

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6775959号  
(P6775959)

(45) 発行日 令和2年10月28日(2020.10.28)

(24) 登録日 令和2年10月9日(2020.10.9)

(51) Int. Cl.	F I	
<b>B 2 3 K 26/382 (2014.01)</b>	B 2 3 K 26/382	
<b>B 2 3 K 26/03 (2006.01)</b>	B 2 3 K 26/03	
<b>B 2 3 K 26/04 (2014.01)</b>	B 2 3 K 26/04	
<b>F O 1 D 25/00 (2006.01)</b>	F O 1 D 25/00	X
<b>F O 2 C 7/00 (2006.01)</b>	F O 2 C 7/00	D

請求項の数 14 外国語出願 (全 25 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2016-24305 (P2016-24305)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成28年2月12日 (2016.2.12)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
(65) 公開番号	特開2016-165756 (P2016-165756A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州 123
(43) 公開日	平成28年9月15日 (2016.9.15)		45、スケネクタデー、リバーロード、1
審査請求日	平成31年2月1日 (2019.2.1)		番
(31) 優先権主張番号	14/626, 955	(74) 代理人	100105588
(32) 優先日	平成27年2月20日 (2015.2.20)		弁理士 小倉 博
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)	(74) 代理人	100129779
			弁理士 黒川 俊久
		(74) 代理人	100113974
			弁理士 田中 拓人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 閉じ込めレーザー穿孔を用いた構成部品の補修

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

構成部品の近壁の1つ又は複数の孔を補修するための方法であって、  
前記構成部品の前記近壁の第1の孔の元の位置及び前記第1の孔の元のベクトルを含む前記第1の孔の元の孔情報を受け取ることと、

閉じ込めレーザードリル(62)の閉じ込めレーザービーム(64)のビーム軸が前記第1の孔の前記元のベクトルと合うように、前記ビーム軸を画定する前記閉じ込めレーザービーム(64)を、前記第1の孔の前記元の位置での前記構成部品の前記近壁の方へ、かつ前記第1の孔の前記元のベクトルに沿って向けることと、

前記第1の孔の前記元の位置から反射された光の特性を検知することと、  
前記第1の孔の前記元の位置から反射された光の前記検知された特性を用いて前記第1の孔の補修状況を確定すること

を含み、

前記第1の孔の補修状況を確定することが、前記閉じ込めレーザービーム(64)が、前記構成部品の前記近壁の前記第1の孔の中にある碎片に向けられていることを確定することを含む、方法。

【請求項 2】

前記構成部品の前記近壁の第1の孔の元の孔情報を受け取ることが、ガスタービンの構成部品の近壁の第1の孔の元の孔情報を受け取ることを含み、閉じ込めレーザードリル(62)の閉じ込めレーザービーム(64)を、前記構成部品の前記近壁の方へ向けることが、

閉じ込めレーザドリル（62）の閉じ込めレーザビーム（64）を、前記ガスタービンの前記構成部品の前記近壁の方へ向けることを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記構成部品の前記近壁の第1の孔の中にある前記碎片を貫通して穿孔するように前記閉じ込めレーザドリル（62）の動作パラメータを修正することをさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項4】

前記閉じ込めレーザドリル（62）の動作パラメータを修正することが、前記構成部品の前記近壁の前記第1の孔の中にある前記碎片を貫通して穿孔するように、前記閉じ込めレーザドリル（62）の出力を制御することを含む、請求項3に記載の方法。

10

【請求項5】

前記第1の孔の補修状況を確定することが、前記閉じ込めレーザドリル（62）の前記閉じ込めレーザビーム（64）が前記構成部品の前記近壁を貫通していることを確定することをさらに含む、請求項3又は請求項4に記載の方法。

【請求項6】

前記第1の孔の補修状況を確定することが、前記閉じ込めレーザドリル（62）の前記閉じ込めレーザビーム（64）が前記構成部品の前記近壁を貫通していることを確定することに対応して、前記孔が完全に詰まっていないと確定することをさらに含む、請求項5に記載の方法。

【請求項7】

前記第1の孔の補修状況を確定することが、前記閉じ込めレーザビーム（64）が前記構成部品の前記近壁に少なくとも部分的に向けられていることを確定することと、

20

前記構成部品の前記近壁が少なくとも部分的に変形したことを確定することとをさらに含む、請求項1乃至請求項6のいずれか1項に記載の方法。

【請求項8】

補修サブルーチンを実行して、前記第1の孔の新しい位置及び前記第1の孔の新しいベクトルを含む、前記第1の孔の新しい情報を確定することと、

前記第1の孔の前記新しい孔情報と等しい、前記第1の孔の最新の孔情報を確定することと

30

をさらに含む、請求項7に記載の方法。

【請求項9】

前記構成部品の前記近壁の第2の孔の元の位置及び前記第2の孔の元のベクトルを含む、前記第2の孔の元の孔情報を制御器で受け取ることと、

前記閉じ込めレーザドリル（62）の前記閉じ込めレーザビーム（64）の前記ビーム軸が前記第2の孔の前記元のベクトルと合うように、前記閉じ込めレーザビーム（64）を、前記第2の孔の前記元の位置での前記構成部品の前記近壁の方へ、かつ前記第2の孔の前記元のベクトルに沿って向けることと、

前記第2の孔の前記元の位置から反射された光の特性を検知することと、

前記第2の孔の前記元の位置から反射された光の前記検知された特性に基づいて、前記第2の孔の補修状況を確定することと

40

をさらに含む、請求項1乃至請求項8のいずれか1項に記載の方法。

【請求項10】

構成部品の近壁の1つ又は複数の孔を補修するためのシステム（60）であって、

ビーム軸を画定する閉じ込めレーザビーム（64）を利用する閉じ込めレーザドリル（62）と、

前記構成部品の前記近壁の第1の孔から反射された光の特性を検知するように配置されたセンサ（80）と、

前記閉じ込めレーザドリル（62）及び前記センサ（80）に操作可能に接続された制御器（68）であって、

50

前記構成部品の前記近壁の前記第 1 の孔の元の位置及び前記第 1 の孔の元のベクトルを含む、前記第 1 の孔の元の孔情報を受け取り、

前記閉じ込めレーザービーム ( 6 4 ) を、前記第 1 の孔の前記元の位置での前記構成部品の前記近壁の方へ、かつ前記第 1 の孔の前記元のベクトルに沿って向け、

前記第 1 の孔から反射され、前記センサ ( 8 0 ) によって検知された光の特性に基づいて、前記第 1 の孔の補修状況を確定し、かつ

前記構成部品の前記近壁の前記第 1 の孔の中にある碎片に向けられていることを確定するように構成された制御器 ( 6 8 ) と  
を備えるシステム。

【請求項 1 1】

前記センサ ( 8 0 ) が、前記構成部品の前記近壁の前記第 1 の孔から反射された前記光の 1 つ又は複数の波長を検知するように構成された光学センサである、請求項 1 0 に記載のシステム。

【請求項 1 2】

前記第 1 の孔の前記補修状況を確定することにおいて、前記閉じ込めレーザービーム ( 6 4 ) が前記構成部品の前記近壁を貫通していることを確定するように、前記制御器が構成される、請求項 1 0 又は請求項 1 1 に記載のシステム。

【請求項 1 3】

前記閉じ込めレーザービーム ( 6 4 ) が前記構成部品の前記近壁を貫通していることを確定することに対応して、前記孔が完全に詰まっていないと確定するように、前記制御器がさらに構成され、前記第 1 の孔の前記元の孔情報と等しい、前記第 1 の孔の最新の孔情報を確定するように、前記制御器がさらに構成される、請求項 1 2 に記載のシステム。

【請求項 1 4】

前記閉じ込めレーザービーム ( 6 4 ) が前記構成部品の前記近壁に少なくとも部分的に向けられていることを確定し、かつ、前記構成部品の前記近壁が少なくとも部分的に変形したことを確定するように、前記制御器がさらに構成される、請求項 1 0 乃至請求項 1 3 のいずれか 1 項に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、閉じ込めレーザー穿孔を用いてタービン構成部品などの構成部品を補修するための方法およびシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

タービンは、工業および商業活動で広く使用されている。発電用に使用される典型的な商用の蒸気タービンまたはガスタービンは、静止エーロfoilおよび回転エーロfoilの段を交互に含む。例えば、静止ベーンは、タービンを取り囲むケーシングなどの静止構成部品に取り付けることができ、回転ブレードは、タービンの軸方向中心線に沿って位置するロータに取り付けることができる。例えば、限定するものではないが、蒸気、燃焼ガス、または空気など、圧縮作動流体はタービンを通して流れるが、静止ベーンは圧縮作動流体を加速して次に続く回転ブレードの段へ導いて回転ブレードに運動を与え、その結果、ロータを回転させて仕事を行う。

【0003】

タービンの効率は一般に、圧縮作動流体の温度の上昇とともに向上する。しかしながら、タービン内の温度が高くなりすぎると、タービンのエーロfoilの寿命が短くなり、したがって、タービンに関連する補修、メンテナンス、および停止が増大する可能性がある。その結果、エーロfoilを冷却するために様々な設計および方法が開発されてきた。例えば、冷却媒体をエーロfoil内のキャビティに供給して、対流で、および/または伝導で、エーロfoilから熱を取り除くことができる。特定の実施形態では、冷却媒体は、キャビティからエーロfoilの冷却通路を通して流出して、エーロfoilの外

10

20

30

40

50

面にわたってフィルム冷却をすることができる。

【0004】

温度および/または性能の基準が上昇し続けているので、エーロfoilに使われる材料はますます薄くなり、エーロfoilを確実に製作することがますます難しくなっている。例えば、特定のエーロfoilは高合金から鋳造され、このようなエーロfoilの外面に遮熱コーティングを施して防熱を強化している。しかしながら、連続して使用中で、エーロfoilの冷却孔は碎片または他の汚染物で詰まることがあり、また遮熱コーティングは摩耗し、または剥がれる場合がある。さらに、特定の場合には、エーロfoilは、孔の位置および/または向きが、元の位置および/または向きから変化するような塑性変形を受ける場合がある。

10

【0005】

特定のエーロfoilは上記の課題に対処するために補修される場合がある。しかしながら、冷却孔のそれぞれを正確に清掃し、遮熱コーティングを再施工するのは、一般に、高価で時間を要するプロセスである。したがって、冷却孔のそれぞれの位置および/または向きを確定するためのシステムおよび方法は有用である。さらに、詰まっている冷却孔があれば、どの冷却孔が詰まっているかを判定するための、および、すべての碎片を取り除くためのシステムおよび方法は特に有益である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

20

【特許文献1】米国特許出願公開第2014/0076868号明細書

【発明の概要】

【0007】

本発明の態様および利点は、以下の説明で明らかにされ、あるいはその説明から理解することができる、あるいは本発明の実施を通じて学ぶことができる。

【0008】

本開示の1つの例示的な態様では、構成部品の近壁の1つまたは複数の孔を補修するための方法が提供される。本方法は、構成部品の近壁の第1の孔の元の孔情報を受け取ることを含む。第1の孔の元の孔情報は、第1の孔の元の位置および第1の孔の元のベクトルを含む。本方法はまた、閉じ込めレーザビームのビーム軸が第1の孔の元のベクトルと実質的に合うように、ビーム軸を画定する閉じ込めレーザドリルの閉じ込めレーザビームを、第1の孔の元の位置での構成部品の近壁の方へ、かつ第1の孔の元のベクトルに沿って向けることを含む。本方法はまた、第1の孔の元の位置から反射された光の特性を検知すること、および第1の孔の元の位置から反射された光の検知された特性を用いて第1の孔の補修状況を確定することを含む。

