

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6204984号
(P6204984)

(45) 発行日 平成29年9月27日 (2017.9.27)

(24) 登録日 平成29年9月8日 (2017.9.8)

(51) Int. Cl.	F I
FO1D 11/04 (2006.01)	FO1D 11/04
FO2C 7/28 (2006.01)	FO2C 7/28 Z
FO1D 5/14 (2006.01)	FO1D 5/14
FO1D 9/02 (2006.01)	FO1D 9/02 1 O 1

請求項の数 13 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2015-525580 (P2015-525580)	(73) 特許権者	390041542
(86) (22) 出願日	平成25年8月1日 (2013.8.1)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
(65) 公表番号	特表2015-524896 (P2015-524896A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州 1 2 3
(43) 公表日	平成27年8月27日 (2015.8.27)		4 5、スケネクタデイ、リバーロード、1
(86) 国際出願番号	PCT/US2013/053142		番
(87) 国際公開番号	W02014/065916	(74) 代理人	100137545
(87) 国際公開日	平成26年5月1日 (2014.5.1)		弁理士 荒川 聡志
審査請求日	平成28年7月19日 (2016.7.19)	(74) 代理人	100105588
(31) 優先権主張番号	13/566, 189		弁理士 小倉 博
(32) 優先日	平成24年8月3日 (2012.8.3)	(74) 代理人	100129779
(33) 優先権主張国	米国 (US)		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】 タービンエンジン用シールに関するシステムおよび装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

燃焼タービンエンジン (100) のタービン (110、124) のシール (146) であって、前記シール (146) は、ロータブレード (126) とステータブレード (128) との間に規定されるトレンチキャビティ (150) 内に形成され、前記ステータブレード (128) は、前記ロータブレード (126) に向かって延びる側壁突起 (154) を含み、前記ロータブレード (126) は、前記ステータブレード (128) に向かって延びるエンジェルウィング突起 (152) を含み、前記側壁突起 (154) は、前記エンジェルウィング突起 (152) の上に張り出し、前記シール (146) は、

前記側壁突起 (154) の内側表面 (158) に配置されるポート (166) と、

前記エンジェルウィング突起 (152) の外側表面 (159) に配置される偏向構造 (168) と、を含み、

前記ポート (166) は、前記ポート (166) から放出される流体を前記偏向構造 (168) の方へ導くように構成され、

前記偏向構造 (168) は、前記ポート (166) から放出される前記流体を受け取り、前記トレンチキャビティ (150) の入口 (162) の方へ前記流体を偏向させるように構成され、

前記側壁突起 (154) は、前記エンジェルウィング突起 (152) に軸方向に重なり、

前記エンジェルウィング突起 (152) は、前記側壁突起 (154) の内側の位置を含

10

20

み、

前記流体は、冷却媒体を含み、

内側目標基準線（１７４）は、前記ポート（１６６）から始まり、かつ正確に前記内側方向に向けられた基準線を含み、

前記ポート（１６６）は、前記内側に照準された基準線（１７４）に対して０度より大きく２０度より小さい軸目標方向を含み、

前記ポート（１６６）は、前記内側に照準された基準線（１７４）に対して０度より大きく６０度より小さい円周目標方向を含む、

燃焼タービンエンジン（１００）のシール（１４６）。

【請求項２】

前記エンジェルウィング突起（１５２）は、軸方向に延びる剛体歯を含み、

前記偏向構造（１６８）は、前記エンジェルウィング突起（１５２）の遠位端部に向かって配置されるフック湾曲部分を含み、

前記フック湾曲部分は、軸方向および半径方向の両方に延びる凹状曲線を含み、

前記フック湾曲部分の延長部の半径方向成分は、外側方向を含み、

前記フック湾曲部分の前記延長部の軸方向成分は、前記ロータブレード（１２６）から離れる軸方向を含む、請求項１に記載の燃焼タービンエンジン（１００）のシール（１４６）。

【請求項３】

前記エンジェルウィング突起（１５２）は、軸方向に延びる剛体歯を含み、

前記偏向構造（１６８）は、前記エンジェルウィング突起（１５２）の遠位端部に配置される傾斜した直線部分を含み、

前記傾斜した直線部分は、軸方向および半径方向の両方に延びる直線部分を含み、

前記傾斜した直線部分の延長部の半径方向成分は、外側方向を含み、

前記傾斜した直線部分の前記延長部の軸方向成分は、前記ロータブレード（１２６）から離れる軸方向を含む、

請求項１または２に記載の燃焼タービンエンジン（１００）のシール（１４６）。

【請求項４】

前記内側目標基準線（１７４）に対して、前記ポート（１６６）の前記軸目標方向の正の角度は、前記ポート（１６６）が配置される前記ステータブレード（１２８）から離れて向けられる角度を含み、前記ポート（１６６）の前記軸目標方向の負の角度は、前記ポート（１６６）が配置される前記ステータブレード（１２８）の方へ向けられる角度を含み、

前記ポート（１６６）の前記軸目標方向は、正の角度を含み、

前記円周目標方向は、前記ロータブレード（１２６）の回転方向である、

請求項１乃至３のいずれかに記載の燃焼タービンエンジン（１００）のシール（１４６）。

【請求項５】

前記ポート（１６６）の前記軸目標方向は、前記内側目標基準線（１７４）と実質的に同じであり、

前記ポート（１６６）の前記円周目標方向は、前記内側目標基準線（１７４）と実質的に同じである、

請求項１乃至４のいずれかに記載の燃焼タービンエンジン（１００）のシール（１４６）。

【請求項６】

前記エンジェルウィング突起（１５２）は前記ロータブレード（１２６）の上流側又は下流側に配置され、前記ポート（１６６）は前記ステータブレード（１２８）の下流側又は上流側に配置される、請求項１乃至５のいずれかに記載の燃焼タービンエンジン（１００）のシール（１４６）。

