

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5898942号  
(P5898942)

(45) 発行日 平成28年4月6日(2016.4.6)

(24) 登録日 平成28年3月11日(2016.3.11)

(51) Int.Cl.

F 1

<b>G01N 25/18</b>	<b>(2006.01)</b>	G O 1 N	25/18	J
<b>F01D 25/00</b>	<b>(2006.01)</b>	F O 1 D	25/00	X
<b>F02C 7/00</b>	<b>(2006.01)</b>	F O 2 C	7/00	D
<b>B23Q 17/24</b>	<b>(2006.01)</b>	B 2 3 Q	17/24	A
		G O 1 N	25/18	D

請求項の数 12 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2011-272884 (P2011-272884)  
 (22) 出願日 平成23年12月14日 (2011.12.14)  
 (65) 公開番号 特開2012-127959 (P2012-127959A)  
 (43) 公開日 平成24年7月5日 (2012.7.5)  
 審査請求日 平成26年12月9日 (2014.12.9)  
 (31) 優先権主張番号 12/968,308  
 (32) 優先日 平成22年12月15日 (2010.12.15)  
 (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  
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州 123  
 45、スケネクタディ、リバーロード、1  
 番  
 (74) 代理人 100137545  
 弁理士 荒川 智志  
 (74) 代理人 100105588  
 弁理士 小倉 博  
 (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】熱検査・機械加工システムおよび使用方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

機械の構成要素(130)のための熱画像化・機械加工統合システム(100)であって、

前記機械の構成要素(130)に1つまたは複数の孔(140)を穿孔するための機械加工装置(300)を備える機械加工サブシステム(120)と、

前記機械加工サブシステム(120)のまわりに位置決めされた熱検査サブシステム(110)と

を含み、

前記熱検査サブシステム(110)は、イメージヤ(160)と、複数の流体供給ライン(205)と、前記複数の流体供給ライン(205)に位置する流量計(200)とを備え、

前記複数の流体供給ライン(205)が高温流体ライン(220)および低温流体ライン(210)を含み、

前記熱検査サブシステム(110)により決定された前記機械の構成要素(130)内の前記1つまたは複数の孔(140)の熱応答に基づき前記機械加工サブシステム(120)の動作を継続させるように、前記機械加工サブシステム(120)及び前記熱検査サブシステム(110)は統合され且つ現場穿孔及び孔検査のために互いに関連する熱画像化・機械加工統合システム(100)。

## 【請求項2】

10

20

前記熱検査サブシステム(110)が、前記1つまたは複数の流体供給ライン(205)と連通する空気フィクスチャ(250)を備える請求項1記載の熱画像化・機械加工統合システム(100)。

**【請求項3】**

前記空気フィクスチャ(250)が、前記機械の構成要素(130)と連通する空気ブレナム(260)備える請求項2記載の熱画像化・機械加工統合システム(100)。

**【請求項4】**

前記高温流体ラインが高温空気ライン(220)であり、前記低温流体ラインが低温空気ライン(210)である、請求項1乃至3のいずれか1項に記載の熱画像化・機械加工統合システム(100)。

10

**【請求項5】**

前記高温空気ライン(220)が、そのまわりに位置決めされたヒータ(230)を備える請求項4記載の熱画像化・機械加工統合システム(100)。

**【請求項6】**

前記熱検査サブシステム(110)が、前記高温空気ライン(220)および前記低温空気ライン(210)と連通する流れ指示器(240)を備える請求項4記載の熱画像化・機械加工統合システム(100)。

**【請求項7】**

前記イメージヤ(160)が赤外線カメラ(170)を備える請求項1乃至6のいずれか1項に記載の熱画像化・機械加工統合システム(100)。

20

**【請求項8】**

前記熱検査サブシステム(110)がマニピュレータ(180)を備え、その上に前記イメージヤ(160)が位置決めされる請求項1乃至7のいずれか1項に記載の熱画像化・機械加工統合システム(100)。