30

【0009】

本開示の1つの例示的な実施形態では、構成部品の近壁の1つまたは複数の孔を補修するためのシステムが提供される。本システムは、ビーム軸を画定する閉じ込めレーザビームを利用する閉じ込めレーザドリルと、構成部品の近壁の第1の孔から反射された光の特性を検知するように配置されたセンサとを含む。本システムはまた、閉じ込めレーザドリルおよびセンサに操作可能に接続された制御器を含む。制御器は、構成部品の近壁の第1の孔の元の孔情報を受け取るように構成される。第1の孔の元の孔情報は、第1の孔の元の位置および第1の孔の元のベクトルを含む。制御器はまた、閉じ込めレーザビームを、第1の孔の元の位置での構成部品の近壁の方へ、かつ第1の孔の元のベクトルに沿って向けるように構成される。制御器はまた、第1の孔から反射され、センサによって検知された光の特性に基づいて、第1の孔の補修状況を確定するように構成される。

40

【0010】

本開示のこれらの、および他の特徴、態様、および利点は、以下の説明および添付の特許請求の範囲を参照すればより良く理解できるであろう。添付の図面は、本明細書に組み込まれその一部を構成するものであり、本記述と併せて本開示の実施形態を示すことで本

50

開示の原理を説明する働きをしている。

【0011】

添付図面の参照を含めた本明細書の残りの部分では、当業者にとっては最良の態様を含む本開示の完全かつ有効な開示がより具体的に説明される。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本開示の様々な実施形態を組み入れることができる例示的なガスタービンのタービンセクションの概略断面図である。

【図2】本開示の実施形態による例示的なエアロfoilの斜視図である。

【図3】本開示の例示的な実施形態によるエアロfoilを補修するためのシステムの概略図である。

【図4】図3の例示的なシステムの別の概略図である。

【図5】図3の例示的なシステムのさらに別の概略図である。

【図6】本開示の例示的な態様によるエアロfoilを補修するための方法のフロー図である。

【図7】本開示の別の例示的な実施形態によるエアロfoilを補修するためのシステムの概略図である。

【図8】図7の例示的なシステムの別の概略図である。

【図9】本開示の別の例示的な態様によるエアロfoilを補修するための方法のフロー図である。

【図10】本開示のさらに別の例示的な態様によるエアロfoilを補修するための方法のフロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

次に、本開示の実施形態を詳細に参照するが、その実施形態の1つまたは複数の例が図面に示されている。各例は、本開示を説明するために提示され、本開示を限定するものではない。実際、本開示の範囲または精神から逸脱せずに、本開示において様々な修正および変更を行うことができることは、当業者には明らかであろう。例えば、1つ実施形態の一部としての図示または記述する特徴を、さらなる実施形態を得るために他の実施形態とともに使用することができる。したがって、本開示は、このような修正および変更を、添付の特許請求の範囲およびその等価物の範囲内にあるものとして包含することが意図される。本開示の例示的な実施形態は、例示するためにターボ機械用のエアロfoilを製作するという文脈で全体として説明されるが、当業者であれば、本開示の実施形態を他の物品の製造に適用することができ、特許請求の範囲で特記しない限り、ターボ機械用のエアロfoilを製造するためのシステムまたは方法に限定されないことは容易に理解するであろう。例えば、他の例示的な実施形態では、本開示の態様は、航空機産業の環境での使用のためのエアロfoilを製作するために、ガスタービンの他の構成部品を製作するために、かつ/あるいは蒸気タービンのエアロfoilまたは他の構成部品を製作するために使用することができる。

【0014】

本明細書で使用されるとき、用語「第1の」、「第2の」、および「第3の」は、1つの構成部品を別の構成部品と区別するために交換可能に使用される場合があり、個々の構成部品の位置または重要性を意味することを意図していない。同様に、用語「近」および「遠」は、物品または構成部品の相対位置を示すために使用される場合があり、前記物品または構成部品のいかなる機能または設計を意味することを意図していない。

【0015】

次に図面を参照すると、図1は、本開示による様々な実施形態によるガスタービンの例示的なタービンセクション10の概略側面断面図である。図1に示すように、タービンセクション10は一般に、タービンセクション10を通るガス通路16を少なくとも部分的に画定するロータ12とケーシング14を含む。ロータ12は一般に、タービンセクショ

ン 10 の軸方向中心線 18 に位置合わせされ、発電機、圧縮機、または仕事を生成する別の機械に接続することができる。ロータ 12 は、一体的に回転するようにボルト 24 で相互に接続されたロータホイール 20 とロータスペーサ 22 の交互にある区画を含むことができる。ケーシング 14 は、ロータ 12 の少なくとも一部分を周方向に取り囲んで、ガス通路 16 を通って流れる圧縮作動流体 26 を収容する。圧縮作動流体 26 は、例えば、燃焼ガス、圧縮空気、飽和蒸気、不飽和蒸気、またはこれらが組み合わさったものを含む場合がある。

#### 【0016】

図 1 に示すように、タービンセクション 10 は、ロータ 12 とケーシング 14 との間で半径方向に延在する、交互にある回転ブレード 30 の段と静止ベーン 32 の段をさらに含む。回転ブレード 30 は、ロータ 12 の周りに周方向に配置されており、様々な手段を用いてロータホイール 20 に接続することができる。対照的に、静止ベーン 32 は、ケーシング 14 のロータスペーサ 22 から反対側の内側の周りに周状に配置することができる。回転ブレード 30 と静止ベーン 32 は、当技術分野で知られているように、一般に、凹状の圧力側、凸状の負圧側、ならびに前縁および後縁を有するエーロfoil 38 の形状を有する。圧縮作動流体 26 は、図 1 に示すように、ガス通路 16 に沿って、左側から右側へタービンセクション 10 を通って流れる。圧縮作動流体 26 が回転ブレード 30 の第 1 段を通過すると、圧縮作動流体は膨張して、回転ブレード 30、ロータホイール 20、ロータスペーサ 22、ボルト 24、およびロータ 12 を回転させる。次いで、圧縮作動流体 26 は、次の段の静止ベーン 32 を横切って流れ、そこで、圧縮作動流体 26 は加速されて、次の段の回転ブレード 30 の方へ向きが変えられる。このプロセスはこれに続く段で繰り返される。図 1 に示す例示的な実施形態では、タービンセクション 10 は、3 段の回転ブレード 30 の間に 2 段の静止ベーン 32 を有しているが、回転ブレード 30 と静止ベーン 32 の段数は、特許請求の範囲で特記しない限り、本開示で限定するものではないことは、当業者であれば容易に理解されるであろう。

#### 【0017】

図 2 は、例えば、回転ブレード 30 または静止ベーン 32 に組み込むことができる、本開示の実施形態による例示的なエーロfoil 38 の斜視図である。図 2 に示すように、エーロfoil 38 は一般に、凹状に湾曲した圧力側 42、および圧力側 42 の反対側に凸状に湾曲した負圧側 44 を含む。エーロfoil 38 内に圧力側 42 と負圧側 44 との間キャビティ 46 を画定するように、圧力側 42 と負圧側 44 はお互いに分離している。キャビティ 46 には蛇行または曲がりくねった通路が設けられて、冷却媒体がエーロfoil 38 内を流れて、対流で、および / または伝導で、エーロfoil 38 から熱を取り除くことができる。さらに、圧力側 42 と負圧側 44 はさらに、エーロfoil 38 の上流部に前縁 48、およびエーロfoil 38 の下流部に後縁 50 を形成するように接合される。圧力側 42、負圧側 44、前縁 48、および / または後縁 50 の複数の冷却通路 52 は、エーロfoil 38 を貫通してキャビティ 46 と流体連通して、エーロfoil 38 の外面 34 にわたって冷却媒体を供給することができる。図 2 に示すように、例えば、冷却通路 52 は、前縁 48 および後縁 50 に、ならびに / あるいは、圧力側 42 および負圧側 44 の一方または両方に沿って配置することができる。例示的なエーロfoil 38 はさらに、ガスタービンの圧縮機セクションからの圧縮空気などの冷却媒体をキャビティ 46 に供給することができる開口 54 をエーロfoil 38 の基部に画定する。

#### 【0018】

冷却通路 52 の数および / または位置は、キャビティ 46 の設計および冷却通路 52 の設計と同様に、特定の実施形態に従って変わる場合があることは、当業者であれば本明細書の教示から容易に理解するであろう。したがって、本開示は、特許請求の範囲で特記しない限り、冷却通路 52 のいかなる特定の数または位置にも限定されず、あるいはいかなる特定の冷却通路 52 またはキャビティ 46 の設計にも限定されない。

#### 【0019】

特定の例示的な実施形態では、エーロfoil 38 の金属部分 40 の外面 34 (図 3 参

10

20

30

40

50

照)の少なくとも一部分にわたって施工され、エーロfoil 38の下地の金属部分40を覆う遮熱コーティング36を、エーロfoil 38の壁は含む場合がある。遮熱コーティング36は、施工されれば、熱に対する低い放射率または高い反射率、滑らかな仕上り、および/または下地の外面34に対する良好な付着性を有することができる。

#### 第1部

次に図3を参照すると、本開示の例示的なシステム60の概略図が示されている。システム60は、例えば、ガスタービンの構成部品を補修するために使用することができる。より具体的には、図示の実施形態では、システム60は、図2を参照して上記したエーロfoil 38などのガスタービンのエーロfoil 38の1つまたは複数の孔または冷却通路52を補修するために使用される。しかしながら、本明細書では、システム60は、エーロfoil 38を補修するという文脈で記述されているが、システム60は、他の例示的な実施形態では、ガスタービン用の任意の他の適切な構成部品を補修するのに使用することができることを理解されたい。例えば、システム60は、燃焼器尾筒、ノズル、燃焼ライナ、エフュージョンプレートまたはインピンジメントプレート、ベーン、シュラウド、あるいは任意の他の適切な部品を補修するのに使用することができる。

#### 【0020】

例示的なシステム60は一般に、閉じ込めレーザービーム64をエーロfoil 38の近壁66の方に向けるように構成された閉じ込めレーザードリル62を含む。閉じ込めレーザービーム64はビーム軸Aを画定する。エーロfoil 38の近壁66はエーロfoilのキャピティ46に隣接して位置する。閉じ込めレーザードリル62の様々な実施形態は一般に、レーザー装置およびコリメータ(図示せず)を含むことができる。以下でより詳しく論じるように、システム60は、閉じ込めレーザードリル62と操作可能に通信する制御器68をさらに含む。レーザー装置は、レーザービーム70を発生することができる任意の装置を含むことができ、コリメータは、ビーム70がガラス繊維または水などの異なる媒体中で集束されるとき、ビーム70の直径を再形成してより良い集束特性になるように構成された任意の装置とすることができる。したがって、本明細書で使用されるとき、コリメータは、粒子または波のビームを絞って、かつ/または一列に揃えて、ビームの空間断面が小さくなるようにする任意の装置を含む。例えば、特定の実施形態では、コリメータは、レーザービーム70を脱イオン化した水または濾過水などの流体とともに受け入れることができる。そのとき、開口またはノズルは、液体コラム72内のレーザービーム70をエーロfoil 38の方へ向けることができる。液体コラム72の圧力は、平方インチあたりおおよそ2,000から3,000ポンドとすることができる。しかしながら本開示は、特許請求の範囲で特記しない限り、流体コラム72に対するいかなる特定の圧力にも限定されない。さらに、本明細書で使用されるとき、「約」または「おおよそ」などの近似の用語は、10パーセントの誤差の範囲内を指すことを理解されたい。

