

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7646634号
(P7646634)

(45)発行日 令和7年3月17日(2025.3.17)

(24)登録日 令和7年3月7日(2025.3.7)

(51)国際特許分類		F I	
F 0 1 D	9/02 (2006.01)	F 0 1 D	9/02 1 0 2
F 0 1 D	9/04 (2006.01)	F 0 1 D	9/04
F 0 1 D	9/06 (2006.01)	F 0 1 D	9/06
F 0 2 C	9/22 (2006.01)	F 0 2 C	9/22 A
請求項の数 10 (全17頁)			
(21)出願番号	特願2022-515819(P2022-515819)	(73)特許権者	515322297
(86)(22)出願日	令和2年9月9日(2020.9.9)		ゼネラル エレクトリック テクノロジー
(65)公表番号	特表2022-549074(P2022-549074 A)		ゲゼルシャフト ミット ベシュレンクテル ハフツング
(43)公表日	令和4年11月24日(2022.11.24)		General Electric Technology GmbH
(86)国際出願番号	PCT/US2020/049896		スイス国 5 4 0 0 バーデン ブラウン
(87)国際公開番号	WO2021/055200		ボヴェリシュトラッセ 8
(87)国際公開日	令和3年3月25日(2021.3.25)		Brown Boveri Strasse 8, 5 4 0 0 Baden, Switzerland
審査請求日	令和5年9月1日(2023.9.1)	(74)代理人	100105588
(31)優先権主張番号	16/575,785		弁理士 小倉 博
(32)優先日	令和1年9月19日(2019.9.19)	(74)代理人	100129779
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		弁理士 黒川 俊久
		最終頁に続く	

(54)【発明の名称】 最適化された内側ベーン厚さを有する一体型ノズル及びダイアフラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

冷却流体の流れを受容するように構成された内部キャビティ（72）と、前記内部キャビティ（72）に隣接する厚さの変化する壁（66、68、82、84）と、前記厚さの変化する壁（66、68、82、84）を前記内部キャビティ（72）から分離する厚さの変化するインピンジメントプレート（76）であって、前記インピンジメントプレート（76）が、前記冷却流体をインピンジメントキャビティ（80）内へと、かつ前記厚さの変化する壁（66、68、82、84）に向かって導くための複数の開口部（78）を含み、前記インピンジメントプレート（76）が、前記厚さの変化する壁（66、68、82、84）の輪郭に追従するように構成されていて、前記インピンジメントプレート（76）の各セクションの厚さが、前記厚さの変化する壁（66、68、82、84）の各セクションの厚さと反比例する、インピンジメントプレート（76）と、前記インピンジメントプレート（76）と前記厚さの変化する壁（66、68、82、84）との間に延在しかつそれらを物理的に接続する複数の支持梁（94）であって、前記インピンジメントプレート（76）と前記厚さの変化する壁（66、68、82、84）との間を一定の距離（D）に維持しかつ前記厚さの変化する壁（66、68、82、84）に構造的支持をもたらすように構成されている、複数の支持梁（94）とを備える、ベーン（52）。

【請求項2】

当該ベーン（52）が、ガスタービンシステム（10）におけるノズル（32）のベ-

ン（５２）を備える、請求項１に記載のベーン（５２）。

【請求項３】

前記厚さの変化する壁（６６、６８、８２、８４）が、当該ベーン（５２）の前縁壁（８２）、当該ベーン（５２）の後縁壁（８４）、当該ベーン（５２）の正圧側壁（６６）、及び当該ベーン（５２）の負圧側壁（６８）のうちの１つ又は複数を含む、請求項１に記載のベーン（５２）。

【請求項４】

前記厚さの変化する壁（６６、６８、８２、８４）の厚さが、当該ベーン（５２）に対する予想作動圧力に応じて変化する、請求項１に記載のベーン（５２）。

【請求項５】

前記厚さの変化する壁（６６、６８、８２、８４）が当該ベーン（５２）の負圧側壁（６８）を含んでおり、前記厚さの変化する壁（６６、６８、８２、８４）の厚さが、当該ベーン（５２）の正圧側壁（６６）の厚さの１．１～２．５倍である、請求項４に記載のベーン（５２）。

【請求項６】

当該ベーン（５２）の厚肉部（９６）に形成された冷却流路（１００）をさらに備え、前記冷却流路（１００）が前記内部キャビティ（７２）に流体連結されている、請求項１に記載のベーン（５２）。

【請求項７】

前記インピンジメントキャビティ（８０）をダイアフラム（４２）の内部キャビティ（１０４）及び当該ベーン（５２）の後縁冷却回路（１１６）のうちの少なくとも一方に流体連結するための流路（１０２）をさらに備える、請求項１に記載のベーン（５２）。

【請求項８】

当該ベーン（５２）が前記ダイアフラム（４２）と一体的に形成されている、請求項７に記載のベーン（５２）。

【請求項９】

前記内部キャビティ（７２）をガスタービンシステム（１０）のホイールスペース（１０８）に流体連結するための少なくとも１つの流路（１２０）をさらに備える、請求項１に記載のベーン（５２）。

【請求項１０】

ガスタービンシステム（１０）のノズルセグメント（４６）であって、当該ノズルセグメント（４６）が、一体型のノズル（３２）及びダイアフラム（４２）を備えており、前記ノズル（３２）が請求項１乃至請求項９のいずれか１項に記載のベーン（５２）を少なくとも１つ含む、ガスタービンシステム（１０）のノズルセグメント（４６）。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本開示は、概してガスタービンシステムに関し、より詳細には、最適化された内側ベーン厚さを有する一体型ノズル及びダイアフラムに関する。

【背景技術】

【０００２】

ガスタービンシステムは、発電などの分野で広く利用されているターボ機械の一例である。従来型のガスタービンシステムは通常、圧縮機セクションと、燃焼器セクションと、タービンセクションとを備える。ガスタービンシステムの動作中、ノズルベーン、タービンブレード、及びシュラウドセグメントなどのガスタービンシステム内の様々な構成要素が高温ガス流やそれに伴う熱機械力に曝され、このことが、これらの構成要素の故障を招く恐れがある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００３】

10

20

30

40

50

【文献】米国特許第9777581号明細書

【発明の概要】

【0004】

第1の実施形態は、タービンシステムのベーンに関する。当該ベーンは、冷却流体の流れを受容するように構成された内部キャビティと、内部キャビティに隣接する厚さ可変壁と、厚さ可変壁を内部キャビティから分離するインピンジメントプレートであって、当該インピンジメントプレートは、冷却流体をインピンジメントキャビティ内へと、かつ厚さ可変壁に向かって導くための複数の開口部を含み、当該インピンジメントプレートは、厚さ可変壁の輪郭に追従するように構成されている、インピンジメントプレートと、を備える。