**【請求項9】**

前記マニピュレータ(180)がロボットアーム(190)を備える請求項8記載の熱画像化・機械加工統合システム(100)。

**【請求項10】**

前記機械加工装置(300)が穿孔装置(310)を備える請求項1乃至9のいずれか1項に記載の熱画像化・機械加工統合システム(100)。

30

**【請求項11】**

プロセッサ(290)をさらに備え、前記プロセッサ(290)が、過渡状態のために前記イメージヤ(160)によって取り込まれた1つまたは複数の強度または温度の値の導関数を問い合わせることによって、前記熱応答を決定する請求項1乃至10のいずれか1項に記載の熱画像化・機械加工統合システム(100)。

**【請求項12】**

機械の構成要素(130)を機械加工および検査する方法であって、前記機械の構成要素(130)を通る流体を定常の流量および圧力で流すステップと、前記機械の構成要素(130)内に少なくとも1つの孔(140)を穿孔するステップと、

40

前記流量および/または前記圧力の変化を検出したどうかを判定するステップとを含み、

前記流量および/または前記圧力の変化を検出したどうかを判定するステップにおいて、前記流量および前記圧力の変化が検出されなければ、前記穿孔するステップに戻り穿孔を継続し、

前記流量および前記圧力の変化が検出されれば、前記流体を第1の温度、次いで第2の温度で前記機械の構成要素(130)を通して流し、前記機械の構成要素(130)内の前記少なくとも1つの孔(140)を画像化し、前記機械の構成要素(130)内の前記少なくとも1つの孔(140)の熱応答が所定の範囲の値を満たすかどうかを判定し、前記熱応答が前記所定の値の範囲を満たさないときは前記穿孔するステップに戻り穿孔を継続

50

する  
ことを特徴とする、方法。

**【発明の詳細な説明】**

**【技術分野】**

**【0001】**

本出願は一般に、熱検査・機械加工システムおよびその使用方法に関し、より詳細には、ターピンの構成要素などにおける冷却孔の自動化された穿孔および検査のための、関連する機械加工システムと統合された熱検査システム、ならびにその使用方法に関する。

**【背景技術】**

10

**【0002】**

ガスターピンのエーロフォイルなどの高温ガス経路の構成要素は一般に、きわめて高い動作温度に耐えるように先進の冷却技術を使用している。こうした先進技術は、膜冷却の使用を含むことができる。膜冷却された構成要素は通常、手作業のピンチェックなどによって検査される。ピンチェックは一般に、サイズの小さいピンゲージの使用および／または水流の可視化を含む。こうした水流の可視化技術には、水を構成要素を通して流し、水が各フィルム孔から流れていることをオペレータに目視で確認させることが必要である。しかしながら、こうした手作業による手法は定性的であり、オペレータの判断に依存する。

**【0003】**

20

赤外線検査技術によって、ほとんど自動化された形で、膜冷却された構成要素の定量的かつ客観的な検査を実施できる可能性がある。しかしながら、赤外線検査システムおよび現行の空気流点検システムは通常、別個の赤外線検査システムおよび空気流点検システムを使用するような矛盾した技術要件を有することがある。そのように別個に使用することによって、時間がかかり、かなり高価になる可能性がある。

**【0004】**

赤外線検査システムも空気流点検システムも、一般的には、問題の構成要素にすべてのまたはほとんどのフィルム孔が穿孔されるか、あるいは機械加工されて完成した後に用いられる。そのため、例えば不適切に穿孔されたフィルム孔などが検出された場合には、その構成要素を穿孔装置または他の装置に戻してさらに機械加工することが必要になる場合がある。さらに、特に冷却流路内へのレーザ穿孔の場合には、穿孔中に孔の貫通を検知することが難しいことがしばしばである。したがって、周知の機械加工装置および検査技術を用いた複数の検査、移送および機械加工のステップが必要になる可能性がある。