【請求項７】

10

20

30

40

50

前記トレンチキャビティ(150)は、前記タービン(110、124)の回転部品と固定部品との間に円周方向に延びる軸方向ギャップを含み、

前記トレンチキャビティ(150)は、前記ロータブレード(126)の後縁と前記ステータブレード(128)の前縁との間に、および前記ステータブレード(128)の後縁と前記ロータブレード(126)の前縁との間に形成され、

前記トレンチキャビティ(150)の入口(162)は、前記トレンチキャビティ(150)が前記タービン(110、124)を通る主流路(171)と交差する点を含み、

前記ロータブレード(126)は、前記タービン(110、124)を通る主流路(171)にあって前記タービン(110、124)を流れる作動流体と相互作用するエアフォイル(130)と、前記ロータブレード(126)をロータホイール(134)に取り付けるための手段(132)と、前記エアフォイル(130)と前記取り付けるための手段(132)との間にあるシャンク(136)と、を含み、

前記タービンステータブレード(128)は、前記タービン(110、124)を通る前記主流路(171)にあって前記タービン(110、124)を流れる作動流体と相互作用するエアフォイル(140)と、前記エアフォイル(140)の半径方向内側にあって前記主流路(171)の内側境界を形成する内側側壁(142)と、前記内側側壁(142)の半径方向内側にあって1つまたは複数の回転する構成要素と共に第2のシールを形成するダイヤフラム(144)と、を含む、

請求項1乃至6のいずれかに記載の燃焼タービンエンジン(100)のシール(146)。

【請求項8】

前記タービンエンジン(100)は、少なくとも複数の動作条件を含み、

前記トレンチキャビティ(150)の軸方向の幅は、前記トレンチキャビティ(150)が第1の動作条件の間には狭い幅を含み、第2の動作条件の間には広い幅を含むように、前記タービンエンジン(100)が動作する前記動作条件に応じて変化し、

前記ポート(166)および前記エンジェルウィング突起(152)の前記偏向構造(168)は、前記トレンチキャビティ(150)が前記狭い幅を含む場合に、前記ポート(166)が前記エンジェルウィング突起(152)の前記偏向構造(168)の十分内側にあるように構成され、

前記ポート(166)および前記エンジェルウィング突起(152)の前記偏向構造(168)は、前記トレンチキャビティ(150)が前記広い幅を含む場合に、前記ポート(166)が前記エンジェルウィング突起(152)の前記偏向構造(168)のちょうど内側にあるように構成され、

前記タービンエンジン(100)は、予想定常状態動作条件を含み、

前記ポート(166)および前記偏向構造(168)は、前記予想定常状態動作条件の間に、前記ポート(166)および前記偏向構造(168)が好適な軸方向アライメントを含むように構成される、

請求項1乃至7のいずれかに記載の燃焼タービンエンジン(100)のシール(146)。

【請求項9】

前記好適な軸方向アライメントは、前記ポート(166)の軸方向位置が前記偏向構造(168)の軸方向範囲(181)内に収まるアライメントを含む、請求項8に記載の燃焼タービンエンジン(100)のシール(146)。

【請求項10】

前記好適な軸方向アライメントは、前記ポート(166)が前記偏向構造(168)に向けられるアライメントを含み、

前記ポート(166)の軸目標方向は、前記トレンチキャビティ(150)の前記入口(162)からホイールスペースキャビティ(156)へ流れる吸い込まれた作動流体の流れの方向と反対に傾斜する方向を含む、

請求項8または9に記載の燃焼タービンエンジン(100)のシール(146)。

【請求項 1 1】

前記ポート（１６６）は、前記ステータブレード（１２８）内に形成される内部冷却流路（１６４）と流体連通するように構成され、前記内部冷却流路（１６４）は、前記燃焼タービンエンジン（１００）の動作中に前記ステータブレード（１２８）を通る前記冷却媒体を循環させるように構成され、

前記ポート（１６６）および前記偏向構造（１６８）は、動作中に、前記偏向された流体が前記トレンチキャビティ（１５０）を通る作動流体の前記吸込みに抵抗するエアカーテンを前記トレンチキャビティ（１５０）内に形成するように構成される、
請求項 8 乃至 10 のいずれかに記載の燃焼タービンエンジン（１００）のシール（１４６）。

10

【請求項 1 2】

前記偏向構造（１６８）の遠端（１８５）は、動作中に、前記ポート（１６６）から出る前記流体の実質的に全てが前記偏向構造（１６８）の内側に向かうように、前記ポート（１６６）の近端（１８６）と軸方向にアライメントする位置を含む、請求項 8 乃至 11 のいずれかに記載の燃焼タービンエンジン（１００）のシール（１４６）。

【請求項 1 3】

前記エンジェルウィング突起（１５２）は、前記シャंक（１３６）の円周方向の幅に沿って延び、前記ポート（１６６）は、前記側壁の円周方向の幅に沿って離間される複数の分離したポート（１６６）または、前記側壁の円周方向の幅に沿って延びるスロットを含む、請求項 1 乃至 12 のいずれかに記載の燃焼タービンエンジン（１００）のシール（１４６）。

20

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【０００１】**

本出願は、一般的には、タービンエンジンの効率および／または動作を改善するシステムおよび／または装置に関し、それは、本明細書に用いられるように、さもなければ特に断らない限り、ガスタービンエンジン、航空機エンジン、蒸気タービンエンジン、およびその他を含む全てのタイプのタービンまたは回転式エンジンを含むことを意味する。より具体的には、限定はされないが、本出願は、タービンエンジン用の改良されたシールに関するシステムおよび装置に関する。