10

【0005】

別の実施形態は、ガスタービンシステムのノズルセグメントを提供する。当該ノズルセグメントは、一体型ノズル及びダイアフラムであって、当該ノズルは少なくとも1つのベーンを含み、当該ベーンはそれぞれ、冷却流体の流れを受容するように構成された内部キャビティと、内部キャビティに隣接する厚さ可変壁と、厚さ可変壁を内部キャビティから分離するインピンジメントプレートであって、当該インピンジメントプレートは、冷却流体をインピンジメントキャビティ内へと、かつ厚さ可変壁に向かって導くための複数の開口部を含み、当該インピンジメントプレートは、厚さ可変壁の輪郭に追従するように構成されている、インピンジメントプレートと、を含む、一体型ノズル及びダイアフラムを備える。

20

【0006】

更なる実施形態は、ガスタービンシステムのベーンを最適化する方法に関するものであり、本方法は、ベーンに作用する作動圧力を測定するプロセスと、ベーンに作用する作動圧力に基づいて、ベーンの壁の厚さを変更するプロセスであって、当該壁の厚さは、ベーン上でより大きな作動圧力が加わる領域においてより厚くなる、プロセスと、を含む。

【0007】

本開示の例示の態様は、本明細書に記載の課題及び／又は述べていない他の課題を解決するものである。

【0008】

本開示のこれら及び他の特徴は、本開示の様々な実施形態を示す添付の図面と併せて、本開示の様々な態様を示す以下の詳細な説明から、より容易に理解されるであろう。

30

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】いくつかの実施形態による、ガスタービンシステムを示す概略図である。

【図2】いくつかの実施形態による、ガスタービンシステムのタービンセクションの一部を示す側面図である。

【図3】いくつかの実施形態による、一体型ダイアフラムを有するノズルを含む、ノズルセグメントを示す等角図である。

【図4】いくつかの実施形態による、図3の4-4線に沿って見たノズルベーンを示す断面図である。

40

【図5】いくつかの実施形態による、図4の5-5線に沿って見たノズルベーンの一部を示す断面図である。

【図6】いくつかの実施形態による、図5の6-6線に沿って見たノズルベーンの一部を示す断面図である。

【図7】いくつかの実施形態による、図4の7-7線に沿って見たノズルベーンの前縁部を示す断面図である。

【図8】いくつかの実施形態による、ノズルセグメントを示す断面図である。

【図9】いくつかの実施形態による、ノズルベーンの壁厚を最適化するプロセスを示すフロー図である。

【図10】本開示の実施形態による、物体を表すコードを記憶する非一時的コンピュータ

50

可読記憶媒体を含む、積層造形プロセスを示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

なお、本開示の図面は必ずしも縮尺通りではない。図面は、本開示の典型的な態様のみを図示することを意図しており、したがって、本開示の範囲を限定するものと考えべきではない。図面では、同一の参照番号は、図面間で同一の要素を表す。

【0011】

ここで、添付の図面に示される代表的な実施形態を詳細に参照する。以下の説明が、これらの実施形態を1つの実施形態に限定することを意図するものではないことを理解されたい。むしろ反対に、添付の特許請求の範囲によって定義される、記載している実施形態の趣旨及び範囲内に含まれ得る代替形態、修正形態、及び均等形態も包含し得ることが意図される。

【0012】

始めに、本開示について明確に説明するために、本開示の範囲内にある、関連する機械構成要素を参照して述べる際に、特定の専門用語を選択することが必要になる。その際、可能な限り、一般的な工業専門用語が、その受け入れられている意味と同じ意味で使用され、かつ利用される。別途記載のない限り、このような専門用語には、本出願の文脈及び添付の特許請求の範囲と矛盾しない広範な解釈が付与されるべきである。当業者であれば、多くの場合、特定の構成要素がいくつかの異なる、又は重複する用語を使用して参照される場合があることを理解するであろう。単一の部品であるとして本明細書に記載され得るものは、複数の構成要素から成るものとして別の文脈を含み、かつ別の文脈で参照されてもよい。あるいは、複数の構成要素を含むものとして本明細書に記載され得るものは、単一の部品として他の箇所で参照されてもよい。

【0013】

加えて、本明細書ではいくつかの記述的用語を規則通りに使用することができ、本セクションの始めにこれらの用語を定義することが有用であることが分かるはずである。これらの用語及びその定義は、別途記載のない限り、以下の通りである。本明細書で使用する場合、「下流」と「上流」とは、例えばタービンを通る作動流体、又は例えば、燃焼器を通る空気の流れ、若しくはタービンの構成要素システムの1つを通る冷却剤などの流体の流れに対する方向を示す用語である。「下流」という用語は、流体の流れ方向に対応し、「上流」という用語は、流れとは反対の方向を指す。「前方」及び「後方」という用語は、別途指定のない限り、方向を指し、「前方」はエンジンの前部又は圧縮機端を指し、「後方」はエンジンの後部又はタービン端を指す。さらに、「先導する」及び「後続する」という用語は、それぞれ、「前方」及び「後方」という用語と同様の記述で使用され、かつ／又は理解されてもよい。多くの場合、異なる径方向、軸方向、及び／又は周方向の位置にある部品について説明することが必要になる。「A」軸線は、軸方向を表す。本明細書で使用する場合、「軸方向の」及び／又は「軸方向に」という用語は、本ガスタービンシステム（具体的には、ロータセクションである）の回転軸に略平行な軸線Aに沿って並ぶ物体の相対的な位置／方向を指す。さらに本明細書で使用する場合、「径方向の」及び／又は「径方向に」という用語は、軸線Aに略垂直であり、かつただ1つの位置で軸線Aと交差する方向「R」（図1を参照のこと）に沿って並ぶ物体の相対的な位置／方向を指す。最後に、「周方向の」という用語は、軸線Aを中心とした移動又は位置を指す（例えば、方向「C」）。

【0014】

様々な実施形態では、互いに「流体連結される」又は互いに「流体連通する」と記載された構成要素は、1つ又は複数の界面に沿って接合されてもよい。いくつかの実施形態では、これらの界面は、別個の構成要素間の接合部を含むことができ、他の場合には、これらの界面は途切れなく、かつ／又は一体的に形成された相互接続を含むことができる。即ち、いくつかの場合には、互いに「連結された」構成要素は、単一の連続部材を画定するように同時に形成され得る。ただし、他の実施形態では、これらの連結された構成要素を

10

20

30

40

50

別々の部材として形成することができ、その後これらを公知のプロセス（例えば、固定、超音波溶接、接着である）によって接合することができる。

【0015】

ある要素又は層が、別の要素に対して「上にあり」、「係合し」、「接続され」、又は「連結され」といって言及される場合、他の要素に対して直接的に上にあり、直接的に係合し、直接的に接続され、又は直接的に連結されていてもよいし、あるいは介在要素が設けられていてもよい。これに対して、ある要素が、別の要素に対して「直接的に上にあり」、「直接的に係合し」、「直接的に接続され」、又は「直接的に連結され」といって言及される場合、介在要素も介在層も一切設けられていない可能性がある。要素間の関係について説明するために使用される他の語も、同様に解釈されるべきである（例えば、「～の間に」に対して「直接～の間に」、「～に隣接して」に対して「直接～に隣接して」など）。本明細書で使用する場合、「及び／又は」という用語は、関連する列挙された項目のうちの1つ又は複数の任意の及びすべての組み合わせを含む。