30

**【先行技術文献】**

**【特許文献】**

**【0005】**

**【特許文献1】米国特許出願公開第2010/0250155号公報**

**【発明の概要】**

**【発明が解決しようとする課題】**

**【0006】**

40

したがって、機械加工、移送および検査のステップ数を減らすと同時に構成要素の品質全体を改善するような改善された熱検査システム、機械加工システム、および使用方法が所望されている。こうした改善されたシステムおよび方法によって、質のよい構成要素を提供する同時に、周知の手動操作に見られる時間的および主観的影響を回避することができる。同様に、こうした改善されたシステムおよび方法によって、より短時間でかつオペレータの関与を少なくして全体的な費用を削減し、質のよい構成要素を提供することができる。

**【課題を解決するための手段】**

**【0007】**

したがって、本出願は、機械の構成要素のための熱画像化・機械加工システムを提供す

50

る。熱画像化・機械加工システムは、機械の構成要素に1つまたは複数の孔を穿孔するための機械加工装置を備えた機械加工サブシステム、および機械加工サブシステムのまわりに位置決めされた熱検査サブシステムを含むことができる。熱検査サブシステムは、機械の構成要素内の孔の熱応答を決定することができるよう、イメージヤおよび1つまたは複数の流体供給ラインを含むことができる。

#### 【0008】

本出願はさらに、機械の構成要素を機械加工および検査する方法を提供する。方法は、機械の構成要素を通る流体の定常の流量および/または圧力を維持するステップと、機械の構成要素内に少なくとも1つの孔を穿孔するステップと、流量および/または圧力の変化を検出したどうかを判定するステップと、流体を第1の温度、次いで第2の温度で機械の構成要素を通して流すステップと、機械の構成要素内の少なくとも1つの孔を画像化するステップと、機械の構成要素内の少なくとも1つの孔の熱応答が所定の範囲の値を満たすかどうかを判定するステップとを含むことができる。10

#### 【0009】

本出願はさらに、高温ガス経路の構成要素のための熱画像化・機械加工システムを提供する。熱画像化・機械加工システムは、高温ガス経路の構成要素に1つまたは複数の孔を穿孔するための穿孔装置を備えた機械加工サブシステム、および機械加工サブシステムのまわりに位置決めされた熱検査サブシステムを含むことができる。熱検査サブシステムは、高温ガス経路の構成要素内の孔の過渡熱応答を決定することができるよう、赤外線カメラ、高温空気ラインおよび低温空気ラインを含むことができる。20

#### 【0010】

いくつかの図面および添付の特許請求の範囲と併せて以下の詳細な記述を考察すると、当業者には、本出願のこれらのおよび他の特徴ならびに改善点が明らかになるであろう。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0011】

【図1】本明細書に記載される熱検査・機械加工システムの概略図である。

【図2】本明細書に記載される熱検査・機械加工システムの使用における方法ステップの一例の流れ図である。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0012】

次に図面を参照するが、複数の図面を通じて、同様の番号は同様の要素を指す。図1は、本明細書において記載される熱検査・機械加工システム100を示している。熱検査・機械加工システム100は、熱検査サブシステム110および機械加工サブシステム120を含むことができる。本明細書において、他のサブシステムおよび他の構成を用いることもできる。30

#### 【0013】

熱検査サブシステム110は、複数の冷却用フィルム孔140、複数の内部流路および他のタイプの内部構成を備えた、いくつかの高温ガス経路の構成要素または他のタイプの機械の構成要素130を検査することが可能である。構成要素130の例は、静翼(ノズル)、ターピン羽根(ロータ)、燃焼ライナ、他の燃焼システムの構成要素、トランジションピース、シュラウドなど、膜冷却される高温ガス経路の構成要素を含むことができる。40