#### 【0021】

液体コラム72は空気などの保護ガスで囲まれて、レーザービーム70のライトガイドおよび集束機構として働くことができる。したがって、液体コラム72およびレーザービーム70はともに、閉じ込めレーザードリル62によって使用され、エーロfoil 38に向けられる閉じ込めレーザービーム64を形成することができる。以下でより詳しく論じるように、閉じ込めレーザービーム64は、エーロfoil 38の近壁66の1つまたは複数の冷却通路52を補修する際に、閉じ込めレーザードリル62によって使用することができる。

#### 【0022】

図3を続けて参照すると、システム60は、例示的なバックストライク保護装置74をさらに含む。図示の例示的なバックストライク保護装置74は、エーロfoil 38内を流れるガス76を含む。本明細書で使用されるとき、用語「ガス」は、任意のガス状媒体を含むことができる。例えば、ガス76は、不活性ガス、真空、飽和蒸気、過熱蒸気、またはエーロfoil 38のキャピティ46内でガス状流れを形成することができる任意の他の適切なガスとすることができる。エーロfoil 38内を流れるガス76は、液体コラム72の液体の圧力、または閉じ込めレーザービーム64を途絶させるのに十分な任意の

10

20

30

40

50

他の圧力にほぼ相応した圧力を有することができる。より具体的には、ガス76は、十分な運動モーメントまたは速度を発生して、エーロfoil38のキャビティ46内の液体コラム72を途絶させるのに十分な任意の他の圧力を有することができる。例えば、特定の例示的な実施形態では、エーロfoil38内を流れるガス76は、おおよそ平方インチ当たり25ポンドより高い圧力になることがあるが、本開示は、特許請求の範囲で特記しない限り、ガス76に対していかなる特定の圧力にも限定されない。このようにして、ガス76は、閉じ込めレーザビーム64が、近壁66の冷却通路52から反対側にあるエーロfoil38のキャビティ46の内面をたたくことを防ぐ。より詳細には、ガス76は、閉じ込めレーザビーム64がエーロfoil38の近壁を突き破った後に、閉じ込めレーザビームがエーロfoilの遠壁78をたたくことを防ぐ。

10

#### 【0023】

本明細書で使用されるとき、用語「突き破る」「突き破っている」およびそれと同種の用語は、閉じ込めレーザビーム64が、閉じ込めレーザビーム64のビーム軸Aに沿って、エーロfoil38の近壁66を貫通して連続的に、かつ途切れず延在する状態を指す。エーロfoil38の近壁66を貫通する閉じ込めレーザビーム64の任意の突き破りに続いて、前記閉じ込めレーザビーム64の少なくとも一部分は、近壁66を通過して、例えば、エーロfoil38のキャビティ46内に入る。

#### 【0024】

図3の例示的なシステム60は、制御器68に操作可能に接続されたセンサ80をさらに含む。センサ80は、光の特性を検知するように構成された光学センサで、検知された光の特性を示す信号を制御器68に送ることができる。さらに、図示の例示的な実施形態では、センサ80は、ビーム軸Aに沿ってエーロfoil38の近壁66から離れるように進む光、例えば、冷却通路52から反射された光、および/または、冷却通路52で方向が変わった光の特性を検知するように配置される。特定の例示的な実施形態では、センサ80は、以下の1つまたは複数の光の特性を検知するために適したオシロスコープセンサとすることができる。すなわち、その光の特性とは、光の強度、光の1つまたは複数の波長、光の量、反射パルス幅、反射パルスレート、時間における光パルスの形状、および周波数における光パルスの形状である。

20

#### 【0025】

さらに、図示の実施形態では、センサ80はビーム軸Aからずらされており、反射光の少なくとも一部分を方向変更レンズ82で方向を変えることによって、ビーム軸Aに沿った反射光の特性を検知するように構成される。方向変更レンズ82は、ビーム軸Aとおおよそ45度の角度で、ビーム軸A内に、すなわちビーム軸Aと交差して配置される。しかしながら、他の例示的な実施形態では、方向変更レンズ82は、ビーム軸Aに対して任意の他の適切な角度に定めることができる。さらに、方向変更レンズ82は、第1の側(すなわち、エーロfoil38の近壁66に最も近い側)にコーティングを含むことができ、このコーティングは、ビーム軸Aに沿ってエーロfoil38の近壁66から離れるように進む反射光の少なくとも一部分をセンサ80へ向かう方向に変える。このコーティングは「一方向」コーティングと呼ばれるものであり、ビーム軸に沿ってエーロfoil38の近壁66の方へ進む実質的にいかなる光も、レンズまたはそのコーティングによって方向を変えられることはない。例えば、特定の実施形態では、コーティングは電子ビームコーティング(EBC: ELECTRON BEAM COATING)とすることができる。

30

40

#### 【0026】

しかしながら、他の例示的な実施形態では、センサ80は、その代わりに、ビーム軸A内に配置することができ、また、レーザビーム70の方向は変えることができることを理解されたい。あるいは、センサ80はエーロfoil38の外側でビーム軸Aからずらして配置し、視線を孔52に定めることによって孔52からの光の特性を検知するように構成することができる。さらに他の実施形態では、1つまたは複数の追加のセンサ(図示せず)をキャビティ46内に配置することができ、またはその代わりに、キャビティ46の

50

開口 5 4 の外側でキャビティ 4 6 内に向けて配置することができる。さらに他の実施形態では、センサ 8 0 は実際、キャビティ 4 6 内の任意の適切な位置に、および/またはエーロフォイル 3 8 の外側の任意の適切な位置に配置された複数のセンサとすることができることをさらに理解されたい。

#### 【 0 0 2 7 】

図 3 の例示的なシステム 6 0 をさらに参照すると、制御器 6 8 は、任意の適切なプロセッサに基づいたコンピューティング装置とすることができ、例えば、閉じ込めレーザドリル 6 2、センサ 8 0、およびバックストライク保護装置 7 4 と操作可能に通信することができる。例えば、適切な制御器 6 8 は、1 つまたは複数のパーソナルコンピュータ、携帯電話（スマートフォンを含む）、携帯情報端末、タブレット、ラップトップ、デスクトップ、ワークステーション、ゲーム装置、サーバ、他のコンピュータおよび/または任意の他の適切なコンピューティング装置を含むことができる。図 3 に示すように、制御器 6 8 は、1 つまたは複数のプロセッサ 8 4、および関連するメモリ 8 6 を含むことができる。プロセッサ 8 4 は一般に、当技術分野で知られている任意の適切なプロセッシング装置とすることができる。同様に、メモリ 8 6 は一般に、限定するものではないが、RAM、ROM、ハードドライブ、フラッシュドライブ、または他の記憶装置を含む、任意の適切なコンピュータ読取可能な媒体とすることができる。一般的に理解されるように、メモリ 8 6 は、プロセッサ 8 4 によって実行することができる命令またはロジック 8 8 を含む、プロセッサ 8 4 によってアクセス可能な情報を、記憶するように構成することができる。命令またはロジック 8 8 は、プロセッサ 8 4 によって実行される際、プロセッサ 8 4 に所望の機能を提供させる任意の組の命令とすることができる。例えば、命令またはロジック 8 8 は、コンピュータ読取可能な形態のソフトウェアの命令とすることができる。ソフトウェアを使用すると、任意の適切なプログラミング言語、スクリプト言語、または他のタイプの言語、あるいは言語の組合せを使用して、本明細書に含まれる教示を実施することができる。本開示の特定の実施形態では、例えば、命令またはロジック 8 8 は、図 6、9、または 1 0 を参照して以下に説明される 1 つまたは複数の方法を実施するように構成することができる。あるいは、命令は、限定するものではないが、特定用途向け回路を含むハードワイヤードロジック 8 8 または他の回路によって実行することができる。さらに、制御器 6 8 はセンサ 8 0 から分離されて概略的に示されているが、他の例示的な実施形態では、センサ 8 0 と制御器 6 8 は、任意の適切な位置に配置された単一の装置に一体化することができる。

#### 【 0 0 2 8 】

エーロフォイルを補修するために、エーロフォイル 3 8 の 1 つまたは複数の冷却孔 5 2 に関する特定の情報を推測する必要がある場合がある。図 3 の実施形態では、例示的なシステム 6 0 は、閉じ込めレーザドリル 6 2 およびセンサ 8 0 を用いて、エーロフォイル 3 8 の 1 つまたは複数の孔 5 2 に関する特定の情報を推測して、1 つまたは複数の孔 5 2 の補修状況を確定するように構成される。より具体的には、例示的なシステム 6 0 は、各孔 5 2 の位置、各孔 5 2 のベクトル、および孔 5 2 が詰まっているか、いないかを確定するように構成される。

#### 【 0 0 2 9 】

例えば、図 3 をさらに参照すると、システム 6 0 は、センサ 8 0 によって検知された光の特性に基づいて、閉じ込めレーザビーム 6 4 が向けられている材料を確定するように構成される。特定の実施形態では、センサ 8 0 によって検知された光の特性は、穿孔動作中に反射された光の 1 つまたは複数の波長とすることができる。異なる材料は、異なる波長で、閉じ込めレーザビーム 6 4 から光を吸収および反射する。したがって、穿孔動作中にセンサ 8 0 によって検知された反射光は、閉じ込めレーザビーム 6 4 が向けられた材料を示す波長または波長のパターンを定めることができる。例えば、エーロフォイル 3 8 の金属部分 4 0 内への穿孔時に、センサ 8 0 によって検知された光は、1 つまたは複数の冷却孔 5 2 の中にある碎片 9 0 内への穿孔時に、センサ 8 0 によって検知される光によって定められた波長のパターンとは異なる波長のパターンを定めることができ、それはまた、閉

10

20

30

40

50

じ込めレーザービームがエーロfoil 38の近壁66を完全に貫通して、エーロfoil 38の金属部分40内へは向けられていないときの、センサ80によって検知される光によって定まる波長のパターンから区別することができる。しかしながら、他の例示的な実施形態では、センサによって検知される光の特性は、これに加えて、または、これに代わって、閉じ込めレーザービームが向けられている材料を示す任意の他の特性を含むことを理解されたい。

#### 【0030】

したがって、特定の実施形態では、例示的なシステム60は、閉じ込めレーザードリル62の閉じ込めレーザービーム64を基本的にプローブとして使用して、1つまたは複数の孔52の特定の情報を推測することができる。さらに詳細には、特定の実施形態では、制御器68は、エーロfoil 38の1つまたは複数の冷却孔52の元の孔情報を受け取ることができる。元の孔情報は、1つまたは複数の孔52の元の位置、および1つまたは複数の孔52の元のベクトルを含むことができる。このような元の孔情報は、CAD設計ファイルまたは任意の他の適切な形式などの元の設計ファイルの形態で受け取ることができる。