【0016】

図1は、様々な実施形態による、ガスタービンシステム10を示す概略図である。図示しているように、ガスタービンシステム10は、流入空気14の流れを圧縮し、次いで圧縮空気16の流れを燃焼器セクション18に送達するための圧縮機セクション12を備える。燃焼器セクション18は、圧縮空気16の流れを加圧燃料供給物20と混合し、次いで当該混合物に点火して燃焼ガス22の流れを生成する。単一の燃焼器セクション18のみが図示されているが、ガスタービンシステム10は、任意の数の燃焼器セクション18を含んでいてもよい。燃焼ガス22の流れは、次いでタービンセクション24に送達される。燃焼ガス22の流れは、タービンセクション24を駆動して機械的仕事を発生させる。タービンセクション24で発生した機械的仕事は、シャフト26を介して圧縮機セクション12を駆動してもよく、さらに発電機などの外部負荷28を駆動するために使用されてもよい。

【0017】

図2は、本明細書で開示している様々な実施形態を組み込むことができる、ガスタービンシステム10のタービンセクション24の一部を示す断面側面図である。図2に示すように、タービンセクション24は複数のタービン段を含んでいてもよい。例えば、タービンセクション24は、第1のタービン段30A、第2のタービン段30B、及び第3のタービン段30Cを含んでいてもよい。ただし、タービンセクション24は、必要に応じて、又は所望されるように、より多くの、又はより少ないタービン段を含んでいてもよい。

【0018】

タービン段30A～30Cはそれぞれ、直列の流れの順に、対応するタービンノズル（以下、「ノズル」と呼ぶ）32A、32B、及び32Cの列と、シャフト26（図1）に沿って軸方向に離隔した、対応するタービンブレード（以下、「ブレード」と呼ぶ）34A、34B、及び34Cの列とを含んでいてもよい。ノズル32A～32Cの各々は、ガスタービンシステム10の動作中、ブレード34A～34Cに対して静止したままである。ノズル32B、32Cの列の各々は、対応するダイヤフラム42B、42Cにそれぞれ連結されるか、又はそれらと一体的に形成されている。タービンシュラウド44A、タービンシュラウド44B、及びタービンシュラウド44Cが、対応するブレード34A～34Cの列を周方向に取り囲んでいる。ケーシング又はシェル36が、ノズル32A～32C及びブレード34A～34Cの各段30A～30Cを周方向に取り囲んでいる。

【0019】

ノズル32A～32C及びブレード34A～34Cは、燃焼ガス22から運動エネルギー及び／又は熱エネルギーを抽出する。このエネルギー抽出により、シャフト26が駆動される。その後、燃焼ガス22は、タービンセクション24及びガスタービンシステム10から排出される。以下により詳述しているように、とりわけノズル32A～32C及びブレード34A～34Cを含むタービンセクション24の様々な構成要素を冷却するための冷却流体として、圧縮空気16の一部が使用されてもよい。

【0020】

図3は、いくつかの実施形態による、一体型ノズル32及びダイアフラム42を含む、ノズルセグメント46を示す等角図である。ノズル32とダイアフラム42とは、例えば、積層造形プロセスを用いて単一のユニットとして形成されてもよい。図3に示すように、ノズル32は、内側側壁48（ダイアフラム42の上壁も形成している）と、内側側壁48から径方向に離隔した外側側壁50とを含んでいてもよい。ノズル32は、内側側壁48から外側側壁50まで延在する一対のベーン52を含んでいてもよい。このノズル構成は、当業界では通常、ダブレットと呼ばれている。ただし、ノズル32がベーン52を1つのみ（即ち、シングレットである）有してもよいし、又はベーン52を3つ（即ち、トリプレット）若しくはそれ以上有してもよい。

10

【0021】

図3に示すように、ノズル32の内側側壁48及び外側側壁50は、様々な表面を含む。より具体的には、内側側壁48は径方向外面54と、径方向外面54よりも径方向内方に位置する径方向内面56とを含む。同様に、外側側壁50は、径方向内面58と、径方向内面58よりも径方向外方に指向する径方向外面60とを含む。

【0022】

外側側壁50の径方向内面58と、内側側壁48の径方向外面54とは、タービンセクション24（図1）を通して流れる燃焼ガス22の径方向内側流れ境界と、径方向外側流れ境界とをそれぞれ画定している。

【0023】

上述したように、2つのベーン52A、52B（本明細書では概してベーン52と呼ぶ）は、ノズル32の内側側壁48から外側側壁50まで延在している。図3に示すように、各ベーン52の本体は、前縁62と、後縁64と、前縁62から後縁64まで延在する正圧側壁66と、対向する負圧側壁68とを含む。

20

【0024】

タービンシステム10（図1）の圧縮機セクション12から抽気された加圧冷却空気70などの冷却流体が、各ベーン52内に形成された、1つ又は複数の内部キャビティ72内へと送られてもよい。冷却空気70を使用して、ベーン52における様々な内側部分及び外側部分が冷却（例えば、インピンジメント冷却、対流冷却、フィルム冷却などによって）されてもよい。

30

【0025】

前縁62及び高C領域として当技術分野で知られるものを含む、ノズル32のベーン52における様々な部分は、タービンシステム10（図1）の動作中に高温や高強度の機械力に曝される可能性があり、このことが、ノズル32の動作寿命の短縮につながる恐れがある。いくつかの実施形態によれば、ノズル32の動作寿命は、例えば、ベーン52の様々な部分の厚さを選択的に変更する（例えば、より高い強度の力に曝される領域ではより厚くし、より低い強度の力に曝される領域ではより薄くする）ことによって、かつベーン52内に輪郭追従インピンジメントプレート76（図4）を設けることによって延長され得る。

【0026】

図4は、図3の4-4線に沿って見たノズル32のベーン52A、52Bの断面図を示している。図示のように、ベーン52A、52Bはそれぞれ、冷却空気70の流れを受容するように構成された、少なくとも1つの内部キャビティ72を含む。冷却空気70は、径方向下方にキャビティ72内へと（即ち、ページ内へと）流れるように図示されているが、他の流れ方向が使用されてもよい。ベーン52A、52Bの内部キャビティ72は、図示のように異なる構成（例えば、ベーン52A、52Bの壁厚は異なってもよい）を有してもよく、又は同様の構成を有してもよい。図4に示す非限定的な例では、冷却空気70の流れは、ダイアフラム42（図3）に向かって、径方向下方に内部キャビティ72内へと送られる。