#### 【0014】

熱検査サブシステム110は、流体源150を含むことができる。流体源150は、高温の流れおよび低温の流れを、直接的にまたは間接的に構成要素130の少なくとも1つの内部流路に供給するように構成することができる。本明細書で使用するとき、「流体」という用語は、液体および気体を包含することを理解すべきである。例示的な流体は、圧縮空気などの圧縮ガス、窒素、蒸気、水および任意のニュートン流体を含むことができる。同様に「高温の」および「低温の」という用語は、相対的な意味に用いるにすぎず、特定の値を示すものではない。例えば図1に示す配置では、流体源150は工場空気、すな50

わち、熱検査・機械加工システム 100 が内部に収容された組立施設または他の場所の内部の環境条件における「低温の」空気の供給源とすることができる。

#### 【0015】

熱検査サブシステム 110 はさらに、イメージヤ 160 を含むことができる。イメージヤ 160 は、構成要素 130 を通る高温および低温の流れに対する構成要素 130 の過渡熱応答に対応する、時系列の画像を取り込むように構成することができる。熱応答は、構成要素 130 の外面に対するいくつかの強度または温度の値に対応する。強度の値は、温度を決定するように温度の値と関係付けることができる。それだけに限らないが、赤外線カメラ 170 などの赤外線検出装置を含めたいくつかのイメージヤ 160 を使用することができる。例として、赤外線カメラ 170 を、InSb 検出器を備えた F L I R S C 4000 赤外線カメラ 16 とすることができます。カメラ 170 は名目上、約 3 ~ 5 ミクロンの波長範囲で動作し、範囲を約 3.9 ~ 5 にさらに狭めるフィルタを有することができる。<sup>10</sup>。イメージヤ 160 の他の例は、作動高温計 (actuating pyrometer) および単点高温計 (single point pyrometer) を含むことができる。本明細書において、他のタイプの画像化装置および他の構成を用いることもできる。

#### 【0016】

熱検査サブシステム 110 はさらに、マニピュレータ 180 を含むことができる。マニピュレータ 180 は、イメージヤ 160 および / または構成要素 130 の他方に対する動きを制御および自動化するように構成することができる。マニピュレータ 180 は、ロボットアーム 190 または他のタイプの自動化手段を含むことができる。例えばイメージヤ 160 を、FANUC LR Mate 200 iC 6 軸ロボットアーム 190 に取り付けることができる。ロボットアーム 190 は基部に取り付けることができ、基部は適切な安全インタロックで完全に囲むことができる。本明細書において、他のタイプの位置決め装置および他の構成を用いることもできる。<sup>20</sup>

#### 【0017】

熱検査サブシステム 110 はさらに、構成要素 130 に供給された高温および低温の流れを測定するように構成された少なくとも 1 つの流量計 200 を含むことができる。特定の実現方法に応じて、流れを加熱から冷却へ、または冷却から加熱へ切り換えることができる。流量計 200 の例は、音速ノズル、コリオリメータ、層流流量計、オリフィス板、亜音速ベンチュリなどを含むことができる。本明細書において、他のタイプの流れ制御装置および他の構成を用いることもできる。<sup>30</sup>

#### 【0018】

熱検査サブシステム 100 はさらに、いくつかの空気供給ライン 205 を含むことができる。この例では、少なくとも 1 つの低温空気ライン 210 および少なくとも 1 つの高温空気ライン 220 を用いることができる。低温空気ライン 210 は工場空気を供給することができ、高温空気ライン 220 は加熱された空気を提供する。したがって、高温空気ライン 220 は、その内部またはそのまわりにヒータ 230 を含むことができる。ヒータ 230 は、所望の加熱過渡プロファイルを与えるプログラム可能なロジックを備える DC 電源 (図示せず) に接続された、ニクロム V のワイヤメッシュ 30 などのメッシュヒーターとすることができます。本明細書において、他のタイプのヒータ 230 を用いることもできる。流れ指示器 240 (flow director) は、空気の流れを流量計 200 から低温空気ライン 210 または高温空気ライン 220 へ方向付けることができる。流れ指示器 240 は、ソレノイド弁によって作動される空気圧式の三方弁とすることができます。本明細書において、他のタイプの弁および他の構成の空気供給装置を用いることもできる。<sup>40</sup>