10

#### 【0031】

図3に示すように、制御器68は、閉じ込めレーザードリル62の閉じ込めレーザービーム64を、第1の孔92の元の位置に、かつ第1の孔92の元のベクトルに沿って向けることができる。なお、閉じ込めレーザードリル62を、出力レベルを下げて動作させて、エーロfoil 38の近壁66を損傷する危険性を軽減することができる。図示の実施形態では、第1の孔92は元の位置にあり、元のベクトルから変化していないベクトル $V_1$ を向いている。さらに、図示の実施形態では、第1の孔92の中には碎片90はない。したがって、閉じ込めレーザードリル62の閉じ込めレーザービーム64が第1の孔92の元の位置に、かつ第1の孔92の元のベクトルに向けられたとき、閉じ込めレーザービーム64がエーロfoil 38の近壁66内に向けられないように、閉じ込めレーザービーム64は、エーロfoil 38の近壁66を完全に貫通する。システム60は、閉じ込めレーザービーム64がエーロfoil 38の近壁66を完全に貫通していることを確定することができる(例えば、センサ80によって検知された光の特性に基づいて)、したがって、第1の孔92は完全に詰まっていないと確定し、第1の孔92の元の位置および元のベクトルを確認することができる。本明細書で使用されるとき、閉じ込めレーザービーム64が向けられている材料を確定することは、閉じ込めレーザービーム64が近壁66のいかなる材料にも向けられておらず、その代わりに、近壁66を完全に貫通している、すなわち、近壁66の孔を完全に貫通していることを確定することを含むことを理解されたい。

20

30

#### 【0032】

対照的に、次に図4を参照すると、閉じ込めレーザードリル62の閉じ込めレーザービーム64は、第2の孔94の元の位置に、かつ第2の孔の元のベクトルに沿って向けられている。第2の孔94の位置は、第2の孔94の元の位置と同じであり、第2の孔94によって定められたベクトル $V_2$ は第2の孔94の元のベクトルと同じである。しかしながら、図示の実施形態では、第2の孔94の中には碎片90があり、その結果、閉じ込めレーザービーム64は、第2の孔94でエーロfoil 38の近壁66を完全に貫通することはない。システム60は、センサ80によって検知された光の特性に基づいて、閉じ込めレーザービーム64が碎片90に向けられていることを確定することができる。これに対応して、システム60は、閉じ込めレーザードリル62の閉じ込めレーザービーム64が碎片90を取り除く、すなわち碎片90を貫通して穿孔するように、閉じ込めレーザードリル62の出力を増大することができる。閉じ込めレーザードリル62が碎片90を貫通して穿孔し、閉じ込めレーザービーム64がエーロfoil 38の近壁66を完全に貫通し、エーロfoil 38の近壁66に向けられていないと、システム60は、第2の孔94は完全に詰まっていないと確定し、第2の孔94の元の位置および元のベクトルを確認することができる。

40

#### 【0033】

50

次に図5を参照すると、閉じ込めレーザドリル62の閉じ込めレーザビーム64は、第3の孔96の元の位置に、かつ第3の孔96の元のベクトルに沿って向けられている。しかしながら、図示の実施形態では、エーロフォイル38の近壁66は塑性変形を受けて、近壁66の第3の孔96はもはや元の位置にはなく、かつ第3の孔96のベクトル $V_3$ はもはや元のベクトルに沿って延在していない(元の孔は仮想線で示される)。したがって、閉じ込めレーザドリル62の閉じ込めレーザビーム64が、第3の孔96の元の位置に、かつ第3の孔96の元のベクトルに沿って向けられていると、システム60は、閉じ込めレーザビーム64がエーロフォイル38の近壁66内に少なくとも部分的に向けられていると確定することができる。特定の实施形態では、システム60は人手による検査のために孔96にフラグを立てることができる、または、その代わりに、第3の孔96の新しい位置と新しいベクトルを決定するように設計された探索サブルーチンまたは補修サブルーチンを実行することができる。例えば、このような補修サブルーチンは、閉じ込めレーザドリル62の閉じ込めレーザビーム64がエーロフォイル38の近壁66を完全に貫通した、または、第3の孔96の中にある碎片90に向けられていると確定されるまで、第3の孔96の元の位置の周りをらせん状のパターンで動くことができる。このように、システム60は第3の孔96の新しい孔情報を確定することができる。

10

#### 【0034】

次に図6を参照すると、図2に示され上記したエーロフォイルなどの、エーロフォイルの近壁の1つまたは複数の孔を補修する例示的な方法(200)のフロー図が示されている。図6の例示的な方法(200)は、図3から5に示され上記したシステム60とともに使用することができる。したがって、例示的な方法(200)は、エーロフォイルを補修するという文脈で説明されているが、例示的な方法(200)は、これに加えて、またはこれに代えて、ガスタービンの任意の他の適切な構成部品を補修することとともに使用することができる。

20

#### 【0035】

例示的な方法(200)は、(202)において、エーロフォイルの近壁の第1の孔の元の孔情報を制御器で受け取ることを含む。(202)で受け取った第1の孔の元の孔情報は、第1の孔の元の位置および第1の孔の元のベクトルを含む。例示的な方法(200)はさらに、(204)において、閉じ込めレーザドリルの閉じ込めレーザビームを、第1の孔の元の位置で、かつ第1の孔の元のベクトルに沿って、エーロフォイルの近壁の方へ向けることを含む。さらに詳細には、特定の例示的な態様では、閉じ込めレーザビームはビーム軸を定めることができ、(204)で閉じ込めレーザビームを第1の孔の元のベクトルに沿って向けることは、閉じ込めレーザビームのビーム軸が第1の孔の元のベクトルと合う、または実質的に合うように、閉じ込めレーザビームを第1の孔の元のベクトルに沿って向けることを含むことができる。

30

#### 【0036】

例示的な方法(200)はさらに、(206)において、第1の孔の元の位置から反射された光の特性を検知することを含む。特定の例示的な態様では、(206)で光の特性を検知することは、閉じ込めレーザビームが向けられている材料があればその材料を示す光の特性を検知することを含むことができる。例えば、特定の例示的な態様では、(206)で光の特性を検知することは、第1の孔の元の位置から反射された光の1つまたは複数の波長を検知することを含むことができる。しかしながら、他の例示的な態様では、(206)で光の特性を検知することは、これに加えて、またはこれに代えて、閉じ込めレーザビームが向けられている材料があればその材料を示す光の任意の他の適切な特性を検知することを含むことができることを理解されたい。

40

#### 【0037】

方法(200)はさらに、(208)において、(206)で検知された光の特性に基づいて、第1の孔の補修状況を確定することを含む。さらに詳細には、図示の実施形態では、(208)で第1の孔の補修状況を確定することは、(210)において、(206)で検知された光の特性に基づいて、閉じ込めレーザビームが向けられている材料があれ

50

ばその材料を確定することを含む。

【0038】

図示の例示的な態様の第1の代替では、第1の孔が元の位置にあり、元のベクトルに沿って延在する場合がある。さらに、第1の孔が、第1の孔を通る通路を詰まらせる、または閉塞するいかなる碎片または他の汚染物質も含まない場合がある。このような代替では、(210)で、閉じ込めレーザービームが向けられている材料があればその材料を確定することは、(212)において、閉じ込めレーザービームが第1の孔でエロフォイルの近壁を完全に貫通しており、その結果、閉じ込めレーザービームがエロフォイルの近壁に向けられていないことを確定することを含む。(212)で閉じ込めレーザービームがエロフォイルの近壁を完全に貫通していることを確定することに対応して、方法(200)はさらに、(214)において、孔が完全に詰まっていないと確定すること、および(216)において、第1の孔の元の孔情報を確認することを含む。

10

【0039】

さらに図6、および第1の代替を参照すると、(216)で第1の孔の元の孔情報を確認することに対応して、(208)で第1の孔の補修状況を確定することはさらに、(218)において、最新の孔情報を確定することを含む。より具体的には、本方法は、(218)において、第1の孔の最新の位置、および第1の孔の最新のベクトルを確定することを含む。なお、第1の代替では、最新の孔情報は、元の孔情報と等しい、すなわち、第1の孔の最新の位置は第1の孔の元の位置と等しく、第1の孔の最新のベクトルは第1の孔の元のベクトルと等しい。

20

【0040】

しかしながら、第2の代替では、第1の孔は元の位置にあり、元のベクトルに沿って延在していてもよいが、第1の孔を通る通路を詰まらせる、または閉塞する碎片または他の汚染物質を含む場合がある。したがって、(208)で第1の孔の補修状況を確定すること、または、より詳細には、(210)で閉じ込めレーザービームが向けられている材料があればその材料を確定することは、(220)において、閉じ込めレーザービームが第1の孔の中にある碎片に向けられていることを確定することを含む。(220)で閉じ込めレーザービームが第1の孔の中にある碎片に向けられていることを確定することに対応して、方法(200)はさらに、(222)において、エロフォイルの近壁の第1の孔の中にある碎片を貫通して穿孔するように、閉じ込めレーザードリルの動作パラメータを修正することを含むことができる。例えば、特定の例示的な態様では、(222)で動作パラメータを修正することは、エロフォイルの近壁の第1の孔の中にある碎片を貫通して穿孔するように、閉じ込めレーザードリルの出力を制御することを含むことができる。例えば、(222)で動作パラメータを修正することは、閉じ込めレーザードリルの出力を増大させることを含むことができる、または、その代わりに、閉じ込めレーザードリルの出力を減少させることを含むことができる。しかしながら、他の例示的な態様では、例示的な方法(200)は、(222)で動作パラメータを修正することを含まず、その代わりに、例えば、ドリルは、このような碎片を貫通して穿孔するために十分な出力レベルで予め動作させていることもできる。しかしながら、さらに他の例示的な態様では、例示的な方法(200)は、碎片を貫通して穿孔せずに、その代わりに、人手による検査のために孔にフラグを立てることができる。

30

40

【0041】

さらに第2の代替を参照すると、閉じ込めレーザービームが、第1の孔の中にある任意の、およびすべての碎片を貫通して穿孔した場合、(208)で第1の孔の補修状況を確定することはさらに、(212)で閉じ込めレーザードリルの閉じ込めレーザービームがエロフォイルの近壁を完全に貫通していることを確定することを含む。上記の第1の代替と同様に、例示的な方法(200)は続いて、(214)で孔が完全に詰まっていないことを確定すること、および(216)で第1の孔の元の孔情報を確認することを含む。さらに、方法(200)は、(218)で最新の孔情報を確定することを含む。このような代替では、最新の孔情報はここでも元の孔情報と等しい。

50

## 【 0 0 4 2 】

さらに、第3の代替では、第1の孔が元の位置になく、かつ/または元のベクトルに沿って延在していない場合がある。このような代替では、(210)で閉じ込めレーザービームが向けられている材料があればその材料を確定することは、(224)において、閉じ込めレーザービームがエーロフォイルの近壁(例えば、エーロフォイルの金属部分、および/またはエーロフォイルの金属部分の上のコーティングを含む場合がある)に少なくとも部分的に向けられていることを確定することを含む。これに対応して、(208)で第1の孔の補修状況を確定することはさらに、(226)において、エーロフォイルの近壁が少なくとも部分的に変形したことを確定すること、および、例示的な図示の態様では、(228)において、探索サブルーチンまたは補修サブルーチンを実行して第1の孔の新しい情報を確定することを含む。第1の孔の新しい情報は、第1の孔の新しい位置および第1の孔の新しいベクトルを含むことができる。補修サブルーチンは、特定の態様では、第1の孔の新しい位置および/または第1の孔の新しいベクトルを確定するために、閉じ込めレーザードリルを、第1の孔の元の位置の周りをらせん状のパターンで動かすことができる。このような代替では、(208)で第1の孔の補修状況を確定することはまた、(218)で最新の孔情報を確定することを含むことができる。このような代替では、(218)で確定される最新の孔情報は、(228)で確定された新しい孔情報と等しい。より詳細には、このような代替では、第1の孔の最新の位置は、第1の孔の新しい位置と等しく、第1の孔の最新のベクトルは第1の孔の新しいベクトルと等しい。さらに、このような代替では、(218)で最新の孔情報を確定することはさらに、第1の孔の最新の孔情報を考慮して1つまたは複数の追加の孔の最新の孔情報を含むことができる。より詳細には、このような代替では、方法(200)は、(228)で確定された第1の孔の新しい孔情報によって示された構成部品の変形量に基づいて、1つまたは複数の追加の孔に対する新しい孔情報を評価することができる。

