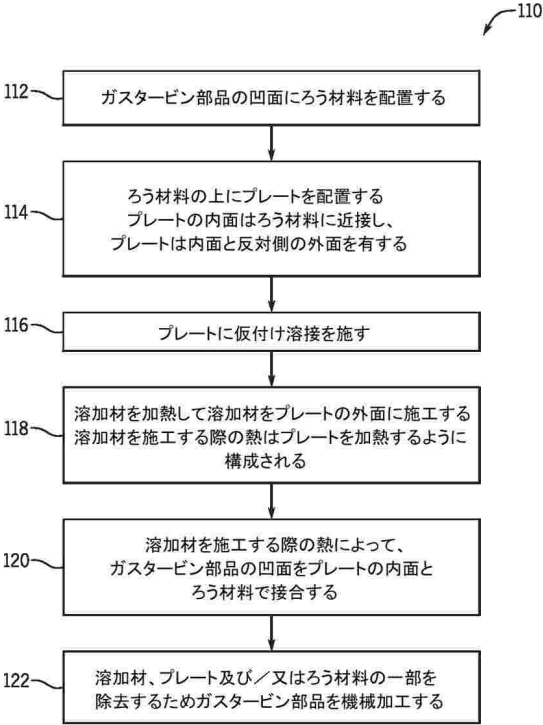


FIG. 5

フロントページの続き

(51)国際特許分類	F I		
B 2 3 K 10/02 (2006.01)	B 2 3 K	10/02	5 0 1 Z
B 2 3 K 15/00 (2006.01)	B 2 3 K	15/00	5 0 1 Z
B 2 3 K 26/21 (2014.01)	B 2 3 K	26/21	Z
B 2 3 K 26/34 (2014.01)	B 2 3 K	26/34	
F 0 1 D 25/00 (2006.01)	F 0 1 D	25/00	X
F 0 2 C 7/00 (2006.01)	F 0 2 C	7/00	D

- (74)代理人 100151286
弁理士 澤木 亮一
- (72)発明者 クイ、ヤン
アメリカ合衆国 サウスカロライナ州 2 9 6 1 5 グリーンビル, ガーリントン ロード 3 0 0
- (72)発明者 アーネット、マイケル
アメリカ合衆国 サウスカロライナ州 2 9 6 1 5 グリーンビル, ガーリントン ロード 3 0 0
- (72)発明者 レイロック、マシュー
アメリカ合衆国 サウスカロライナ州 2 9 6 1 5 グリーンビル, ガーリントン ロード 3 0 0
- (72)発明者 トリソン、ブライアン リー
アメリカ合衆国 サウスカロライナ州 2 9 6 1 5 グリーンビル, ガーリントン ロード 3 0 0

審査官 山内 隆平

(56)参考文献 特開 2 0 1 3 - 0 8 6 1 8 2 (J P , A)

特開 2 0 1 7 - 1 1 5 8 5 9 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B名)

- B 2 3 K 3 1 / 0 2
- B 2 3 K 1 / 0 0
- B 2 3 K 3 / 0 4
- B 2 3 K 9 / 0 3 2
- B 2 3 K 9 / 0 4
- B 2 3 K 1 0 / 0 2
- B 2 3 K 1 5 / 0 0
- B 2 3 K 2 6 / 2 1
- B 2 3 K 2 6 / 3 4
- F 0 1 D 2 5 / 0 0
- F 0 2 C 7 / 0 0