#### 【0019】

検査される構成要素 130 は、標準的な空気流フィクスチャ (fixture) 250 内に位置決めすることができる。空気フィクスチャ 250 は、構成要素がフィルム孔の空気流の仕様を満たすかどうかなどを判定するために現在用いられているものと同様とすることができる。空気フィクスチャ 250 は構成要素 130 の底部を密閉し、低温空気ライ

10

20

30

40

50

ン 210 および高温空気ライン 220 と連通する内側のプレナム 260 から内部流路へ空気が流れるのを可能にする。本明細書において、他のタイプの支持装置および他の構成を用いることもできる。

#### 【 0020 】

熱検査サブシステム 110 はさらに、プレナム 260 内の圧力を測定するための少なくとも 1 つの圧力センサ 270、およびプレナム 260 内の流体の温度を測定するための少なくとも 1 つの温度センサ 280 を含む。追加の圧力センサ 270 および温度センサ 280 を、流量計 200 のまわりおよび他の場所に位置決めすることもできる。本明細書において、他のタイプのセンサ、ならびに他のタイプの装置および構成を用いることもできる。10

#### 【 0021 】

熱検査サブシステム 110 はさらに、イメージヤ 160 および本明細書において使用される他の装置と通信するプロセッサ 290 を含むことができる。プロセッサ 290 は、構成要素 130 の過渡熱応答を決定し、その過渡熱応答を 1 つまたは複数の所定の値もしくはベースライン値、または許容可能な範囲の値と比較して、以下にさらに詳しく記載するように構成要素 130 が所望の仕様を満たすかどうかを判定するように構成することができる。プロセッサ 290 は、圧力センサ 270 および温度センサ 280、ならびに流量計 200 に動作可能に接続することもできる。プロセッサ 290 はさらに、プレナム 260 内の圧力および温度、ならびに流量計 200 によって測定された質量流量に基づいて、内部流路の少なくとも 1 つを通る流量を決定するように構成することができる。具体的には、プロセッサ 290 は、測定された質量流量、圧力および温度の値を標準的な条件に合わせ、標準化された質量流量、圧力および温度の値をそれぞれのベースライン値と比較して、構成要素 130 が所望の仕様を満たしているかどうかを判定するように構成することができる。20

#### 【 0022 】

構成要素 130 は、内部にプレナム 260 を備えた空気フィクスチャ 250 内に入れることがある。一連の自動化されたステップによって、構成要素 130 を適所に固定し、流量計 200 および圧力センサ 270 を介して構成要素 130 を通る所望の空気の質量流量を確立することができる。ロボットアーム 190 に取り付けられた赤外線カメラ 170 は、構成要素 130 上のフィルム孔 140 を検査するために様々な位置に位置決めすることができる。カメラ 170 は、構成要素 130 が高温空気ライン 220 内のヒータ 230 を用いて短い加熱過渡状態を経ると、所望の位置における表面温度応答を記録するよう作動させることができる。高温の空気によって、ほぼ階段状の温度変化がもたらされる。次いで、ヒータ 230 が切られると同時に、低温空気ライン 210 を介してプレナム 260 に低温の工場空気が送られると、冷却過度状態が生じる。30

#### 【 0023 】

画像処理アルゴリズムを用いて、各フィルム孔 140 を画定する画素を識別することができる。具体的には、プロセッサ 290 は、過渡状態の間の 1 つまたは複数の適当な時間に、強度または温度の値の 2 次導関数を問い合わせることによって、過渡熱応答を決定するように構成することができる。1 次導関数を用いることもできる。プロセッサ 290 は、強度または温度の値の導関数を、1 つまたは複数の所定の値もしくはベースライン値、または許容可能な範囲の値と比較して、構成要素 130 が所望の仕様を満たすかどうかを判定することによって比較を行うように構成することができる。通常、画像のそれぞれはいくつかの画素に対応し、プロセッサ 290 はさらに、画像における画素の相対的な強度などに基づいて、構成要素 130 の外面上のフィルム孔 140 のそれぞれの位置を識別するように構成することができる。一般的に記述すると、赤外線カメラ 170 が、特定の波長範囲について物体から放射された赤外線放射を測定し画像化する。その放射の強度または大きさは、放射率、周囲の反射および周囲の大気条件を含めた多くの要素に依存する。40