10

20

## 【 0 0 4 3 】

しかしながら、他の例示的な態様では、方法(200)は、これに加えて、またはこれに代えて、(224)で閉じ込めレーザービームがエーロフォイルの近壁に少なくとも部分的に向けられていることを確定すること、および/あるいは、(226)でエーロフォイルの近壁が少なくとも部分的に変形したことを確定することに対応して、例えば、人手による観察のために第1の孔にフラグを立てることを含むことができることを理解されたい。さらに、他の例示的な態様では、補修サブルーチンは、第1の孔の新しい情報を確定するための任意の他の適切な方法を含むことができる。

30

## 【 0 0 4 4 】

図6には示されていないが、例示的な方法(200)はさらに、エーロフォイルの近壁のすべての冷却孔などのエーロフォイルの複数の冷却孔に対する最新の孔情報を確定することを含むことができる。したがって、方法(200)はさらに、エーロフォイルの近壁の第2の孔の元の孔情報を制御器で受け取ることを含むことができる。第2の孔の元の孔情報もまた、第2の孔の元の位置、および第2の孔の元のベクトルを含むことができる。方法(200)はさらに、閉じ込めレーザービームのビーム軸が第2の孔の元のベクトルと実質的に合うように、閉じ込めレーザードリルの閉じ込めレーザービームを、第2の孔の元の位置で、かつ第2の孔の元のベクトルに沿って、エーロフォイルの近壁の方へ向けることを含むことができる。方法(200)はさらに、第2の孔の元の位置から反射された光の特性を検知すること、および第2の孔の元の位置から反射された光の検知された特性に基づいて、第2の孔の補修状況を確定することを含むことができる。方法(200)はまた、第2の孔の最新の孔情報を確定することを含むことができる。なお、特定の例示的な態様では、第2の孔の補修状況を確定することは、(208)で第1の孔の補修状況を確定することで上記した代替のいずれか、またはすべてを含むことができる。

40

## 【 0 0 4 5 】

図6に示した例示的な方法(200)はエーロフォイルの補修を支援することができる。より具体的には、1つまたは複数の冷却孔から碎片を取り除くことによって、このよう

50

な冷却孔は適正に機能することができる。さらに、推測された情報によって、例えば、補修プロセスの追加のステップが容易になる。例えば、例示的な方法(200)を用いて推測した情報によって、図9を参照して以下で説明する例示的な方法(300)、および図10を参照して以下で説明する例示的な方法(400)のうちの1つまたは両方を容易にすることができる。これに加えて、またはこれに代えて、例示的な方法(200)を用いて推測した情報によって、追加の補修が可能かどうか、または、このようなエーロフォイルの追加の補修が必要かどうか、およびどの程度必要かを判定することができる。

#### 【0046】

さらに、図示されていないが、図6の例示的な方法(200)はさらに、閉じ込めレーザードリルを追加の孔の位置に動かして、各追加の孔のそれぞれに対する最新の孔情報を確定して、本明細書で論じたプロセスを繰り返すことを含むことができる。

10

#### 第2部

次に図7を参照すると、ガスタービンのエーロフォイル38の近壁66の1つまたは複数の孔52を補修するための例示的なシステム60の概略図が示されている。図7に示された例示的なシステム60は、図3の例示的なシステム60とともに働くように構成することができる。また図3の例示的なシステム60と実質的に同じように構成することができる。したがって、同じまたは同様の符号は同じまたは同様の部品を指す場合がある。

#### 【0047】

例えば、図7の例示的なシステム60は、閉じ込めレーザービーム64を利用する閉じ込めレーザードリル62、センサ80、ならびに閉じ込めレーザードリル62およびセンサ80に操作可能に接続された制御器68を含む。図示のように、センサ80は、閉じ込めレーザービーム64のビーム軸Aに沿ってエーロフォイル38から離れるように反射された光の特性を検知するように配置される。例えば、閉じ込めレーザービームがエーロフォイル38の近壁66の第1の孔92に向けられたとき、センサ80は、エーロフォイル38の近壁66の第1の孔92の最新の位置からの光を検知するように構成される。

20

#### 【0048】

図7の例示的なシステム60は、エーロフォイル38の近壁66の1つまたは複数の冷却孔52の最新の孔情報を確定することに続いて使用することができる。最新の孔情報は、各孔52の最新の位置、および各孔52の最新のベクトルを含むことができる。特定の実施形態では、最新の孔情報を確定することは、図6を参照して上記した例示的な方法(200)を利用して、または任意の他の適切な方法を使用して達成することができる。

30

#### 【0049】

さらに、図7の例示的なシステム60は、エーロフォイルの外面34を再コーティングすることに続いて使用することができる。エーロフォイル38の外面34を再コーティングすることは、遮熱コーティング36、ボンドコーティング98、耐環境コーティング(異なる材料の複数の層より構成することができる)、または任意の他の適切なコーティングのうちの1つまたは複数を含むことができる。図示のように、エーロフォイル38の外面34を再コーティングすることは、エーロフォイル38の近壁66の1つまたは複数の孔52の少なくとも一部分をコーティングすることを含む。したがって、エーロフォイル38の近壁66の外面34を再コーティングすることに続いて、エーロフォイル38の近壁66の1つまたは複数の孔52はコーティングによって少なくとも部分的に覆われる場合がある、かつ/または、1つまたは複数の孔52の中にコーティングを有する場合がある(図に示す)。

40

#### 【0050】

しかしながら、図7の例示的なシステム60は、エーロフォイル38の近壁66の下地の金属部分40を損傷せずに、1つまたは複数の孔52を覆うコーティング、かつ/または、1つまたは複数の孔52の中にあるコーティングを取り除くことができる。より具体的には、図7の例示的なシステム60は、閉じ込めレーザービーム64が、センサ80で検知した光の1つまたは複数の特性を用いて、閉じ込めレーザードリル66の閉じ込めレーザービーム64が向けられている材料を確定することができる、かつ/または、閉じ込めレー

50

ザビーム 64 が穿孔した深さを確定することができる。

【0051】

例えば、上記のように、センサ 80 は、閉じ込めレーザドリル 62 の閉じ込めレーザビーム 64 が向けられている材料を示す光の 1 つまたは複数の特性を検知することができる。例えば、センサ 80 は光の 1 つまたは複数の波長を検知することができる。センサ 80 は、これに加えて、またはこれに代えて、閉じ込めレーザドリル 62 の閉じ込めレーザビーム 64 が穿孔した深さを示す光の 1 つまたは複数の特性を検知することができる。例えば、センサ 80 は、反射パルスレート、反射パルス幅、光の強度、光の強度のノイズ量、または任意の他の適切な特性のうちの 1 つまたは複数を検知することができる。しかしながら、さらに他の実施形態では、センサ 80 は、これに加えて、またはこれに代えて、閉じ込めレーザビーム 64 が向けられている材料、および閉じ込めレーザビーム 64 が穿孔した深さのうちの一方または両方を示す光の任意の他の適切な特性を検知することができることを理解されたい。

10

【0052】

したがって、図 7 に示すように、エーロフォイル 38 の近壁 66 の第 1 の孔 92 を覆って延在するコーティング、および / または第 1 の孔 92 の中にあるコーティングを取り除くために、閉じ込めレーザビーム 64 をエーロフォイル 38 の近壁 66 の第 1 の孔 92 にわたって向けるように、閉じ込めレーザドリル 62 を配置することができる。より具体的には、閉じ込めレーザドリル 62 は、第 1 の孔 92 の最新の位置に動かされて、第 1 の孔 92 を覆って延在するコーティング、および / または第 1 の孔 92 の中にあるコーティングを貫通して穿孔することができる (図に示す)。なお、閉じ込めレーザドリル 62 は、閉じ込めレーザビーム 64 のビーム軸 A が、第 1 の孔 92 によって定められたベクトル  $V_1$  に沿って、または、より詳細には、第 1 の孔の最新のベクトルに沿って実質的に延在しないように配置することができる。より具体的には、図示の実施形態では、閉じ込めレーザドリル 62 は、閉じ込めレーザビーム 64 のビーム軸 A が、近壁 66 の金属部分 40 の外面 34 に実質的に垂直になるように配置される。このような構成によって、より好都合な補修プロセスが可能となる。しかしながら、他の例示的な実施形態では、閉じ込めレーザドリル 62 は、閉じ込めレーザビーム 64 のビーム軸 A が第 1 の孔 92 の最新のベクトルに沿って、または実質的に沿って延在するように配置することができることを理解されたい。

20

30

【0053】

次に図 8 を参照すると、エーロフォイル 38 の近壁 66 の第 1 の孔 92 を覆って延在するコーティング、および / または第 1 の孔 92 の中にあるコーティングを貫通して穿孔した例示的なシステム 60 が示されている。センサ 80 によって検知された光の 1 つまたは複数の特性に基づいて、システム 60 は、閉じ込めレーザドリル 62 が、エーロフォイル 38 の近壁 66 の第 1 の孔 92 を覆って延在するコーティング、および / または第 1 の孔 92 の中にあるコーティングを貫通して穿孔したことを確定することができる。そのとき、システム 60 は、エーロフォイル 38 の近壁 66 の第 1 の孔 92 に不必要な損傷を与えないように、穿孔動作を終えることができる。なお、特定の例示的な実施形態では、しかしながら、第 1 の孔 92 の開口が閉じ込めレーザビーム 64 の幅よりも大きい場合がある。したがって、このような例示的な実施形態では、第 1 の孔の開口を覆って延在するコーティング、および / または第 1 の孔の開口の中にあるコーティングの全体を貫通して穿孔して取り除くまで、システム 60 は、第 1 の孔の位置全体、すなわち、第 1 の孔の開口全体にわたって穿孔を続ける場合がある。

40

【0054】

第 1 の孔を覆って延在するコーティング、および / または第 1 の孔の中にあるコーティングを取り除き終わることに続いて、例示的なシステム 60 は、第 2 の孔 94 の最新の位置、第 3 の孔 96 の最新の位置などに移動して、エーロフォイル 38 の近壁 66 の複数の冷却孔 52 のそれぞれを覆って延在するコーティング、および / またはそれらの孔の中にあるコーティングを取り除くことができる。

50

## 【 0 0 5 5 】

次に図9を参照すると、図2に示され、上記したエーロfoilなどのエーロfoilの近壁の1つまたは複数の孔を補修する例示的な方法(300)のフロー図が示されている。図9の例示的な方法は、図7および8に示され、上記したシステム60とともに使用することができる。したがって、例示的な方法(300)は、エーロfoilを補修するという文脈で記述されているが、例示的な方法(300)は、これに加えて、またはこれに代えて、ガスタービンの任意の他の適切な構成部品を補修することとともに使用することができる。

## 【 0 0 5 6 】

図9の例示的な方法(300)は、(302)において、閉じ込めレーザードリルを用いて第1の孔の最新の孔情報を確定することを含む。(302)で確定された第1の孔の最新の孔情報は、第1の孔の最新の位置、および第1の孔の最新のベクトルを含むことができる。特定の例示的な態様では、(302)で第1の孔の最新の孔情報を確定することは、図6に示され上記した例示的な方法(200)を用いて達成することができる。例えば、特定の態様では、(302)で第1の孔の最新の孔情報を確定することは、第1の孔の元の位置および第1の孔の元のベクトルを含む、エーロfoilの近壁の第1の孔の元の情報を受け取ることと、第1の孔が完全に詰まっていないことを確定することと、第1の孔の元の孔情報を確認することとを含むことができる。しかしながら、これに代えて、他の例示的な態様では、(302)で第1の孔の最新の孔情報を確定するために、任意の他の適切な手段または方法を用いることができる。