30

【背景技術】**【０００２】**

一般的には、ガスタービンエンジン（後述するように、本発明の例示的な応用を示すのに用いることができる）は、圧縮機、燃焼器、およびタービンを含む。圧縮機およびタービンは、一般的に、段に軸方向または円周方向にスタックされたブレードの列を含む。各段は、円周方向に間隔をおいて配置される固定されたステータブレードの列、および中心軸またはシャフトの周りを回転するロータブレードの列を含む。動作中、一般に、圧縮機ロータブレードは、シャフトの周りを回転し、ステータブレードと協働して空気流を圧縮する。圧縮空気の供給は、燃料供給を燃焼するために燃焼器において使用される。そして、燃焼により生じた高温膨張ガスの流れ、すなわち作動流体は、エンジンのタービン部を通して膨張する。タービンを通る作動流体の流れは、ロータブレードを回転させる。ロータブレードの回転によりシャフトが回転するように、ロータブレードは中心シャフトに接続される。このようにして、燃料に含まれるエネルギーは回転シャフトの機械エネルギーに変換され、例えば、圧縮機のロータブレードを回転させて燃焼のために必要な圧縮空気を供給するように、および発電機のコイルを回転させて電力を生成するように、用いることができる。

40

【０００３】

動作中、高温ガス経路の極端な温度のために、構成要素がそれらの動作または性能を損傷または劣化させる温度に到達しないように、細心の注意が払われる。当業者には理解さ

50

れるように、極端な温度に敏感な1つの領域は、高温ガス経路の半径方向内側のスペースである。この領域は、しばしばタービンの内部ホイールスペースまたはホイールスペースと呼ばれ、回転するロータブレードが取り付けられたいくつかのタービンホイールまたはロータを含む。ロータブレードは、高温ガス経路の極端な温度に耐えるように設計されているが、ロータはそうではないので、高温ガス経路の作動流体がホイールスペースに流入することを防止する必要がある。しかしながら、軸方向ギャップは、回転ブレードと周囲の固定部品との間に必ず存在するものであり、これらのギャップを通して作動流体がホイールスペースへのアクセスを獲得する。また、エンジンの暖機の仕方および熱膨張率の差のために、これらのギャップは、エンジンの動作方法に応じて拡張および縮小する。このようにサイズが変化するので、これらのギャップを適切にシールすることが困難になる。

10

【0004】

一般的には、これは、高温ガスの吸込みを回避するために、タービンホイールスペースをパージしなければならないことを意味する。パージするには、ホイールスペース内の圧力を作動流体の圧力よりも高いレベルに維持する必要がある。通常、これは、圧縮機から空気を抽出して、それをホイールスペースに直接送ることによって達成される。これが行われると、パージ空気の流出（すなわち、ホイールスペースから高温ガス経路へのパージ空気の流れ）が生成され、ギャップを通るこの流出が作動流体の流入を防止する。こうして、ホイールスペース内の構成要素を作動流体の極端な温度から保護する。

【0005】

しかしながら、パージシステムは、エンジンの製造コストおよびメンテナンスコストを増加させ、ホイールスペースキャピティ内の所望の圧力を維持する点ではしばしば不正確である。加えて、ホイールスペースのパージは高コストである。当業者には理解されるように、パージ流は、タービンエンジンの性能および効率に悪影響を及ぼす。すなわち、パージ空気のレベルが上昇すると、エンジンの出力および効率が低下する。したがって、パージ空気の使用は最小限に抑えるべきである。その結果、作動流体からギャップ/ホイールスペースキャピティをより良好にシールし、それによってホイールスペースの吸込みおよび/またはパージ空気の使用を減少させる改良されたシステムおよび/または装置に対するニーズがある。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

30

【0006】

【特許文献1】米国特許出願公開第2010/183426号明細書

【発明の概要】

【0007】

このように、本出願は、燃焼タービンエンジンのタービンのシールについて記載する。一実施形態では、シールは、ロータブレードとステータブレードとの間に規定されるトレンチキャピティ内に形成される。ステータブレードは、ロータブレードに向かって延びる側壁突起を含んでもよく、ロータブレードは、ステータブレードに向かって延びるエンジェルウィング突起を含んでもよい。側壁突起は、エンジェルウィング突起の上に張り出してもよい。シールは、ステータ突起の内側表面に配置されるポートと、エンジェルウィング突起の外側表面に配置される偏向構造をさらに含んでもよい。ポートは、ポートから放出される流体を偏向構造の方へ導くように構成されてもよい。偏向構造は、ポートから放出される流体を受け取り、トレンチキャピティの入口の方へ流体を偏向させるように構成されてもよい。

40

【0008】

本出願は、ロータブレードとステータブレードとの間に規定されるトレンチキャピティ内に形成されるシールを含む、燃焼タービンエンジンをさらに記載する。シールは、ステータ突起の内側表面に配置されるポートと、エンジェルウィング突起の外側表面に配置される偏向構造を含んでもよい。ポートは、ポートから放出される流体を内側方向へ、および偏向構造の方へ導くように構成されてもよい。偏向構造は、ポートから放出される流体

50

を受け取り、流体がさもなければトレンチキャビティの入口からホイールスペースキャビティへ流れる吸い込まれた作動流体の流れの方向に対向するように流体を偏向させるように構成されてもよい。

【 0 0 0 9 】

本出願のこれらのおよびその他の特徴は、図面および添付した特許請求の範囲と併せて、以下の好ましい実施形態の詳細な説明を検討することにより明らかになる。

【 0 0 1 0 】

本発明のこれらのおよびその他の特徴は、以下の添付の図面と併せて、本発明の例示的な実施形態についての以下のより詳細な説明を慎重に検討することによって、より完全に理解され認識されよう。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

【図 1】本出願の実施形態を用いることができる例示的なガスタービンエンジンの概略図である。

【図 2】図 1 のガスタービンエンジンの圧縮機の断面図である。

【図 3】図 1 のガスタービンエンジンのタービンの断面図である。

【図 4】従来の設計による例示的なタービンにおいて構成されるロータブレードおよびステータブレードのいくつかの列の内側半径方向部分の概略断面図である。

【図 5】本発明の例示的な実施形態によるトレンチキャビティおよびフローカーテン / エンジェルウィング突起アセンブリの断面図である。

【図 6】図 5 の線 6 - 6 に沿った断面図である。

【図 7】本発明の代替的な実施形態によるトレンチキャビティおよびフローカーテン / エンジェルウィング突起アセンブリの断面図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 2 】