40

【0027】

50

インピンジメントプレート 76 は、図示のように内部キャビティ 72 の周りに途切れなく延在していてもよく、又は、複数の別個のインピンジメントプレートセクションを含んでいてもよい。インピンジメントプレート 76 は通常、インピンジメントプレート 76 を貫通して形成された複数の開口部 78 (図 5) を介して、各ベーン 52 の内部キャビティ 72 からインピンジメントキャビティ 80 内へと冷却空気 70 を導く。キャビティ 80 に進入した後、冷却空気 70 は、ベーン 52 の 1 つ又は複数の様々な内壁 (例えば、ベーン 52 の正圧側壁 66 及び負圧側壁 68) に衝突し、これによってインピンジメント冷却を提供する。冷却空気 70 は、キャビティ 80 からベーン 52 の他の内側部分／外側部分に送られて、ベーン 52 に対して更なる冷却を提供してもよい。

【0028】

ベーン 52 の 1 つ又は複数の部分 (例えば、正圧側壁 66、負圧側壁 68、前縁壁 82、後縁壁 84 などである) の厚さは、予想 (又は推定) 作動圧力に従って、選択的に変更されてもよい。ベーン 52 に作用する作動圧力は、例えばコンピュータモデリング、物理的試験、又は他の適切な解析手法によって測定されてもよい。この測定は、例えば、エンジニアリング・シミュレーション・ツールを使用して作動圧力をモデル化し、かつ解析するプロセス、厚さの 1 つ又は複数の修正するプロセス、及び解析を再実行するプロセスを含んでいてもよい。図 5 では、例えば、ベーン 52 の正圧側壁 66 は、正圧側壁 66 の長さに沿って作動圧力が比較的均一に作用すると予想されるため、略均一な厚さで形成されている。ただし、負圧側壁 68 の径方向外側部 86 は (例えば、高 c 領域では)、負圧側壁 68 の径方向内側部 88 の厚さよりも厚さを増して形成されており、これはなぜなら、負圧側壁 68 の径方向外側部 86 において、作動圧力がより大きく作用すると予想されるためである。通常、ベーン 52 の 1 つ又は複数の部分の厚さは、予想作動圧力に比例する。例えば、いくつかの実施形態によれば、高 c 領域の負圧側壁 68 (例えば、図 5 を参照のこと) の厚さは、ベーン 52 の公称壁厚 (例えば、正圧側壁 66 の厚さである) の約 1.1 ~ 約 1.5 倍であってもよい。通常、予想作動圧力に応じて、ベーン 52 の壁の一部の壁厚は、ベーン 52 の公称壁厚の 1.1 ~ 2.5 倍の範囲内であってもよい。

【0029】

いくつかの実施形態によれば、インピンジメントプレート 76 は、ベーン 52 の内壁の輪郭に追従するように構成されている。例えば、図 5 及び図 6 に示すように、インピンジメントプレート 76 は、ベーン 52 の正圧側壁 66 及び負圧側壁 68 の内側壁 90、92 の輪郭に追従するように構成されている。有利には、ベーン 52 の内壁の輪郭に追従させることによって、インピンジメントプレート 76 とベーン 52 の内壁との間の距離 D (及びインピンジメントプレート 76 を介して提供されるインピンジメント冷却) がより正確に制御され得る (例えば、インピンジメントプレートを挿入する場合と比較して)。距離 D は、ベーン 52 全体にわたって略一定であってもよく、又は可変であってもよい (例えば、結果として生じるインピンジメント冷却を選択的に調節するために)。

【0030】

一組の支持梁 94 を設けて、正圧側壁 66 及び負圧側壁 68 の内側壁 90、92 にインピンジメントプレート 76 を接続するか、又はこれらからインピンジメントプレート 76 を分離させてもよい。支持梁 94 は、いくつかの機能を提供する。例えば、支持梁 94 は、インピンジメントプレートを接続して、正圧側壁 66 及び負圧側壁 68 に対して構造的な支持／構造的剛性を提供するものであり、その結果、ベーン 52 の正圧側壁 66 及び負圧側壁 68 を薄肉化することができる。さらに、支持梁 94 は、インピンジメントプレート 76 と正圧側壁 66 及び負圧側壁 68 の内側壁 90、92 との間の距離 D を維持し、かつ制御する。これらの壁を薄肉化することによって、冷却空気 70 が、ベーン 52 の高温側をより効果的に冷却することができる。例えば、ベーン 52 を 0.2 インチの厚さにする代わりに、0.1 インチの厚さにし、かつインピンジメントプレート 76 を 0.1 インチの厚さにすることができる。結果として得られる構造体の剛性は同様であるが、より良好な冷却効果が得られる。したがって、当該構造体を冷却するのに必要な冷却空気 70 の量が低減され、当該構造体の寿命が延長され得る。このことにより、圧力や酸化の懸念に対

10

20

30

40

50

処するために、平均よりも薄肉化又は厚肉化されるように、特定の位置を調整することがさらにできるようになる。

【0031】

いくつかの実施形態によれば、インピンジメントプレート76は、ベーン52全体にわたって均一な厚さ T_{IP} （図6）を有していてもよい。あるいは、インピンジメントプレート76の厚さ T_{IP} は、ベーン52内で変化してもよい。例えば、インピンジメントプレート76の厚さ T_{IP} は、隣接する内壁部の厚さ T_W （図6）に反比例してもよい。したがって、インピンジメントプレート76は、より薄い内壁部に隣接する位置では厚肉化されてもよく（例えば、更なる構造的支持を提供するために）、また、より厚い内壁部に隣接する位置では薄肉化されてもよい。

10

【0032】

図7は、図4の7-7線に沿って見たベーン52の前縁62の断面図を示している。動作中、ベーン52の前縁壁82の径方向外側部96は、前縁壁82の径方向内側部98よりも高強度の力を受ける可能性がある。この点に関して、いくつかの実施形態によれば、より高い強度の力を受ける領域（例えば、径方向外側部96である）が、より低い強度の力を受ける領域（径方向内側部98である）よりも厚肉化されるように、前縁壁82の厚さが選択的に変更されてもよい。

【0033】

インピンジメントプレート76を介してベーン52の前縁壁82の内側壁112に任意のインピンジメント冷却が提供されることに加えて、前縁壁82の厚肉部96で更なる冷却が必要になり得る。そのような冷却は、例えば、内部キャビティ72からキャビティ80まで延在する、前縁壁82の厚肉部96を通る流路100を形成することによって提供されてもよい。

20

【0034】

流路100はキャビティ80に流体連結されており、キャビティ80は、ノズル32の壁48の内側を通して形成された流路102に、さらに流体連結されている。キャビティ72から流路100を通り、前縁壁82の厚肉部96から熱を吸収した後、冷却空気70は、キャビティ80から流れていき、流路102を通してダイアフラム42の内部キャビティ104内に進入する。流路102を通してキャビティ104に進入する冷却空気70は、キャビティ104を加圧することができ（例えば、高温ガスがキャビティ104に侵入するのを防止するために）、かつ／又はノズル32の内側側壁48に冷却を提供することができる。さらに別の流路106を設けて、キャビティ72をタービンセクション24（図1）のホイールスペース108に流体連結してもよい。流路106は、例えば、ノズル32の内側側壁48及びダイアフラム42の側壁110を通して、キャビティ72からホイールスペース108まで延在してもよい。流路106を通して流れる冷却空気70は、ノズル32の内側側壁48及びダイアフラム42の側壁110に冷却を提供することができ、かつ／又は高温ガスがホイールスペース108に侵入するのを防止すべく、ホイールスペース108を加圧するために使用されてもよい。