#### 【 0024 】

開放されたフィルム孔 140 の場合、高温から低温の空気への過渡状態における 2 次導

関数の最大点の大きさは、一般的に高い絶対値になる。フィルム孔 140 が配置された場所などの要素が、この一般論に影響を及ぼす可能性がある。フィルム孔 140 はそれぞれ、特徴付けなければならない熱過渡状態に対する特有の応答を有し得る。塞がれたフィルム孔 140 では対流による付加的な冷却の利点が失われ、伝導のみに依存し、したがって、開放されたフィルム孔 140 に比べて温度または強度の 2 次導関数の大きさが減少する。

#### 【 0 0 2 5 】

画像化・機械加工システム 100 の機械加工サブシステム 120 は、機械加工装置 300 を含むことができる。機械加工装置 300 は、穿孔装置 310 とすることができます。穿孔装置 310 は、レーザドリル、E M D (放電加工)、機械的ドリル、電気化学的穿孔、アブレシブジェット穿孔、C N C フライス加工 (計算機数値制御) などとすることができます。穿孔装置 310 または他のタイプの機械加工装置 300 は、多軸装置とすることができます。本明細書において、他のタイプの機械加工装置 300 を用いることもできる。

#### 【 0 0 2 6 】

穿孔装置 310 または他のタイプの機械加工装置 300 を、マニピュレータ 180 のロボットアーム 190、または同様のタイプの位置決め装置に取り付けることができる。穿孔装置 310 も、プロセッサ 290 と通信することができる。穿孔装置 310 は、構成要素 130 内にフィルム孔 140 を穿孔する。本明細書において、他のタイプの孔または他の操作を用いることもできる。穿孔装置 310 は、正確な位置決めのために、構成要素 130 および / または空気フィクスチャ 250 に関する 1 つまたは複数の基準点を必要とすることがある。穿孔装置 310 と構成要素 130 の間には、一般に少なくとも 1 つの既知の空間的な関係が必要である。

#### 【 0 0 2 7 】

使用時には、熱画像化・機械加工システム 100 の熱検査サブシステム 110 および機械加工サブシステム 120 は、フィルム孔 140 を提供するとともに、フィルム孔の貫通の検出および確認を行う。したがって、これらのサブシステム 110、120 を組み合わせることによって、不正確に穿孔された孔 140 をその場で補正することができる。具体的には、仕様を満たす質のよいフィルム孔 140 の存在は、それまでの孔の穿孔状態に比べて予想される空気流量の増加を伴う適切な赤外線信号および分析の示度によって認識することができる。

#### 【 0 0 2 8 】

各フィルム孔 140 またはフィルム孔 140 の並びは、穿孔装置 310 による穿孔の直後に、自動化された形で検査することができる。室温の工場 (「低温の」) 空気を、流量計 200 および低温空気ライン 210 を介して構成要素 130 に導入することができる。同じ供給圧力が維持された、または圧力センサ 270 およびプロセッサ 290 によって再度確立されたとすれば、孔 140 を穿孔した後、それまでの孔の穿孔ステップに比べて空気流の既知のまたは予想される増加が観察されるはずである。高温空気ライン 220 およびヒータ 230 を介して「高温の」空気を構成要素 130 に簡単に導入し、続いて、低温空気ライン 210 および流れ指示器 240 を介して低温である室温の工場空気を導入することができる。温度の過渡状態は、赤外線カメラ 170 を用いて記録することができる。換言すれば、初期温度とは異なる温度における制御された流体の流れによって生成される過渡条件に対する構成要素の熱応答を評価する。したがって、空気流および赤外線の測定値によって、(内部の形状の影響などを受けやすい) 適切に穿孔され流動させるフィルム孔 140 の存在が確かめられる。したがって、赤外線データと組み合わせた空気流量および供給圧力の変化によって、貫通を検出することが可能になる。他の過渡状態を用いることもできる。