図面を参照すると、図 1 は、ガスタービンエンジン 1 0 0 の概略図であり、本発明の例示的な応用を説明するために用いられる。本発明がこのタイプの使用に限定されないことは、当業者には理解されるであろう。述べたように、本発明は、発電および航空機で 사용되는エンジンなどの、ガスタービンエンジン、蒸気タービンエンジン、および他のタイプの回転式エンジンで用いることができる。一般に、ガスタービンエンジンは、圧縮空気

【 0 0 1 3 】

図 2 は、図 1 のガスタービンエンジンで用いることができる例示的な多段式軸流圧縮機 1 1 8 の図を示す。図示するように、圧縮機 1 1 8 は複数の段を含むことができる。各段は、圧縮機ロータブレード 1 2 0 の列と、その後続く圧縮機ステータブレード 1 2 2 の列と、を含むことができる。このように、第 1 段は、中心シャフトの周りに回転する圧縮機ロータブレード 1 2 0 の列を含むことができ、その後運転中に静止している圧縮機ステータブレード 1 2 2 の列を含むことができる。圧縮機ステータブレード 1 2 2 は、一般に、互いに円周方向に間隔をおいて配置され、かつ回転軸の周りに固定されている。圧縮機ロータブレード 1 2 0 は、円周方向に間隔をおいて配置され、かつシャフトに取り付けられており、シャフトが動作中に回転すると、圧縮機ロータブレード 1 2 0 はその周りを回転する。当業者には理解されるように、圧縮機ロータブレード 1 2 0 は、シャフトの周りを回転するときに、圧縮機 1 1 8 を通って流れる空気または流体に運動エネルギーを与えるように構成される。圧縮機 1 1 8 は、図 2 に示した段以外の他の段を有することができる。追加の段は、円周方向に間隔をおいて配置された複数の圧縮機ロータブレード 1 2 0 と、これに続く円周方向に間隔をおいて配置された複数の圧縮機ステータブレード 1 2

10

20

30

40

50

２と、を含むことができる。

【００１４】

図３は、図１のガスタービンエンジンで用いることができる例示的なタービン部すなわちタービン１２４の部分図を示す。タービン１２４もまた、複数の段を含むことができる。３つの例示的な段を示しているが、これより多くの段またはこれより少ない段がタービン１２４に存在してもよい。第１段は、動作中にシャフトの周りに回転する複数のタービンケットまたはタービンロータブレード１２６と、動作中に静止しているノズルまたはタービンステータブレード１２８と、を含む。タービンステータブレード１２８は、一般に、互いに円周方向に間隔をおいて配置され、かつ回転軸の周りに固定されている。タービンロータブレード１２６は、シャフト（図示せず）の周りで回転するために、タービンホイール（図示せず）に取り付けることができる。またタービン１２４の第２段も示してある。第２段も同様に、円周方向に間隔をおいて配置された複数のタービンステータブレード１２８と、これに続く円周方向に間隔をおいて配置された複数のタービンロータブレード１２６と、を含み、タービンロータブレード１２６もまた回転するためにタービンホイールに取り付けられている。また第３段も示してあり、同様に、複数のタービンステータブレード１２８およびロータブレード１２６を含む。タービンステータブレード１２８およびタービンロータブレード１２６はタービン１２４の高温ガス経路内にあることが理解されよう。高温ガス経路を通る高温ガスの流れの方向を矢印で示す。当業者には理解されるように、タービン１２４は、図３に示した段以外の他の段を有してもよい。追加の各段は、タービンステータブレード１２８の列と、これに続くタービンロータブレード１２

【００１５】

使用中、軸流圧縮機１１８内の圧縮機ロータブレード１２０の回転は、空気の流れを圧縮することができる。燃焼器１１２では、圧縮空気が燃料と混合され点火されて、エネルギーが放出される。この結果生じる燃焼器１１２からの高温ガスの流れは、作動流体と呼ばれ、次にタービンロータブレード１２６の上に導かれ、作動流体の流れによってタービンロータブレード１２６がシャフトの周りを回転する。それによって、作動流体の流れのエネルギーは、回転するブレードの機械的エネルギーに変換され、さらにロータブレードとシャフトとの間の接続により、回転するシャフトの機械的エネルギーに変換される。シャフトの機械的エネルギーは、次に圧縮機ロータブレード１２０の回転を駆動して必要な圧縮空気を供給することができ、また、例えば、発電機を駆動して電気を生成することもできる。

【００１６】

さらに先へ進む前に、本出願の発明を明確に伝えるために、タービンエンジンの特定の機械構成要素または部品を参照し記述する用語を選択する必要がある。可能な限り、業界で使用されている用語は、その受け入れられた意味と適合するように選択されて使用される。しかしながら、この用語は広義の意味が与えられ、本明細書で意図した意味および添付した特許請求の範囲が限定されるように狭義に解釈されないものとする。当業者は、多くの場合、特定の構成要素が複数の異なる名称で呼ばれることを理解するであろう。さらに、本明細書では単一の部品として記述し得るものが、別の文脈ではいくつかの構成部品を含み、いくつかの構成部品として参照されてもよいし、あるいは、本明細書では複数の構成部品を含むように記述され得るものが、場合によっては、単一の部品から作製され、単一の部品と呼ばれてもよい。このように、本明細書に記載された本発明の範囲の理解においては、提供された用語および説明だけでなく、構造、構成、機能、および／または構成要素の使用にも注意を払うべきである。

【００１７】

さらに、いくつかの記述上の用語を本明細書で使うことができる。これらの用語の意味は、以下の定義を含むものとする。用語「ロータブレード」は、さらなる特殊性はなく、圧縮機１１８またはタービン１２４のいずれかの回転するブレードを意味し、圧縮機ロータブレード１２０およびタービンロータブレード１２６を含む。用語「ステータブレ