## 【 0 0 5 7 】

(302)で第1の孔の最新の孔情報を確定することに続いて、例示的な方法(300)はさらに、(304)において、エーロfoilの近壁の外面にコーティングを施すことを含むことができる。(304)でエーロfoilの近壁の外面にコーティングを施すことは、第1の孔に何らかの覆い、または他の同様な保護を施さないで行うことができる。したがって、(304)でコーティングを施すことは、少なくとも部分的に、第1の孔を覆って延在するコーティング、および/または第1の孔の中に入るコーティングを施すことを含むことができる。

## 【 0 0 5 8 】

図9の例示的な方法(300)をさらに参照すると、例示的な方法(300)はさらに、(306)において、閉じ込めレーザードリルの閉じ込めレーザービームを、第1の孔の最新の位置でのエーロfoilの近壁の方へ向けて、近壁の第1の孔を覆って延在するコーティング、および/または第1の孔の中にあるコーティングを貫通して穿孔することを含む。特定の例示的な態様では、閉じ込めレーザービームはビーム軸を定めることができ、(306)で閉じ込めレーザードリルの閉じ込めレーザービームをエーロfoilの近壁の方へ向けることは、閉じ込めレーザービームのビーム軸が第1の孔の最新のベクトルと平行とならないように、閉じ込めレーザービームをエーロfoilの近壁の方へ向けることを含むことができる。例えば、特定の例示的な態様では、(306)で閉じ込めレーザードリルの閉じ込めレーザービームをエーロfoilの近壁の方へ向けることは、閉じ込めレーザービームのビーム軸がエーロfoilの近壁の外面に実質的に垂直になるように、閉じ込めレーザービームをエーロfoilの近壁の方へ向けることを含むことができる。このような構成によって、エーロfoilの近壁の第1の孔を覆って延在するコーティング、および/または第1の孔の中にあるコーティングをより好都合に取り除くことが可能となる。

## 【 0 0 5 9 】

しかしながら、他の例示的な態様では、ビーム軸は、第1の孔の最新のベクトルに対して任意の適切な角度を定めることができることを理解されたい。例えば、他の例示的な態様では、ビーム軸が第1の孔の最新のベクトルに実質的に沿って延在するように、閉じ込めレーザービームをエーロfoilの近壁の方へ向けることができる。

## 【 0 0 6 0 】

図9をさらに参照すると、例示的な方法(300)はさらに、(308)において、第

10

20

30

40

50

1の孔の最新の位置から反射された光の特性を検知することを含む。さらに、例示的な方法は、(310)において、閉じ込めレーザドリルの閉じ込めレーザビームが、(308)で検知された光の特性に基づいて、エーロフォイルの近壁の第1の孔を覆って延在するエーロフォイルのコーティング、および/または第1の孔の中にあるエーロフォイルのコーティングを貫通して穿孔したことを確定することを含む。図示の例示的な態様では、(308)で第1の孔の最新の位置から反射された光の特性を検知することは、閉じ込めレーザビームが向けられている材料を示す光の1つまたは複数の特性を検知することを含む。より具体的には、図示の例示的な態様では、(308)で第1の孔の最新の位置から反射された光の特性を検知することは、(312)において、第1の孔の最新の位置から反射された光の1つまたは複数の波長を検知することを含む。しかしながら、他の例示的な態様では、(308)で第1の孔の最新の位置から反射された光の特性を検知することは、これに加えて、またはこれに代えて、閉じ込めレーザビームが向けられている材料を示す光の任意の他の特性を検知することを含むことができる。

10

**【0061】**

さらに、図示の例示的な態様では、(310)で閉じ込めレーザドリルの閉じ込めレーザビームが、エーロフォイルのコーティングを貫通して穿孔したことを確定することは、(314)において、閉じ込めレーザドリルの閉じ込めレーザビームが向けられている材料を確定することを含む。一例として、上記のように、閉じ込めレーザビームが向けられている領域から反射された光の1つまたは複数の波長は、閉じ込めレーザビームが向けられている材料を示すことができる。さらに詳細には、閉じ込めレーザビームがエーロフォイルの近壁の金属部分に向けられていると確定されると、閉じ込めレーザビームが、エーロフォイルの近壁の第1の孔を覆って延在するコーティング、および/または第1の孔の中にあるコーティングを貫通して穿孔したことを確定することができる。

20

**【0062】**

したがって、図示の例示的な方法(300)によって、エーロフォイルの近壁の1つまたは複数の冷却孔を覆う方策をとらずに、あるいは、コーティングが冷却孔を覆って延在する、かつ/または冷却孔の中に入ることを防ぐ方策をとらずに、補修作業中にエーロフォイルの近壁の再コーティングが可能になる。このようなプロセスによって、ガスタービンのエーロフォイルまたは他の構成部品を補修するための、ずっとコスト効率および時間効率の良い方法が可能になる。

30

**【0063】**

次に図10を参照すると、図2に示され、上記したエーロフォイル38などのエーロフォイルの近壁の1つまたは複数の孔を補修するための別の例示的な方法(400)のフロー図が示されている。図10の例示的な方法(400)は、図7および8に示され、上記したシステム60とともに使用することができる。さらに、図10の例示的な方法(400)は、図9の例示的な方法(300)と同様であり、したがって、同様の符号は同じまたは同様のステップを指す場合がある。

**【0064】**

例えば、図10の例示的な方法(400)は、(402)において、閉じ込めレーザドリルを用いて第1の孔の最新の孔情報を確定すること、および(404)において、コーティングが少なくとも部分的に、第1の孔を覆って延在する、かつ/または第1の孔の中に入るように、エーロフォイルの近壁の外側にコーティングを施すことを含む。さらに、図10の例示的な方法(400)は、(406)において、閉じ込めレーザドリルの閉じ込めレーザビームを、第1の孔の最新の位置でのエーロフォイルの近壁の方へ向けて、第1の孔を覆って延在するコーティングの部分、および/または第1の孔の中にあるコーティングの部分を通って穿孔することを含む。さらに、図10の例示的な方法(400)は、(408)において、第1の孔の最新の位置から反射された光の特性を検知すること、および(410)において、閉じ込めレーザドリルの閉じ込めレーザビームが、(408)で検知された光の特性に基づいて、第1の孔の最新の位置においてエーロフォイルのコーティングを貫通して穿孔したことを確定することを含む。

40

50

## 【 0 0 6 5 】

しかしながら、図 10 の例示的な方法 ( 4 0 0 ) は、( 4 0 8 ) で光の特性を検知することは、閉じ込めレーザービームが穿孔した深さを示す光の 1 つまたは複数の特性を検知することを含む。より具体的には、図示の例示的な態様では、( 4 0 8 ) で光の特性を検知することは、( 4 1 2 ) において、第 1 の孔の最新の位置から反射された光の反射パルス幅および反射パルス周波数のうちの一方または両方を検知することを含む。しかしながら、他の例示的な態様では、( 4 0 8 ) で光の特性を検知することは、これに加えて、またはこれに代えて、閉じ込めレーザービームが穿孔した深さを示す光の任意の他の特性を検知することを含むことを理解されたい。

## 【 0 0 6 6 】

さらに、図 10 に示した例示的な態様では、( 4 1 0 ) で閉じ込めレーザードリルの閉じ込めレーザービームが、エーロフォイルのコーティングを貫通して穿孔したことを確定することは、( 4 1 4 ) において、閉じ込めレーザードリルの閉じ込めレーザービームが穿孔した深さを確定することを含む。より詳細には、図示の例示的な態様では、方法 ( 4 0 0 ) はさらに、( 4 1 6 ) において、コーティングの深さを確定すること、および ( 4 1 8 ) において、( 4 1 4 ) で確定された、閉じ込めレーザードリルの閉じ込めレーザービームが穿孔した深さを、( 4 1 6 ) で確定されたコーティングの深さと比較することを含む。例えば、例示的な方法 ( 4 0 0 ) は、( 4 0 4 ) でコーティングをエーロフォイルの外面に施すときに、エーロフォイルとは別個のタブまたはクーポンにコーティングを施して、タブのコーティングの深さを測定することによって、( 4 1 6 ) でコーティングの深さを確定することができる。タブのコーティングの深さは、エーロフォイルの外面のコーティングの深さを示すことができ、したがって、閉じ込めレーザードリルの閉じ込めレーザービームが、第 1 の孔を覆って延在するコーティング、および / または第 1 の孔の中にあるコーティングを取り除くために穿孔しなければならない深さを示すことができる。確定された、閉じ込めレーザードリルの閉じ込めレーザービームが穿孔した深さが、確定されたコーティングの深さの所定の閾値と等しい、またはその範囲内であれば、方法 ( 4 0 0 ) は、閉じ込めレーザードリルの閉じ込めレーザービームが、第 1 の孔の最新の位置にあって、第 1 の孔を覆って延在する、かつ / または第 1 の孔の中にあるエーロフォイルのコーティングの部分を通って穿孔したことを確定することができる。

## 【 0 0 6 7 】

なお、特定の例示的な態様では、例示的な方法 ( 4 0 0 ) はさらに、補修プロセスに入力された特定のパラメータに従って、第 1 の孔の幾何形状を修正することを含むことができる。例えば、補修プロセス中に、例えば、空力特性を良くするために、エーロフォイルの近壁の第 1 の孔の開口を広くする、深くする、かつ / または異なった形状にするべきであると決定される場合がある。したがって、第 1 の孔が所望の新しい幾何形状になるように、閉じ込めレーザードリルは、第 1 の孔を覆って延在するコーティング、および / または第 1 の孔の中にあるコーティングよりも深く穿孔することができる。

## 【 0 0 6 8 】

さらに、図示されていないが、図 9 の例示的な方法 ( 3 0 0 ) および / または図 10 の例示的な方法 ( 4 0 0 ) はさらに、閉じ込めレーザードリルを追加の孔の最新の位置に動かすこと、および、各追加の孔のそれぞれを覆って延在するコーティング、および / または孔の中にあるコーティングの一部を貫通して穿孔するために、本明細書で論じたプロセスを繰り返すことを含むことができる。

## 【 0 0 6 9 】

本明細書では、最良の態様を含む例を用いて本発明を開示し、さらに、任意の装置またはシステム 60 の作製および使用、ならびに任意の組み入れられた方法の実施を含め、当業者が本発明を実施できるように本発明を開示している。本発明の特許性を有する範囲は、特許請求の範囲によって定義され、当業者が想到する他の例も含むことができる。このような他の例は、特許請求の範囲の文言と相違ない構成要素を有する場合、または特許請求の範囲の文言と実質的に相違ない等価の構成要素を有する場合、特許請求の範囲内であ

10

20

30

40

50

ることを意図されている。

【 0 0 7 0 】

最後に、代表的な実施態様を以下に示す。

[ 実施態様 1 ]

構成部品の近壁 ( 6 6 ) の 1 つまたは複数の孔を補修するための方法であって、  
前記構成部品の近壁 ( 6 6 ) の第 1 の孔の元の位置および前記第 1 の孔の元のベクトルを含む前記第 1 の孔の元の孔情報を受け取ることと、