30

【0035】

図8は、いくつかの実施形態による、ベーン52の前縁62から後縁64に向かう方向から見た、ノズルセグメント46の断面図を示している。この点に関して、図8は、図7に関して上記で前述したベーン52の前縁62における特徴部を含む。

40

【0036】

図8に示すように、インピンジメントプレート76は、ベーン52の後縁64における後縁壁84の内側壁114の輪郭に追従している。冷却空気70は、インピンジメントプレート76内に形成された複数の開口部78を通してキャビティ80内に進入し、そこで冷却空気70は、後縁壁84の内側壁114に衝突し、これによってインピンジメント冷却を提供する。

【0037】

キャビティ80は、後縁冷却回路116及びノズル32の内側側壁48を通して形成さ

50

れた流路 118 の少なくとも一方に流体連結されてもよい。後縁壁 84 の内側壁 114 に衝突した後、冷却空気 70 は、キャビティ 80 から流れていき、流路 118 を通ってダイアフラム 42 の内部キャビティ 104 内に進入してもよいし、かつ／又はキャビティ 80 から後縁冷却回路 116 へと流れていってもよい。流路 118 を通ってキャビティ 104 に進入する冷却空気 70 は、流路 102 を通ってキャビティ 104 に進入する冷却空気 70 と合流して、キャビティ 104 を加圧し（例えば、高温ガスがキャビティ 104 に侵入するのを防止するために）、かつ／又はノズル 32 の内側側壁 48 に冷却を提供する。

【0038】

更なる流路 120 を設けて、キャビティ 72 をタービンセクション 24（図 1）のホイールスペース 108 に流体連結してもよい。流路 120 は、例えば、ノズル 32 の内側側壁 48 及びダイアフラム 42 の側壁 122 を通って、キャビティ 72 からホイールスペース 108 まで延在してもよい。流路 120 を通って流れる冷却空気 70 は、ノズル 32 の内側側壁 48 及びダイアフラム 42 の側壁 122 に冷却を提供することができ、かつ／又は高温ガスがホイールスペース 108 に侵入するのを防止すべく、ホイールスペース 108 を加圧するために使用されてもよい。

【0039】

インピンジメントプレート 76 と前縁壁 82 及び後縁壁 84 の内側壁 112、114 との間に形成された支持梁 94 は、前縁壁 82 及び後縁壁 84 に対して構造的支持／構造的剛性を提供するものであり、その結果、ベーン 52 の前縁壁 82 及び後縁壁 84 を薄肉化することができる。さらに、支持梁 94 は、インピンジメントプレート 76 と前縁壁 82 及び後縁壁 84 の内側壁 112、114 との間の分離を維持し、かつ制御する。

【0040】

タービンノズルセグメント 46 に関して上述したが、本明細書に記載の実施形態の一部／すべてが、ガスタービンシステム 10 の他の構成要素にも同様に適用されてもよい。例えば、本明細書に記載の実施形態の一部／すべてが、タービンプレード 34、シュラウド 44、又はタービンシステム 10 の 1 つ又は複数の他の構成要素に適用されてもよい。

【0041】

本開示のノズルセグメント 46 の様々な構成要素及び特徴部は、積層造形プロセスを用いて形成されてもよい。有利には、積層造形により、よりカスタマイズ可能な特徴部（例えば、最適化された壁厚を有するベーン 52、輪郭追従インピンジメントプレート 76 などである）、及びより複雑な特徴部（例えば、支持梁 94 である）の設計や作製が可能になり、より良好な空気力学的効率及び高温効率が提供されることになる。さらに、積層造形を用いて、ノズルセグメント 46 のベーン 52 及びダイアフラム 42 内の様々な流路（例えば、流路 100、102、106、118、120 である）の寸法（例えば、直径、長さである）をカスタマイズ又は最適化することによって、流れ損失を低減し、かつ冷却効率を高めることができる。加えて、輪郭追従インピンジメントプレート 76 及び支持梁 94 などの特徴部は、ベーン 52 の当該壁と一体的に形成されてもよい。

【0042】

上述したように、ノズル 32 の動作寿命は、例えば、ベーン 52 の様々な部分（例えば、壁、インピンジメントプレートなどである）の厚さを選択的に変更することによって延長され得る。ベーン 52 の壁厚を最適化するプロセスのフロー図を、図 9 に示す。

【0043】

プロセス A1 で、ベーン 52 の様々な部分（例えば、正圧側壁 66、負圧側壁 68、前縁壁 82、後縁壁 84 などである）に対する予想作動圧力を測定する解析が実行される。当該解析は、例えば、ベーン 52 の設計、ベーン 52 の物理モデル、又はベーン 52 自体に対して実行されてもよい。プロセス A2 で、予想作動圧力に基づいてベーン 52 の 1 つ又は複数の壁の厚さを選択的に変更することによって、ベーン 52 の設計が修正される。ベーン 52 の壁厚をさらに最適化するために、ベーン 52 の最新設計（プロセス A3 での「はい」である）に対してプロセス A1 及び A2 が必要に応じて繰り返されてもよい。

【0044】

本明細書で使用する場合、積層造形は、従来のプロセスの場合のように材料を除去するのではなく、材料の連続層を形成することによって物体を作製する任意のプロセスを含んでいてもよい。積層造形では、あらゆる種類の成形用具、金型、又は固定具を使用することなく、かつ廃棄材料をほとんど又は全く発生させることなく、複雑な幾何学的形状を形成することができる。その多くが切り落とされて廃棄されることになるプラスチック製又は金属製の固体ビレットから構成要素を機械加工するのとは異なり、積層造形に使用される材料は、当該部品を成形するために必要となる材料のみである。積層造形プロセスは、三次元印刷、ラピッドプロトタイピング (rapid prototyping: RP)、ダイレクト・デジタル・マニファクチャリング (direct digital manufacturing: DDM)、バインダージェッティング、選択的レーザ溶融 (selective laser melting: SLM)、及び直接金属レーザ溶融 (direct metal laser melting: DMLM) を含んでもよいが、それらに限定されない。現行の設定では、DMLM又はSLMが好適であることが分かっている。