ード」は、さらなる特殊性はなく、圧縮機 1 1 8 またはタービン 1 2 4 のいずれかの固定ブレードを意味し、圧縮機ステータブレード 1 2 2 およびタービンステータブレード 1 2 8 の両方を含む。「ブレード」という用語は、本明細書では両方のタイプのブレードを指すために使用される。このように、さらなる特殊性はなく、用語「ブレード」は全てのタイプのタービンエンジンブレードを含み、圧縮機ロータブレード 1 2 0、圧縮機ステータブレード 1 2 2、タービンロータブレード 1 2 6、およびタービンステータブレード 1 2 8 を含む。さらに、本明細書において、「下流」および「上流」とは、タービンを通る作動流体の流れに関する方向を示す用語である。すなわち、用語「下流」とは、流れの方向を意味し、用語「上流」とは、タービンを通る流れの反対の方向を意味する。これらの用語に関連して、「後方」および/または「後縁」という用語は、下流方向、下流端部、および/または説明される構成要素の下流端部の方向を指す。そして、「前方」または「前縁」という用語は、上流方向、上流端部、および/または説明される構成要素の上流端部の方向を指す。「半径方向」という用語は、軸に垂直な運動または位置を指す。軸に対して異なる半径方向位置にある部品を記述することがしばしば必要となる。この場合、第 1 の要素が第 2 の要素よりも軸の近くにあるならば、第 1 の要素は第 2 の要素の「内側」または「半径方向内側」にあると本明細書に記述することができる。一方、第 1 の要素が第 2 の要素よりも軸から遠くにあるならば、第 1 の要素は第 2 の要素の「外側」または「半径方向外側」にあると本明細書に記述することができる。「軸方向」という用語は、軸に平行な運動または位置を指す。また、「円周方向」という用語は、軸の周りの運動または位置を指す。

【0018】

再び図面を参照すると、図 4 は、従来の設計による例示的なタービンにおいて構成し得るブレードのいくつかの列の断面図を模式的に示す。当業者には理解されるように、図は、2 列のロータブレード 1 2 6 および 2 列のステータブレード 1 2 8 という半径方向内側の特徴を含んでいる。各ロータブレード 1 2 6 は、一般に、高温ガス経路にあってタービンの作動流体（その流れの方向を矢印 1 3 1 で示す）と相互作用するエアフォイル 1 3 0 と、ロータブレード 1 2 6 をロータホイール 1 3 4 に取り付けるダブテール 1 3 2 と、エアフォイル 1 3 0 とダブテール 1 3 2 との間にある通常シャंक 1 3 6 と呼ばれる部分と、を含む。本明細書において、シャंक 1 3 6 は、この場合はダブテール 1 3 2 およびエアフォイル 1 3 0 である取付手段の間にあるロータブレード 1 2 6 の一部分を指すものとする。各ステータブレード 1 2 8 は、一般に、高温ガス経路にあって作動流体と相互作用するエアフォイル 1 4 0 と、エアフォイル 1 4 0 の半径方向内側にある内側側壁 1 4 2 と、内側側壁 1 4 2 の半径方向内側にあるダイアフラム 1 4 4 と、を含む。通常は、内側側壁 1 4 2 は、エアフォイル 1 4 0 と一体であり、高温ガス経路の内側境界を形成する。ダイアフラム 1 4 4 は、通常、内側側壁 1 4 2 に取り付けられ（ただし、一体に形成されてもよい）、半径方向内向きに延びて、回転機械と共にシール 1 4 6 を形成する。

【0019】

軸方向ギャップは、高温ガス経路の半径方向内側縁部に沿って存在することが理解されよう。一般的に、これらのギャップは、本明細書では「トレンチキャビティ 1 5 0」と呼ぶが、回転部品（すなわち、ロータブレード 1 2 6）と固定部品（すなわち、ステータブレード 1 2 8）との間に空間を維持しなければならないという理由で存在する。エンジンの暖機の仕方、異なる負荷条件での動作、さらに、構成要素のいくつかの熱膨張係数が異なることに起因して、トレンチキャビティ 1 5 0 の幅（すなわち、ギャップの軸方向距離）は一般に変化する。すなわち、トレンチキャビティ 1 5 0 は、エンジンの動作方法に応じて拡張および縮小する。回転部品が固定部品と擦れ合うのは極めて望ましくないので、あらゆる動作条件においてトレンチキャビティ 1 5 0 の位置に少なくともいくつかの空間が維持されるようにエンジンを設計しなければならない。この結果、一般に、いくつかの運転条件では相対的に狭い開口を有し、他の運転条件では相対的に広い開口を有するトレンチキャビティ 1 5 0 が形成される。もちろん、より多くの作動流体をタービンホイールスペースに吸い込むので、相対的に広い開口を有するトレンチキャビティ 1 5 0 は望まし

くない。

【 0 0 2 0 】

一般に、回転部品が固定部品と接する、高温ガス経路の半径方向内側の境界に沿った各点に、トレンチキャビティ 1 5 0 が存在することが理解されよう。すなわち、図示するように、トレンチキャビティ 1 5 0 は、ロータブレード 1 2 6 の後縁とステータブレード 1 2 8 の前縁との間、およびステータブレード 1 2 8 の後縁とロータブレード 1 2 6 の前縁との間に形成される。通常、ロータブレード 1 2 6 については、シャンク 1 3 6 がトレンチキャビティ 1 5 0 の一方の縁部を規定し、ステータブレード 1 2 8 については、内側側壁 1 4 2 がトレンチキャビティ 1 5 0 の他方の縁部を規定する。しばしば、軸方向に突き出た突起をトレンチキャビティ 1 5 0 内に構成することができ、作動流体の吸込みを制限する蛇行した経路を提供する。図示するように、エンジェルウィング突起 1 5 2 は、ロータブレード 1 2 6 のシャンク 1 3 6 上に形成することができる。エンジェルウィング突起 1 5 2 の外側では、ステータブレード 1 2 8 の内側側壁 1 4 2 はロータブレード 1 2 6 に向かって突出し、それによってステータ突起 1 5 4 を形成することができる。一般に、エンジェルウィング 1 5 2 の内側では、トレンチキャビティ 1 5 0 はホイールスペースキャビティ 1 5 6 に移行すると考えられる。