#### 【 0 0 2 9 】

図 2 は、熱画像化・機械加工システム 100 の使用の一例における、いくつかの高レベルの方法ステップに関する流れ図 320 を示している。ステップ 330 では、熱検査サブアセンブリ 110 が、流量計 200 および圧力センサ 270 によって測定された、構成要

10

20

30

40

50

素 130 内への定常のもしくは少なくとも繰り返し可能な圧力および / または流量を維持する。定常の流量または圧力は、通常の器具および測定装置に関連付けられる許容可能な精度および不確定な制限の範囲内で一定であるか、または繰り返し可能であると考えられる。この時点で、流れのデータを記録することが可能であり、使用される穿孔方法および装置に応じて、流れを継続させるまたは終わらせることができる。ステップ 340 では、機械加工サブアセンブリ 120 が穿孔装置 310 によってフィルム孔 140 を穿孔するか、または既存のフィルム孔 140 を修正する。ステップ 350 では、継続された流れまたは再度確立された流れに基づいて、プロセッサ 290 が流量計 200 によって検査された流量の増加を、かつ / または圧力センサ 270 によって圧力の低下を調べる。予想される変化は、ステップ 360 で方法が継続するような、適切なフィルム孔 140 が穿孔されたことを示すものである。変化がない（貫通がない）こと、または変化が小さいこと（不適切に穿孔された孔）が検出された場合には、方法はステップ 340 に戻り、穿孔を継続することができる。10

#### 【 0030 】

ステップ 360 では、高温空気ライン 220 およびヒータ 230 を介して、プレナム 260 および構成要素 130 のフィルム孔 140 に高温の空気を流入させることによって、熱画像化サブアセンブリ 110 が熱遷移状態を開始する。次いで低温の空気を、低温空気ライン 210 を通して、プレナム 260 および構成要素 130 のフィルム孔 140 に流入させる。次いでステップ 370 では、赤外線カメラ 170 が、問題の 1つまたは複数のフィルム孔 140 の 1つまたは複数の画像を撮り、ステップ 380 において、プロセッサ 290 により強度を決定する。信号が所定の期待値もしくはベンチマークの期待値、またはある範囲の期待値を満たす（孔が適切に穿孔された）場合には、ステップ 390 において新しいフィルム孔 140 のためにプロセスを繰り返すこと、またはさらに穿孔するために、プロセスがステップ 340 に戻ることができる。次いで、方法が終了する。本明細書において、他のステップを任意の所望の順序で用いることもできる。流動のステップ 350 および熱遷移状態のステップ 360 は、構成要素 130 の処理における他の中間点で所望されるように繰り返すことが可能であり、図 2 に示すものに限定されないことを認識すべきである。構成要素の加熱およびそれに続く冷却について記載してきたが、構成要素の冷却およびそれに続く加熱によって熱過渡状態を得ることも可能であることをさらに認識すべきである。20

#### 【 0031 】

熱検査サブシステム 110 は完全に自動化することが可能であり、したがって、現行の検査システムより高速になり、精度が改善される。そのような場合には、熱検査サブシステム 110 によって、生産のスループットを高めるようにオペレータが他の仕事を行うことが可能になると同時に、検査した構成要素すべてのアーカイブを生成することが適宜可能になる。再加工を要することが確認されたフィルム孔 140 を、機械加工サブシステム 120 によって自動的に補正することができる。30