【0045】

積層造形プロセスの例を図示するために、図10は、物体902を作製するための、例示的なコンピュータ制御の積層造形システム900の概略図／ブロック図を示す。この例では、システム900は、DMLMを対象として構成されている。本開示の全体の教示が、他の形態の積層造形にも同様に適用可能であることが理解される。物体902は、ノズルセグメント46 (図3～図7) として図示されている。AMシステム900は概して、コンピュータによる積層造形 (additive manufacturing: AM) 制御システム904と、AMプリンタ906とを備える。AMシステム900は、後述するように、AMプリンタ906を使用して物体902を物理的に作製するために、物体902を定義するコンピュータ実行可能命令のセットを含むコード920を実行する。AMプロセスではそれぞれ、例えば微粒粉末、液体 (例えば、ポリマー)、シートなどの形態の様々な原材料を使用してもよく、これらの原材料のストックは、AMプリンタ906のチャンバ910内に保持されてもよい。この場合、ノズルセグメント46は、ガスタービンシステム10 (図1) の環境に持ちこたえることができるような金属又は金属化合物で作製されてもよい。図示のように、アプリケーション912では、AMプリンタ906のビルドプレート915上に無地の帆布として広げられた原材料914の薄層を作製することができ、この薄層から最終物体の各連続スライスが作製される。他の場合には、アプリケーション912は、例えば金属バインダーの噴射プロセスが用いられる場合に、コード920によって定義されるように、先行する層の上に次の層を直接塗布又は印刷することができる。図示の例では、コード920によって定義されるように、レーザ又は電子ビーム916が各スライスの粒子を溶融するが、急速に硬化する液体プラスチック／液体ポリマーが使用される場合には、このプロセスは必須とはならない場合がある。AMプリンタ906の様々な部分は、新たな層がそれぞれ追加された場合に対応すべく移動することができ、例えば、各層の処理後にビルドプラットフォーム918が降下してもよく、かつ又はチャンバ910及び／若しくはアプリケーション912が上昇してもよい。

【0046】

AM制御システム904は、コンピュータ・プログラム・コードとしてコンピュータ930上に実装されたものとして示されている。この点に関して、コンピュータ930は、メモリ932と、プロセッサ934と、入力／出力 (I/O) インターフェース936と、バス938とを含むものとして示されている。さらに、コンピュータ930は、外部I/Oデバイス／リソース940及び記憶システム942と通信するものとして示されている。通常、プロセッサ934は、本明細書に記載の物体902を表すコード920からの命令に基づいて、メモリ932及び／又は記憶システム942に記憶されたAM制御システム904などの、コンピュータ・プログラム・コードを実行する。コンピュータ・プログラム・コードの実行時に、プロセッサ934は、メモリ932、記憶システム942、I/Oデバイス940、及び／又はAMプリンタ906との間でデータを読み書きするこ

とができる。バス938は、コンピュータ930内の各構成要素間の通信リンクを提供し、またI/Oデバイス940は、ユーザがコンピュータ930と対話できるようにする任意のデバイス（例えば、キーボード、ポインティングデバイス、ディスプレイなどである）を含むことができる。コンピュータ930は、想定されるハードウェア及びソフトウェアの様々な組み合わせを表したものにすぎない。例えば、プロセッサ934は単一の演算処理ユニットを含んでいてもよく、あるいは、例えばクライアント及びサーバなどの1つ又は複数の場所における1つ又は複数の演算処理ユニットにわたって分散していてもよい。同様に、メモリ932及び／又は記憶システム942は、1つ又は複数の物理的な場所に存在していてもよい。メモリ932及び／又は記憶システム942は、磁気媒体、光学媒体、ランダム・アクセス・メモリ（RAM）、読出し専用メモリ（ROM）などを含む様々な形式の非一時的コンピュータ可読記憶媒体を任意に組み合わせたものを含むことができる。コンピュータ930は、ネットワークサーバ、デスクトップコンピュータ、ラップトップコンピュータ、携帯用機器、携帯電話、ポケットベル、携帯情報端末などの任意の形式のコンピューティングデバイスを含むことができる。

【0047】

積層造形プロセスは、非一時的コンピュータ可読記憶媒体（例えば、メモリ932、記憶システム942などである）が物体902を表すコード920を記憶することから始まる。例えば、コード920は、物体902の正確に定義された三次元モデルを含んでいてもよく、また、AutoCAD（登録商標）、TurboCAD（登録商標）、DesignCAD 3D Maxなどの多種多様な周知のコンピュータ支援設計（CAD）ソフトウェアシステムのいずれかから生成され得る。この点に関して、コード920は、既知又は今後開発される任意のファイル形式をとることができる。例えば、コード920は、三次元システムの光造形法CADプログラム用に生成された標準テッセレーション言語（Standard Tessellation Language: STL）、又は積層造形ファイル（additive manufacturing file: AMF）であってもよく、このAMFは、米国機械学会（American Society of Mechanical Engineers: ASME）の規格であり、任意のAMプリンタ上で作製されることになる任意の三次元物体の形状及び構成を、任意のCADソフトウェアが記述できるように設計された、拡張可能なマークアップ言語（extensible markup language: XML）ベースの形式である。必要に応じて、コード920は異なる形式間で変換され、データ信号のセットに変換され、次いでデータ信号のセットとして送受信され、その後コードに変換され、記憶されるなどしてもよい。コード920はシステム900への入力であってもよく、また、部品設計者、知的財産（IP）プロバイダ、設計会社、システム900のオペレータ又は所有者によるものであってもよく、あるいは他のソースを起源とするものであってもよい。いずれの場合でも、AM制御システム904は、コード920を実行して、物体902を連続した薄いスライスに分割し、その後AMプリンタ906を使用して、液体、粉末、シート、又は他の材料から成る連続した層で物体902を組み立てる。DMLMの例では、各層は、コード920によって定義された正確な幾何学的形状に溶融され、次いで先行する層と融合される。その後、物体902は、任意の様々な仕上げプロセス、例えば、再輪郭加工又は他の軽微な機械加工、シーリング、研磨などを行う、本明細書に記載の仕上げプロセスを受けてもよい。

【0048】

本明細書で使用する専門用語は、単に特定の実施形態について記載するためのものにすぎず、本開示を限定することを意図するものではない。本明細書で使用する場合、単数形「1つの(a)」、「1つの(an)」、及び「この(the)」は、特に明示しない限り、複数形も含むことを意図している。「備える(comprise)」及び／又は「備えている(comprising)」という用語は、本明細書で使用する場合、記載した特徴、整数、ステップ、動作、要素、及び／又は構成要素が存在することを明示するが、その一方で1つ若しくは複数の他の特徴、整数、ステップ、動作、要素、構成要素、及び／又はそれらの組が存在すること又は追加されることを除外するものではないことが、さ

らに理解されるであろう。

【 0 0 4 9 】

本明細書は、複数の例を用いて、最良の形態を含む本発明を開示するとともに、あらゆるデバイス又はシステムの作製及び使用並びにあらゆる組み込まれた方法の実行を含む本発明の実施が、いかなる当業者にとっても可能となるようにしている。本発明の特許可能な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を含んでいてもよい。このような他の例は、特許請求の範囲の文言との差がない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差がない等価の構造要素を含む場合、特許請求の範囲内にあることを意図している。