10

【 0 0 2 1 】

上述したように、極端な温度によってトレンチキャビティ 1 5 0 およびホイールスペースキャビティ 1 5 6 内の構成部品が損傷するおそれがあるので、高温ガス流路の作動流体がこの領域内に入るのを防止することが望ましい。重なり合うエンジェルウィング 1 5 2 およびステータ突起 1 5 4 は、吸込みを制限するために形成される。しかしながら、トレンチキャビティ 1 5 0 の開口の変化する幅およびエンジェルウィング 1 5 2 / ステータ突起 1 5 4 によるシールの相対的な無効のため、キャビティが圧縮機から抽気した圧縮空気の相対的に高いレベルでパージされなければ、作動流体はホイールスペースキャビティ 1 5 6 内に規則的に吸い込まれるであろう。上述したように、パージ空気はエンジンの性能および効率に悪影響を及ぼすので、パージ空気の使用は最小限にすべきである。

20

【 0 0 2 2 】

図 5 および図 6 は、本発明の好ましい実施形態によるシールアセンブリを提供する。一般的に、シールはトレンチキャビティ 1 5 0 に形成され、前述のように、タービンの回転部品と固定部品との間の円周方向に延びる軸方向ギャップを含む。トレンチキャビティ 1 5 0 は、ロータブレード 1 2 6 の後縁とステータブレード 1 2 8 の前縁との間、ならびにステータブレード 1 2 8 の後縁とロータブレード 1 2 6 の前縁との間に形成することができる。本明細書において、トレンチキャビティ 1 5 0 の入口 1 6 2 は、トレンチキャビティ 1 5 0 がタービンを通る主流路 1 7 1 と交差する点を含む。ロータブレード 1 2 6 は、タービンを通る主流路にあって、それを通して流れる作動流体の流れと相互作用するエアfoil 1 3 0 を含む。ロータブレード 1 2 6 は、一般的に、それをロータホイール 1 3 4 に取り付けるダブテール 1 3 2 を含む。エアfoil 1 3 0 とダブテール 1 3 2 との間には、ロータブレード 1 2 6 は、通常、シャンク 1 3 6 を含む。タービンステータブレード 1 2 8 は、一般に、タービンを通る主流路にあって、それを通して流れる作動流体の流れと相互作用するエアfoil 1 4 0 と、エアfoil 1 4 0 の半径方向内側にあって、主流路の内側境界を形成する内側側壁 1 4 2 と、を含む。内側側壁 1 4 2 の半径方向内側で、ダイヤフラム 1 4 4 は、1 つまたは複数の回転構成要素と共に第 2 のシールを形成することができる。

30

40

【 0 0 2 3 】

図 5 および図 6 に示すように、本発明によるシールは、ロータブレード 1 2 6 とステータブレード 1 2 8 との間に規定されるトレンチキャビティ 1 5 0 内に形成される。好ましい実施形態では、ステータブレード 1 2 8 は、ロータブレード 1 2 6 に向かって延びるステータ突起 1 5 4 を含む。ステータ突起 1 5 4 は、ステータブレード 1 2 8 の内側側壁 1 4 2 に形成してもよい。さらに、ロータブレード 1 2 6 は、ステータブレード 1 2 8 に向かって延びるエンジェルウィング突起 1 5 2 を含むことができる。この構成では、図示す

50

るように、ステータ突起 154 は、エンジェルウィング突起 152 の上に張り出すものとして説明することができる。すなわち、ステータ突起 154 およびエンジェルウィング突起 152 は、軸方向に重なっていると言うことができる（すなわち、同じ軸方向位置を有する）。エンジェルウィング突起 152 は、図示するように、ステータ突起 154 の内側に位置している。シールの一部として、ポート 166 は、ステータ突起 154 の内側表面 158 上に配置することができ、偏向器すなわち偏向構造 168 は、エンジェルウィング突起 152 の外側表面 159 上に配置することができる。

【0024】

ポート 166 は、そこから放出される流体を偏向構造 168 の方へ導くように構成することができる。偏向構造 168 は、ポート 166 から放出される流体（流れの方向を示す矢印 172 によって表される）を受け取り、トレンチキャビティ 150 の入口 162 の方へ流体を偏向させるように構成されてもよい。ポート 166 によって放出される流体は冷却媒体であってもよく、通常は、圧縮機 118 から抽気した圧縮空気であってもよい。図示するように、ポート 166 は、ステータブレード 128 内に形成された内部冷却流路 164 と流体連通するよう構成することができる。これは、任意の従来の方法で達成することができる。内部冷却流路 164 は、燃焼タービンエンジンの動作中にステータブレード 128 を通る冷却媒体を循環させるように構成することができる。

【0025】

一般に、エンジェルウィング突起 152 は、軸方向に延びる剛体歯である。図 5 に示すように、特定の実施形態では、偏向構造 168 は、エンジェルウィング突起 152 の遠位端部に向かって配置されるフック湾曲部分を含む。フック湾曲部分は、軸方向および半径方向の両方に延びる凹状曲線を含む。図示するように、好ましい実施形態では、フック湾曲部分の延長部の半径方向成分は、外側方向である。フック湾曲部分の延長部の軸方向成分は、ロータブレード 126 から離れる軸方向にある。他の実施形態では、偏向構造 168 は、エンジェルウィング突起 152 の遠位端部に配置される傾斜した直線部分を含む。傾斜した直線部分は、軸方向および半径方向の両方に延びる直線部を含んでもよく、それはポート 166 に対して傾斜している。図示するように、好ましい実施形態では、傾斜した直線部分の延長部の半径方向成分は外側方向であり、傾斜した直線部分の延長部の軸方向成分は、ロータブレード 126 から離れる軸方向にある。