閉じ込めレーザドリル ( 6 2 ) の閉じ込めレーザビーム ( 6 4 ) のビーム軸が前記第 1 の孔の前記元のベクトルと実質的に合うように、前記ビーム軸を画定する前記閉じ込めレーザビーム ( 6 4 ) を、前記第 1 の孔の前記元の位置での前記構成部品の近壁 ( 6 6 ) の方へ、かつ前記第 1 の孔の前記元のベクトルに沿って向けることと、

前記第 1 の孔の前記元の位置から反射された光の特性を検知することと、

前記第 1 の孔の前記元の位置から反射された光の前記検知された特性を用いて前記第 1 の孔の補修状況を確定することを含む方法。

[ 実施態様 2 ]

前記構成部品の近壁 ( 6 6 ) の第 1 の孔の元の孔情報を受け取ることが、ガスタービンの構成部品の近壁 ( 6 6 ) の第 1 の孔の元の孔情報を受け取ることを含み、閉じ込めレーザドリル ( 6 2 ) の閉じ込めレーザビーム ( 6 4 ) を、前記構成部品の近壁 ( 6 6 ) の方へ向けることが、閉じ込めレーザドリル ( 6 2 ) の閉じ込めレーザビーム ( 6 4 ) を、前記ガスタービンの構成部品の近壁 ( 6 6 ) の方へ向けることを含む、実施態様 1 に記載の方法。

[ 実施態様 3 ]

前記第 1 の孔の補修状況を確定することが、前記閉じ込めレーザビーム ( 6 4 ) が前記構成部品の近壁 ( 6 6 ) を完全に貫通していることを確定することを含む、実施態様 1 に記載の方法。

[ 実施態様 4 ]

前記第 1 の孔の補修状況を確定することが、前記閉じ込めレーザビーム ( 6 4 ) が前記構成部品の近壁 ( 6 6 ) を完全に貫通していることに対応して、前記孔が完全に詰まっていないと確定することをさらに含む、実施態様 3 に記載の方法。

[ 実施態様 5 ]

前記第 1 の孔の補修状況を確定することが、前記第 1 の孔の前記元の孔情報と等しい、前記第 1 の孔の最新の孔情報を確定することをさらに含む、実施態様 4 に記載の方法。

[ 実施態様 6 ]

前記第 1 の孔の補修状況を確定することが、前記第 1 の孔の前記元の位置から反射された光の前記検知された特性に基づいて、前記閉じ込めレーザビーム ( 6 4 ) が向けられている材料があればその材料を確定することを含む、実施態様 1 に記載の方法。

[ 実施態様 7 ]

前記閉じ込めレーザビーム ( 6 4 ) が向けられている前記材料があればその材料を確定することが、前記閉じ込めレーザビーム ( 6 4 ) が、前記構成部品の近壁 ( 6 6 ) の前記第 1 の孔の中にある碎片に向けられていることを確定することを含む、実施態様 6 に記載の方法。

[ 実施態様 8 ]

前記構成部品の近壁 ( 6 6 ) の第 1 の孔の中にある前記碎片を貫通して穿孔するように前記閉じ込めレーザドリル ( 6 2 ) の動作パラメータを修正することをさらに含む、実施態様 7 に記載の方法。

[ 実施態様 9 ]

前記閉じ込めレーザドリル ( 6 2 ) の動作パラメータを修正することが、前記構成部品の近壁 ( 6 6 ) の前記第 1 の孔の中にある前記碎片を貫通して穿孔するように、前記閉じ込めレーザドリル ( 6 2 ) の出力を制御することを含む、実施態様 8 に記載の方法。

[ 実施態様 1 0 ]

10

20

30

40

50

前記第 1 の孔の補修状況を確定することが、

前記閉じ込めレーザービーム ( 6 4 ) が前記構成部品の前記近壁 ( 6 6 ) に少なくとも部分的に向けられていることを確定することと、

前記構成部品の前記近壁 ( 6 6 ) が少なくとも部分的に変形したことを確定することとをさらに含む、実施態様 6 に記載の方法。

[ 実施態様 1 1 ]

補修サブルーチンを実行して、前記第 1 の孔の新しい位置および前記第 1 の孔の新しいベクトルを含む、前記第 1 の孔の新しい情報を確定することと、

前記第 1 の孔の前記新しい孔情報と等しい、前記第 1 の孔の最新の孔情報を確定することと

10

をさらに含む、実施態様 1 0 に記載の方法。

[ 実施態様 1 2 ]

前記構成部品の前記近壁 ( 6 6 ) の第 2 の孔の元の位置および前記第 2 の孔の元のベクトルを含む、前記第 2 の孔の元の孔情報を制御器で受け取ることと、

前記閉じ込めレーザードリル ( 6 2 ) の前記閉じ込めレーザービーム ( 6 4 ) の前記ビーム軸が前記第 2 の孔の前記元のベクトルと実質的に合うように、前記閉じ込めレーザービーム ( 6 4 ) を、前記第 2 の孔の前記元の位置での前記構成部品の前記近壁 ( 6 6 ) の方へ、かつ前記第 2 の孔の前記元のベクトルに沿って向けることと、

前記第 2 の孔の前記元の位置から反射された光の特性を検知することと、

前記第 2 の孔の前記元の位置から反射された光の前記検知された特性に基づいて、前記第 2 の孔の補修状況を確定することと

20

をさらに含む、実施態様 1 に記載の方法。

[ 実施態様 1 3 ]

構成部品の近壁 ( 6 6 ) の 1 つまたは複数の孔を補修するためのシステム ( 6 0 ) であって、

ビーム軸を画定する閉じ込めレーザービーム ( 6 4 ) を利用する閉じ込めレーザードリル ( 6 2 ) と、

前記構成部品の前記近壁 ( 6 6 ) の第 1 の孔から反射された光の特性を検知するように配置されたセンサと、

前記閉じ込めレーザードリル ( 6 2 ) および前記センサに操作可能に接続された制御器であって、

30

前記構成部品の前記近壁 ( 6 6 ) の前記第 1 の孔の元の位置および前記第 1 の孔の元のベクトルを含む、前記第 1 の孔の元の孔情報を受け取り、

前記閉じ込めレーザービーム ( 6 4 ) を、前記第 1 の孔の前記元の位置での前記構成部品の前記近壁 ( 6 6 ) の方へ、かつ前記第 1 の孔の前記元のベクトルに沿って向けて、かつ、

前記第 1 の孔から反射され、前記センサによって検知された光の特性に基づいて、前記第 1 の孔の補修状況を確定するように構成された制御器とを備えるシステム。

[ 実施態様 1 4 ]

40

前記センサが、前記構成部品の前記近壁 ( 6 6 ) の前記第 1 の孔から反射された前記光の 1 つまたは複数の波長を検知するように構成された光学センサである、実施態様 1 3 に記載のシステム。

[ 実施態様 1 5 ]

前記第 1 の孔の前記補修状況を確定することにおいて、前記閉じ込めレーザービーム ( 6 4 ) が前記構成部品の前記近壁 ( 6 6 ) を完全に貫通していることを確定するように、前記制御器が構成される、実施態様 1 3 に記載のシステム。

【符号の説明】

【 0 0 7 1 】

1 0 タービン

50

1 2	ロータ	
1 4	ケーシング	
1 6	ガス通路	
1 8	軸方向中心線	
2 0	ロータホイール	
2 2	ロータスペーサ	
2 4	ボルト	
2 6	作動流体	
3 0	回転ブレード	
3 2	静止ベーン	10
3 4	外面	
3 6	遮熱コーティング	
3 8	エアロfoil	
4 0	金属部分	
4 2	圧力側	
4 4	負圧側	
4 6	キャビティ	
4 8	前縁	
5 0	後縁	
5 2	冷却通路	20
5 4	開口	
6 0	システム	
6 2	閉じ込めレーザドリル	
6 4	閉じ込めレーザビーム	
6 6	近壁	
6 8	制御器	
7 0	レーザビーム	
7 2	液体コラム	
7 4	バックストライク保護	
7 6	ガス	30
7 8	遠壁	
8 0	センサ	
8 2	レンズ	
8 4	プロセッサ	
8 6	メモリ	
8 8	ロジック	
9 0	碎片	
9 2	第 1 の孔	
9 4	第 2 の孔	
9 6	第 3 の孔	40
9 8	ボンドコーティング	