【符号の説明】

【 0 0 5 0 】

- 1 0 ガスタービンシステム
- 1 2 圧縮機セクション
- 1 4 流入空気
- 1 6 圧縮空気
- 1 8 燃焼器セクション
- 2 0 加圧燃料供給物
- 2 2 燃焼ガス
- 2 4 タービンセクション
- 2 6 シャフト
- 2 8 外部負荷
- 3 0 A 第1のタービン段
- 3 0 B 第2のタービン段
- 3 0 C 第3のタービン段
- 3 2 一体型ノズル
- 3 2 A ノズル
- 3 2 B ノズル
- 3 2 C ノズル
- 3 4 タービンプレード
- 3 4 A ブレード
- 3 4 B ブレード
- 3 4 C ブレード
- 3 6 ケーシング又はシェル
- 4 2 ダイアフラム
- 4 2 B ダイアフラム
- 4 2 C ダイアフラム
- 4 4 シュラウド
- 4 4 A タービンシュラウド
- 4 4 B タービンシュラウド
- 4 4 C タービンシュラウド
- 4 6 タービンノズルセグメント
- 4 8 内側側壁
- 5 0 外側側壁
- 5 2 ベーン
- 5 2 A ベーン
- 5 2 B ベーン
- 5 4 径方向外面
- 5 6 径方向内面
- 5 8 径方向内面
- 6 0 径方向外面

10

20

30

40

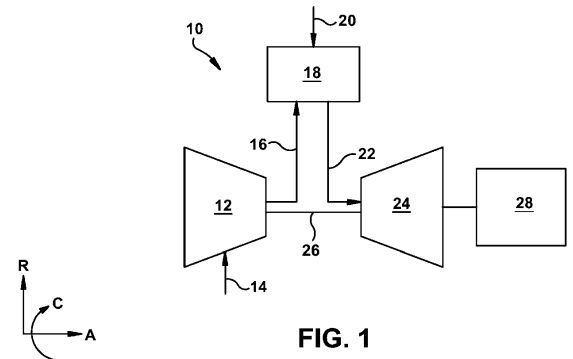
50

6 2	前縁	
6 4	後縁	
6 6	正圧側壁	
6 8	負圧側壁	
7 0	加圧冷却空気	
7 2	内部キャビティ	
7 6	輪郭追従インピンジメントプレート	
7 8	開口部	
8 0	インピンジメントキャビティ	
8 2	前縁壁	10
8 4	後縁壁	
8 6	径方向外側部	
8 8	径方向内側部	
9 0	内側壁	
9 2	内側壁	
9 4	支持梁	
9 6	径方向外側部、厚肉部	
9 8	径方向内側部	
1 0 0	流路	
1 0 2	流路	20
1 0 4	内部キャビティ	
1 0 6	流路	
1 0 8	ホイールスペース	
1 1 0	側壁	
1 1 2	内側壁	
1 1 4	内側壁	
1 1 6	後縁冷却回路	
1 1 8	流路	
1 2 0	流路	
1 2 2	側壁	30
9 0 0	積層造形システム、AMシステム	
9 0 2	物体	
9 0 4	AM制御システム	
9 0 6	AMプリンタ	
9 1 0	チャンバ	
9 1 2	アプリケーション	
9 1 4	原材料	
9 1 5	ビルドプレート	
9 1 6	電子ビーム	
9 1 8	ビルドプラットフォーム	40
9 2 0	コード	
9 3 0	コンピュータ	
9 3 2	メモリ	
9 3 4	プロセッサ	
9 3 6	入力／出力（I／O）インターフェース	
9 3 8	バス	
9 4 0	外部I／Oデバイス／リソース、I／Oデバイス	
9 4 2	記憶システム	
A	軸線	
A 1	プロセス	50

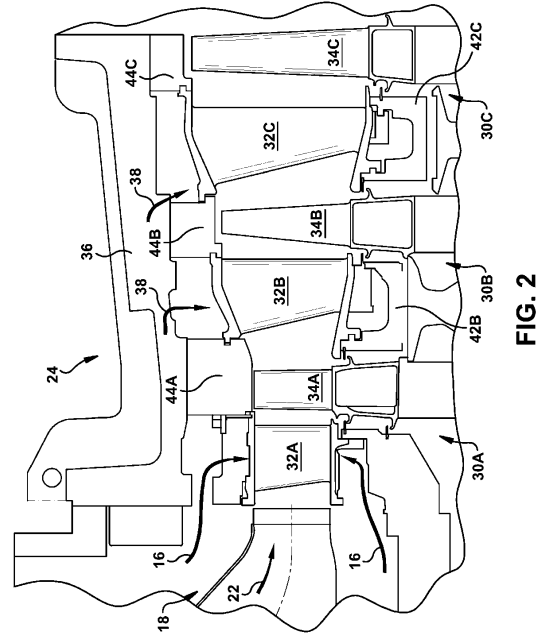
A 2 プロセス
A 3 プロセス
D 距離
TIP 厚さ
TW 厚さ

【図面】

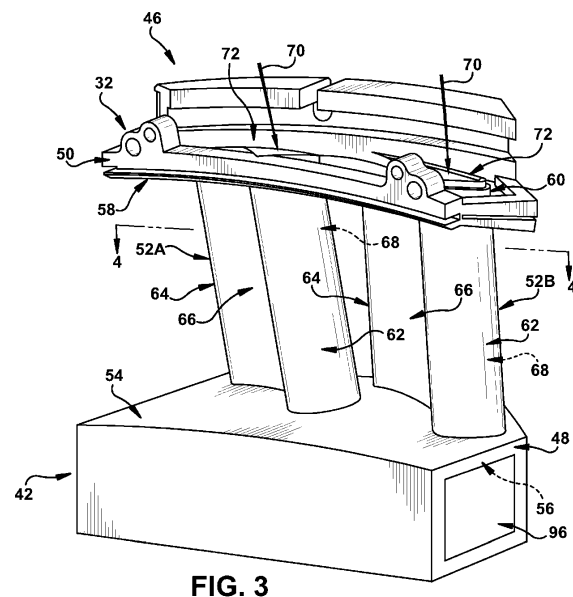
【図 1】



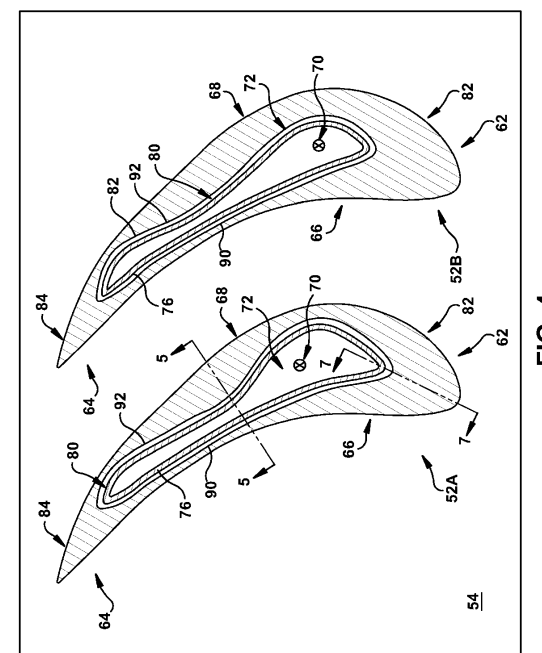
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【図 5】