【0026】

図 6 に示すように、ポート 166 は、円周方向に傾斜してもよい。タービン軸の内側目標基準線（以下「内側に照準された基準線 174」）に対して、ポート 166 は、ロータブレードの回転方向と反対に、またはその方向に円周方向に傾斜してもよい。好ましい実施形態では、内側に照準された基準線 174 となす角 176 がロータブレードの回転方向（またはその反対方向）に向かう角度 60° とロータブレードの回転方向となす角度 60° との間にあるように、ポート 166 は円周方向に傾斜している（または円周目標方向を有する）。別の好ましい実施形態では、ポート 166 は、ロータブレードの回転方向に円周方向に傾斜し、理解されるように、それは空気力学的損失を減少させることができる。上述したように、いくつかの実施形態では、ポート 166 は、円周方向に傾斜せず、内側目標基準線 174 と実質的に同一な円周目標方向を有してもよい。

【0027】

図 7 に示すように、ポート 166 は、軸方向に傾斜してもよい。以上説明したように、内側に照準された基準線 174 は、図 7 に示すようにポート 166 から始まってタービンの軸線に向かって内側方向に正確に延びる基準線である。特定の実施形態では、ポート 166 は、内側に照準された基準線 174 に対して + / - 20° の範囲内で軸方向に傾斜する（または軸目標方向を有する）。他の好ましい実施形態では、ポート 166 は、内側に照準された基準線 174 に対して + / - 10° の範囲内で軸方向に傾斜する。上述したように、いくつかの実施形態では、ポート 166 は、軸方向に傾斜せず、内側目標基準線 174 と実質的に同一な軸目標方向を有してもよい。

【0028】

内側目標基準線 174 に対して、ポート 166 の軸方向傾斜の正の角度 177 は、ポート 166 が配置されるステータブレード 128 から離れて照準されるポート 166 を記述すると言うことができ、ポート 166 の軸方向傾斜の負の角度 177 は、ポート 166 が配置されるステータブレード 128 の方に照準されるポート 166 を記述すると言うことができる。いくつかの好ましい実施形態では、ポート 166 の軸目標方向は、図 7 に示すように、正の角度 177 を含む。特定の実施形態では、ポート 166 の軸目標方向は、トレンチキャビティ 150 の入口からホイールスペースキャビティへ流れる吸い込まれた作動流体の流れの方向と反対に傾斜する方向を含む（その一例を図 7 に示す）。より具体的には、特定の実施形態では、ポート 166 の軸目標方向は、 5° と 20° との間の正の角度である。ポート 166 は、軸方向および円周方向に傾斜してもよいし、一方向に傾斜してもよいし、あるいはどちらにも傾斜しなくてもよいことが理解されよう。

10

【0029】

図 5 に示すように、エンジェルウィング突起 152 は、ロータブレードの上流側に配置することができ、ポート 166 は、ステータブレードの下流側に配置することができる。あるいは、エンジェルウィング突起 152 は、ロータブレードの下流側に配置してもよく、ポート 166 は、ステータブレードの上流側に配置してもよい。

【0030】

当業者には理解されるように、燃焼タービンエンジンは、通常は、少なくとも複数の動作条件を有する。熱膨張/熱収縮に起因して、トレンチキャビティ 150 の軸方向幅は、通常、エンジンの動作条件に応じて変化する。例えば、エンジンの始動時など 1 つの動作モードでは、エンジンの温度が低いことがあり、トレンチキャビティ 150 の開口は最も狭くなり得る。エンジンが高負荷または高出力を運搬しているときなど別の動作モードでは、エンジンの温度が非常に高くなる可能性があり、トレンチキャビティ 150 の開口は最も広くなり得る。トレンチキャビティ 150 の幅の変化は、ポート 166 と偏向構造 168 との軸方向のアライメントも変化させることが理解されるであろう。特定の好ましい実施形態では、ポート 166 およびエンジェルウィング突起 152 の偏向構造 168 は、トレンチキャビティ 150 が最も狭い開口を有する場合には、ポート 166 がエンジェルウィング突起 152 の偏向構造 168 の十分内側にあり得るように、また、トレンチキャビティ 150 が最も広い開口を有している場合には、ポート 166 は、エンジェルウィング突起 152 の偏向構造 168 のちょうど内側にあり得るように、構成されてもよい。本明細書において、「内側」という用語は、動作中にポート 166 を出る流体が偏向構造 168 の内側にあるように（偏向構造 168 がポートからの流れを導くように構成される方向に対して）、偏向構造 168 の遠端 185 がポート 166 の近端 186 と軸方向にアライメントする状態を記述する。

20

30

【0031】

また燃焼タービンエンジンは、典型的なまたは予測される負荷レベルに一致する予想定常状態運転条件を含むことができる。このような場合、ポート 166 および偏向構造 168 は、予想定常状態運転条件の間、ポート 166 および偏向構造 168 が好ましい軸方向アライメントを有するように構成することができる。図 5 および図 6 に示すように、本出願の特定の実施形態では、好ましい軸方向アライメントは、ポート 166 の軸方向位置が、偏向構造 168 の軸方向範囲 181（すなわち、偏向構造 168 によって覆われる軸方向位置の範囲）内にあるアライメントを含む。他の実施形態では、好ましい軸方向のアライメントは、ポート 166 が偏向構造 168 に向けられるアライメントを含む。

40

【0032】

特定の実施形態では、エンジェルウィング突起 152 の長手軸は、円周方向にアライメントされ、シャंकの円周方向の幅に沿って連続的に延びる。特定の実施形態では、ポート 166 は、側壁の円周方向の幅に沿って離間される複数の分離したポート 166 を含んでもよい。他の実施形態では、ポート 166 は、内側側壁 142 の円周方向の幅に沿って連続的に延びるスロットを含む。

【0033】

50

動作中に、ポート 1 6 6 および偏向構造 1 6 8 は、偏向された流体がトレンチキャビティ 1 5 0 を通る作動流体の吸込みに抵抗するエアカーテンをトレンチキャビティ 1 5 0 内に形成するように構成されてもよい。このような流れパターンを、図 5 の流れ矢印 1 7 1、1 7 2 で示す。