【 図 1 】

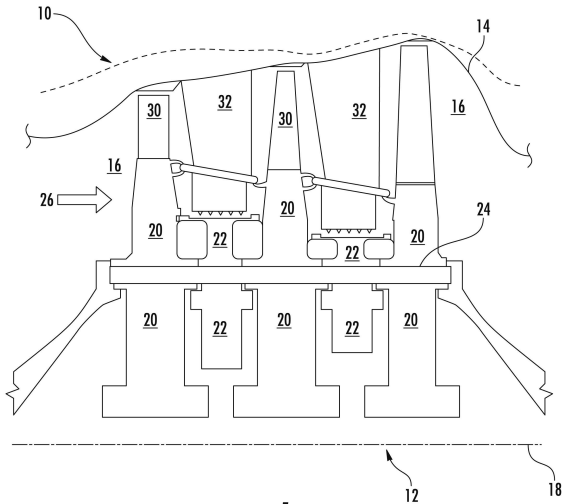


FIG. 1

【 図 2 】

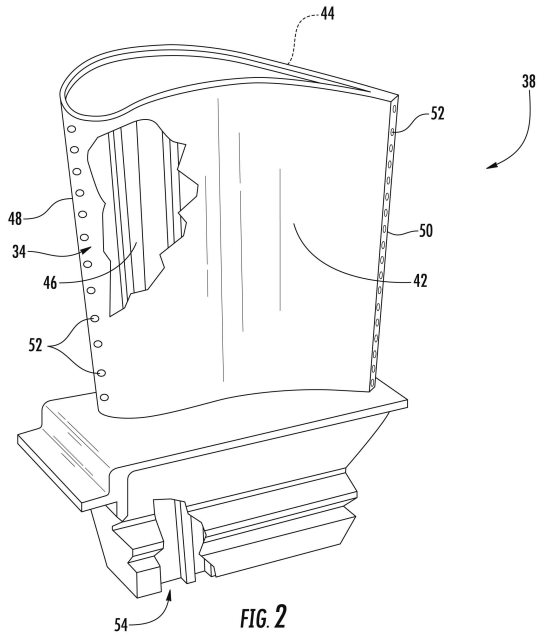


FIG. 2

【 図 3 】

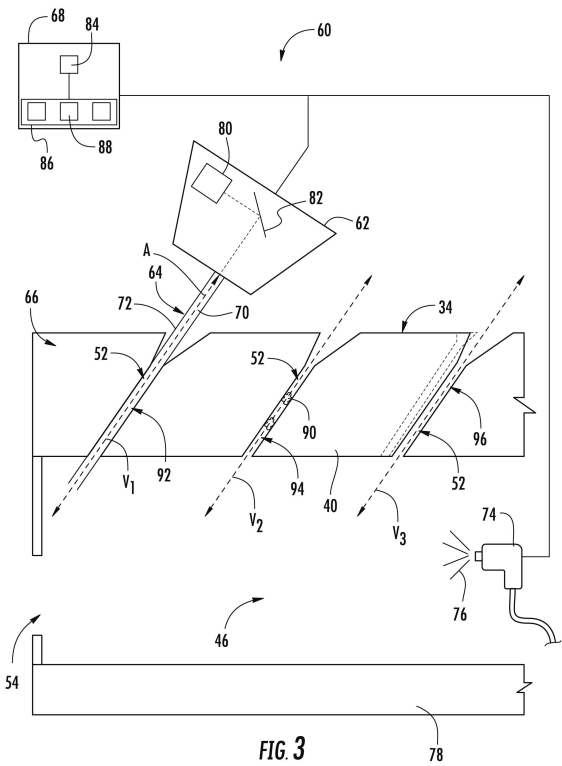


FIG. 3

【 図 4 】

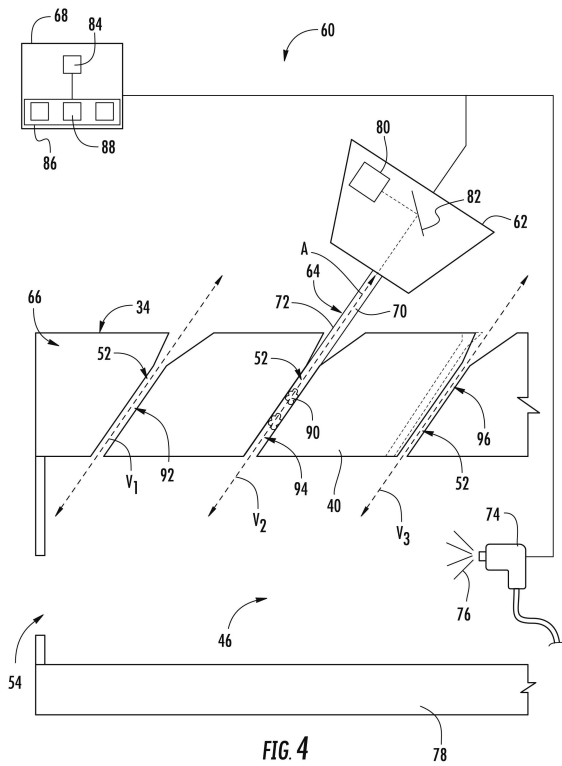


FIG. 4

【図5】

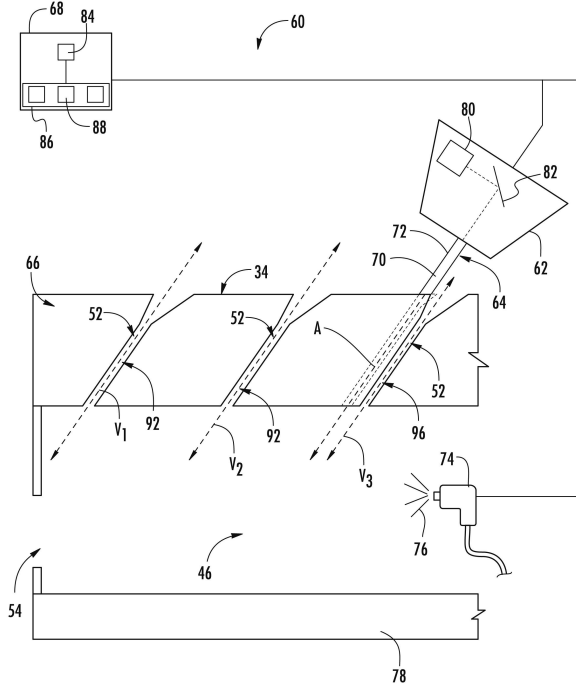


FIG. 5

【図6】

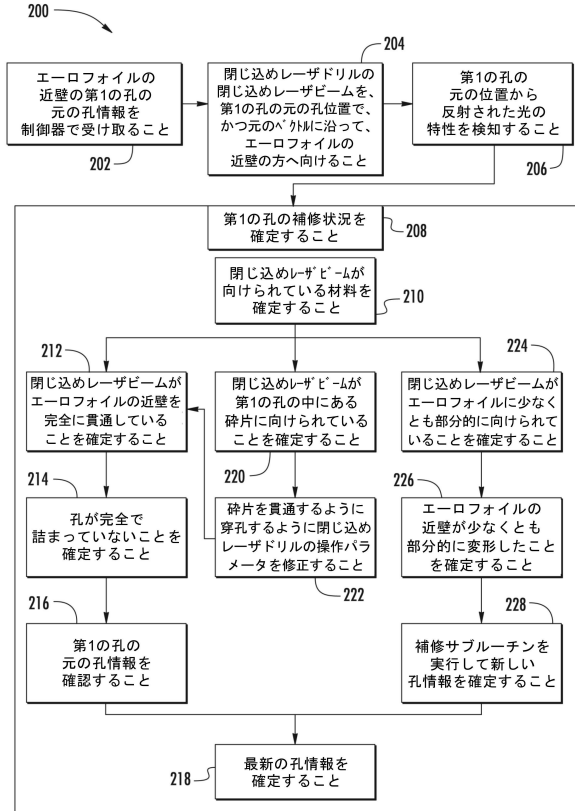


FIG. 6

【図7】

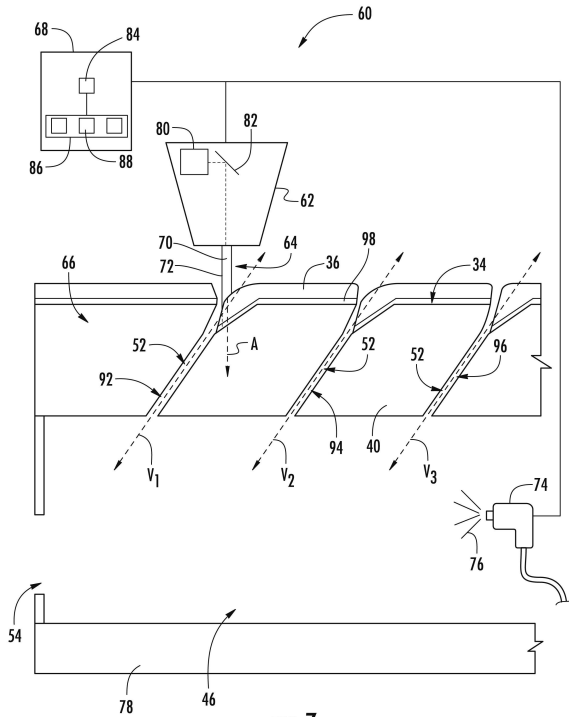


FIG. 7

【図8】

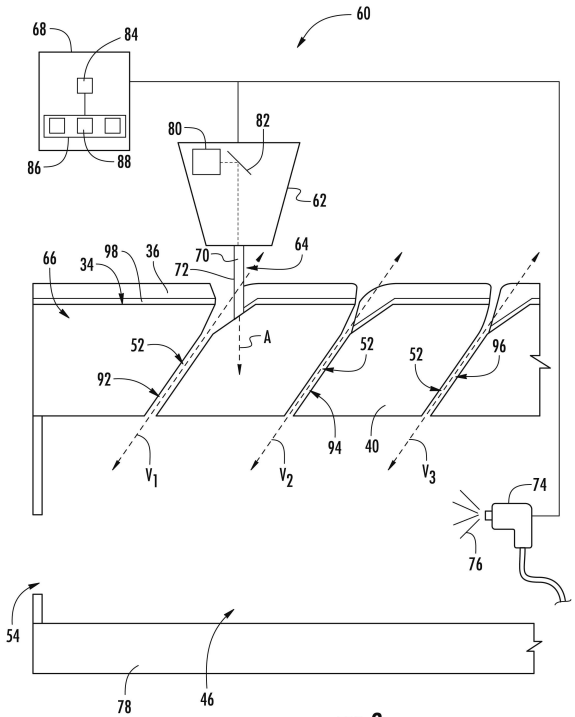


FIG. 8

【図9】

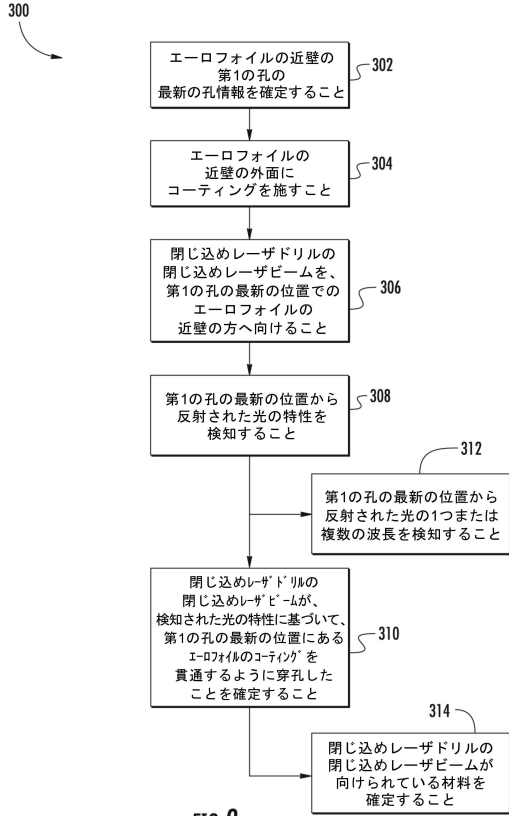


FIG. 9

【図10】

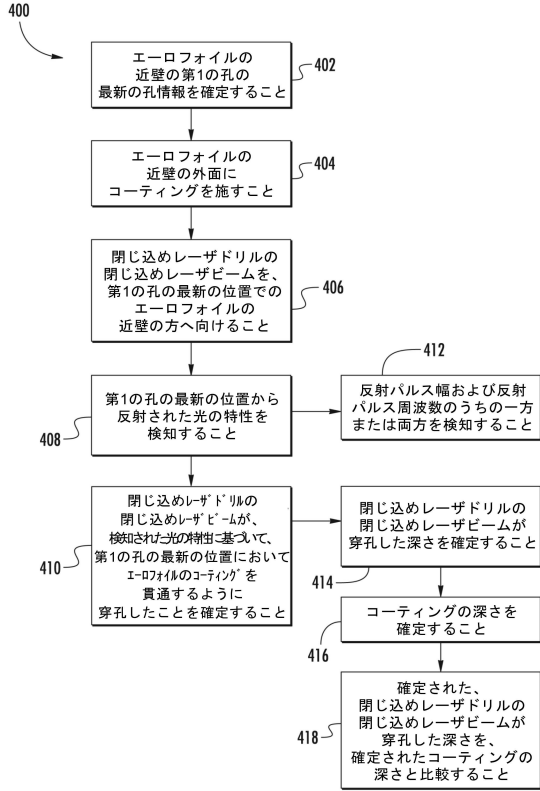


FIG. 10

## フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I			
F 0 1 D	5/18	(2006.01)	F 0 1 D	5/18	
F 0 1 D	9/02	(2006.01)	F 0 1 D	9/02	1 0 2
F 0 1 D	25/12	(2006.01)	F 0 1 D	25/12	E
			F 0 1 D	25/12	A

- (72)発明者 ツァオリ・フー  
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・29615、グリーンヴィル、ガーリントン・ロード、300番、ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
- (72)発明者 エイブ・デニス・ダーリン  
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・29615-4614、グリーンヴィル、ガーリントン・ロード、300番
- (72)発明者 シャムガル・イライジャ・マクドウェル  
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・29615-4614、グリーンヴィル、ガーリントン・ロード、300番
- (72)発明者 ダグラス・アンソニー・セリーノ  
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・29615-4614、グリーンヴィル、ピーオーボックス・648番、ガーリントン・ロード、300番
- (72)発明者 ジョナサン・マシュー・ロマス  
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・29615、グリーンヴィル、ガーリントン・ロード、300番

審査官 柏原 郁昭

- (56)参考文献 特開2004-245216(JP,A)  
特開平02-165886(JP,A)  
特開2002-144068(JP,A)  
特開2014-058971(JP,A)  
米国特許出願公開第2014/0076868(US,A1)  
特開2005-118814(JP,A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

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