#### 【 0032 】

したがって、熱検査・機械加工システム 100 によって、生産工場では、空気流の設計仕様および開放された孔の検査に関するガスタービンの構成要素の検査について、費用節約および生産性向上の可能性がもたらされる。節約は、設備費および人件費の削減によって実現することができる。赤外線のピンチェックによって、面倒な手作業によるピンチェックおよび目視による水流の検査が省かれる。オペレータは通常、1つの構成要素の検査に 5 ~ 10 分を費やすことがある。赤外線のピンチェックを自動化すると、その時間を他の製造領域に再配分することができる。40

#### 【 0033 】

熱検査・機械加工システム 100 の他の利益には、赤外線のピンチェックの方法によって孔の開放状態の定量的な測定が可能になることが含まれ、一方、ピンチェックおよび水流の操作は定性的であり、オペレータの判断に依存する。さらに、赤外線のピンチェックの示度は電子的に記録することが可能であるが、ピンチェックおよび水流は通常、検査お50

および製造品質を監視するためのデータベースの生成には用いられない。

【0034】

前述のこととは、本出願の特定の実施形態のみに関するものであり、以下の特許請求の範囲およびその等価物によって定められる本発明の全体的な趣旨および範囲から逸脱することなく、当業者が本明細書に関して多くの変更および修正を加えることが可能であることを明確にすべきである。

【符号の説明】

【0035】

100	熱検査・機械加工システム	10
110	熱検査サブシステム	
120	機械加工サブシステム	
130	構成要素	
140	フィルム孔	
150	流体源	
160	イメージヤ	
170	赤外線カメラ	
180	マニピュレータ	
190	ロボットアーム	
200	流量計	
205	空気供給ライン	20
210	低温空気ライン	
220	高温空気ライン	
230	ヒータ	
240	流れ指示器	
250	空気フィクスチャ	
260	プレナム	
270	圧力センサ	
280	温度センサ	
290	プロセッサ	
300	機械加工装置	30
310	穿孔装置	
320	流れ図	
330	ステップ	
340	ステップ	
350	ステップ	
360	ステップ	
370	ステップ	
380	ステップ	
390	ステップ	

【図1】

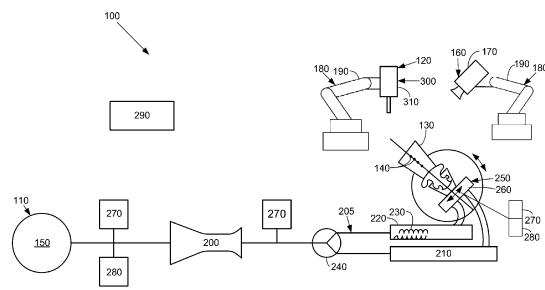


Fig. 1

【図2】

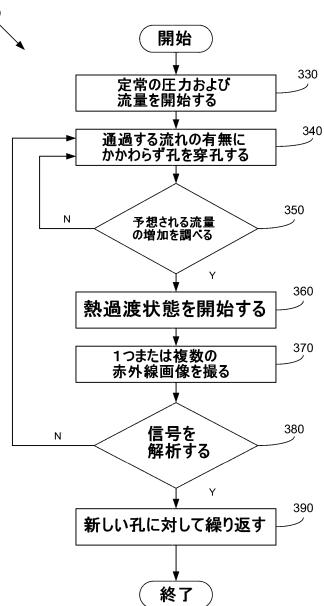


Fig. 2

---

フロントページの続き

(72)発明者 ロナルド・スコット・バンカー

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12309、ニスカユナ、ビルディング・ケイ1-3エイ59  
、ワン・リサーチ・サークル

(72)発明者 ジェイソン・ランドルフ・アレン

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12309、ニスカユナ、ビルディング・ケイ1-3エイ59  
、ワン・リサーチ・サークル

(72)発明者 ジェアード・クロスピー

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12302、スコッティア、シダー・レーン、54番

審査官 黒田 浩一

(56)参考文献 特開平10-317909(JP,A)

特開平01-312450(JP,A)

米国特許出願公開第2007/0290134(US,A1)

米国特許第05111046(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 25/00 - 25/72

B23Q 17/00 - 23/00

F01D 25/00

F02C 7/00