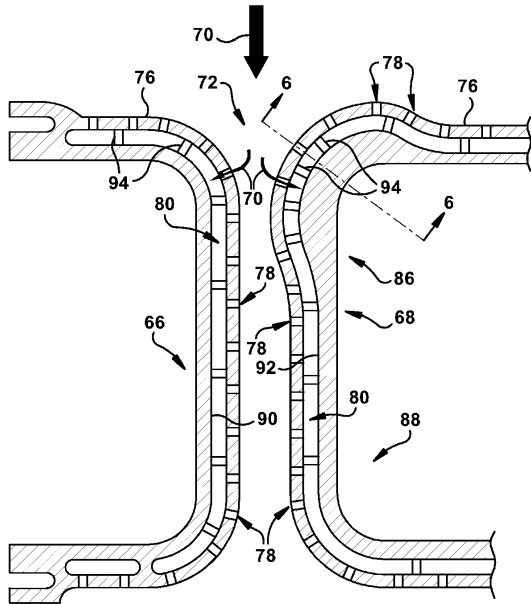


FIG. 5

【図 6】

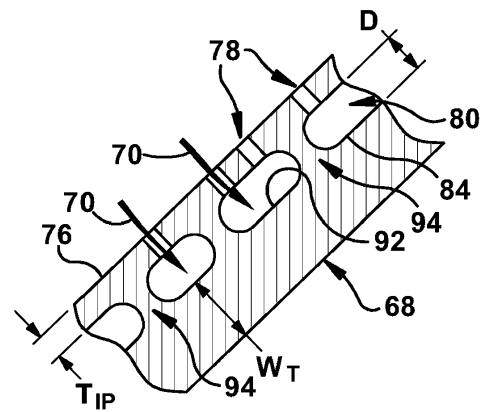


FIG. 6

【圖 7】

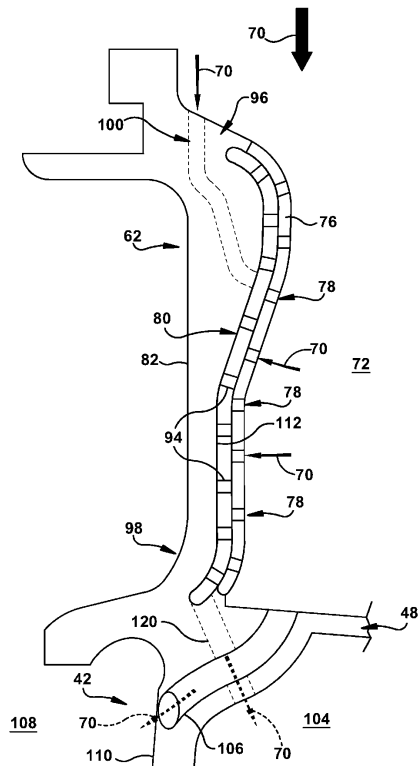


FIG. 7

【図 8】

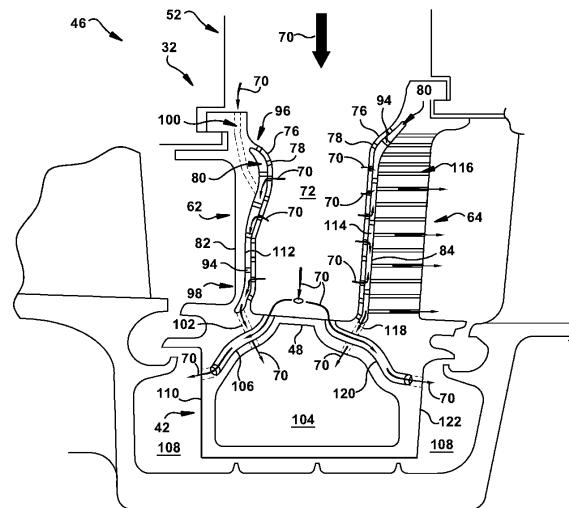


FIG. 8

【図 9】

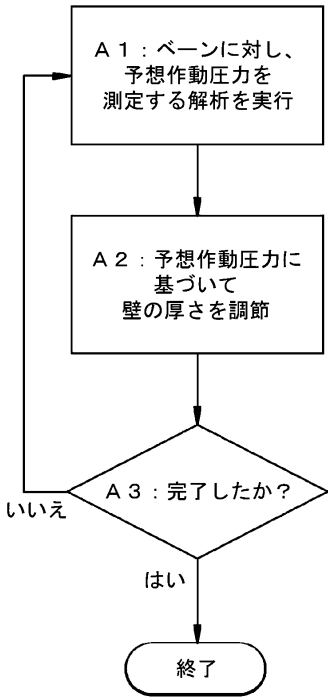


FIG. 9

【図 10】

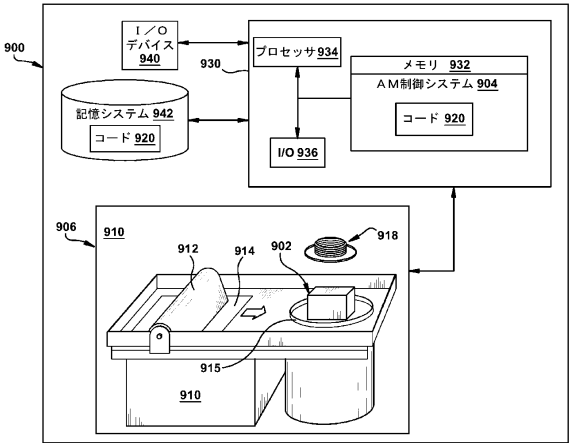


FIG. 10

10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (74)代理人 100151286
弁理士 澤木 亮一
- (72)発明者 ペッカー、トラヴィス ジェイ.
アメリカ合衆国 オハイオ州 45215 シンシナティ, ノイマン ウェイ 1
- (72)発明者 ヴァンタッセル、ブラッド ウィルソン
アメリカ合衆国 サウスカロライナ州 29615 グリーンビル, ガーリントン ロード 300
- (72)発明者 ゼミティス、ウィリアム スコット
アメリカ合衆国 サウスカロライナ州 29615 グリーンビル, ガーリントン ロード 300
- 審査官 松浦 久夫
- (56)参考文献 特開2001-227302 (JP, A)
米国特許出願公開第2014/0219788 (US, A1)
米国特許第06264428 (US, B1)
米国特許出願公開第2017/0204734 (US, A1)
米国特許出願公開第2017/0268345 (US, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
F01D 9/02
F01D 9/04
F01D 9/06
F02C 9/22
F01D 5/18