【 0 0 3 4 】

当業者には理解されるように、いくつかの例示的な実施形態に関して上述した多くの様々な特徴および構成は、本発明の他の可能な実施形態を形成するためにさらに選択的に適用することができる。簡潔にするため、および当業者の能力を考慮に入れるために、可能な繰り返しの各々については本明細書で詳細に説明しないが、以下のいくつかの請求項に包含される全ての組み合わせおよび可能な実施形態は本出願の一部であることが意図されている。さらに、本発明のいくつかの例示的な実施形態の上記の説明から、当業者は、改良、変更、および変形を認識するであろう。また当業者の範囲内のこのような改良、変更、および変形は、添付した特許請求の範囲に含まれることを意図している。さらに、前述の記載は本発明の記載された実施形態のみに関係しており、以下の特許請求の範囲およびその均等物によって定義される本発明の趣旨および範囲から逸脱することなく、多くの変更および変形が可能であることは明らかである。

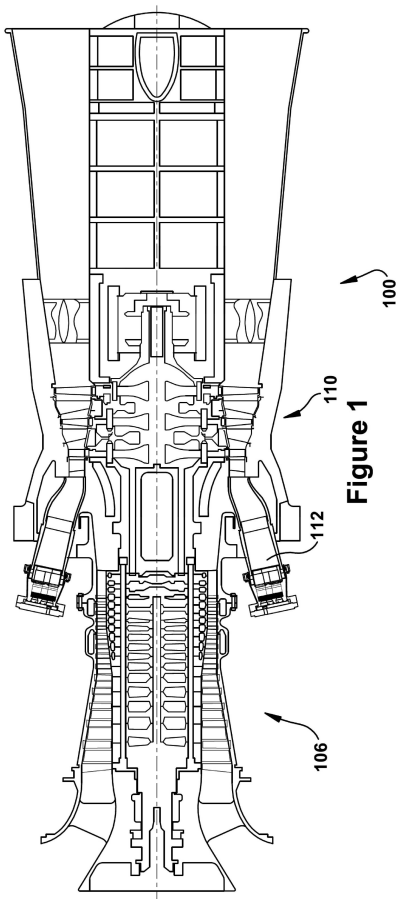
【 符号の説明 】

【 0 0 3 5 】

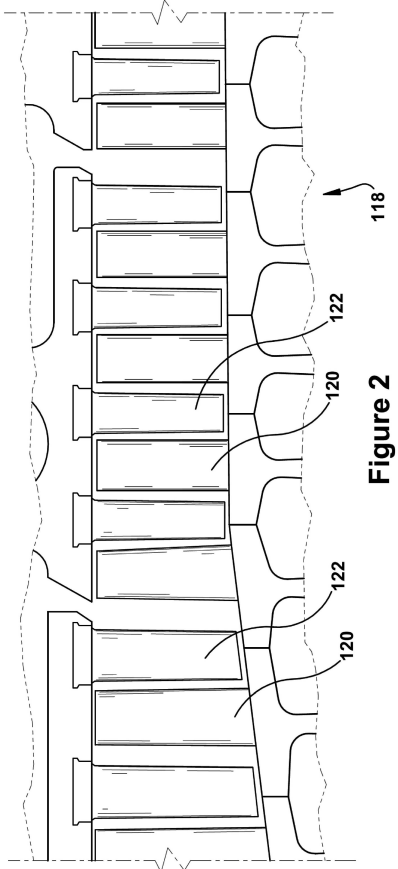
1 0 0	ガスタービンエンジン	
1 0 6	軸流圧縮機	20
1 1 0	タービン	
1 1 2	燃焼器	
1 1 8	多段式軸流圧縮機	
1 2 0	圧縮機ロータブレード	
1 2 2	圧縮機ステータブレード	
1 2 4	タービン	
1 2 6	タービンロータブレード	
1 2 8	タービンステータブレード	
1 3 0	エアフォイル	
1 3 2	ダブテール	30
1 3 4	ロータホイール	
1 3 6	シャンク	
1 4 0	エアフォイル	
1 4 2	内側側壁	
1 4 4	ダイアフラム	
1 4 6	シール	
1 5 0	トレンチキャビティ	
1 5 2	エンジェルウィング突起	
1 5 4	ステータ突起	
1 5 6	ホイールスペースキャビティ	40
1 5 8	内側表面	
1 5 9	外側表面	
1 6 2	入口	
1 6 4	内部冷却流路	
1 6 6	ポート	
1 6 8	偏向構造	
1 7 1	流れ矢印 / 主流路	
1 7 2	流れ矢印	
1 7 4	内側目標基準線 / 内側に照準された基準線	
1 7 6	角	50

- 1 7 7 正の角度 / 負の角度
- 1 8 1 軸方向範囲
- 1 8 5 遠端
- 1 8 6 近端

【 図 1 】



【 図 2 】



【図 3】

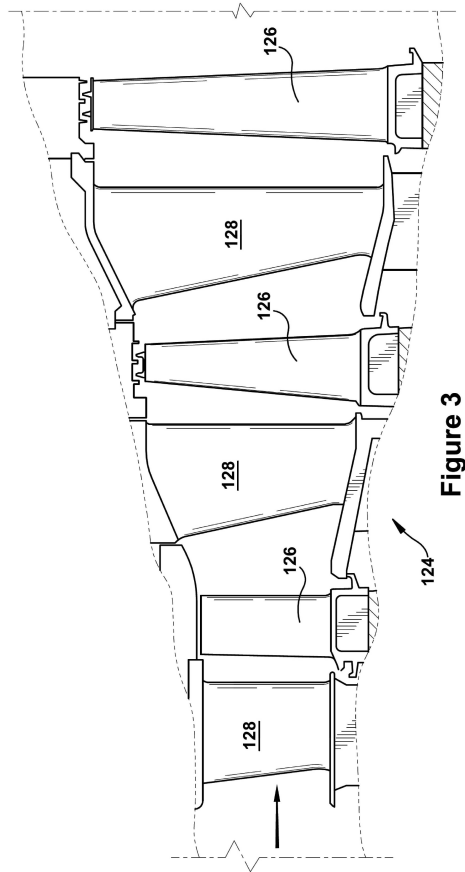


Figure 3

【図 4】

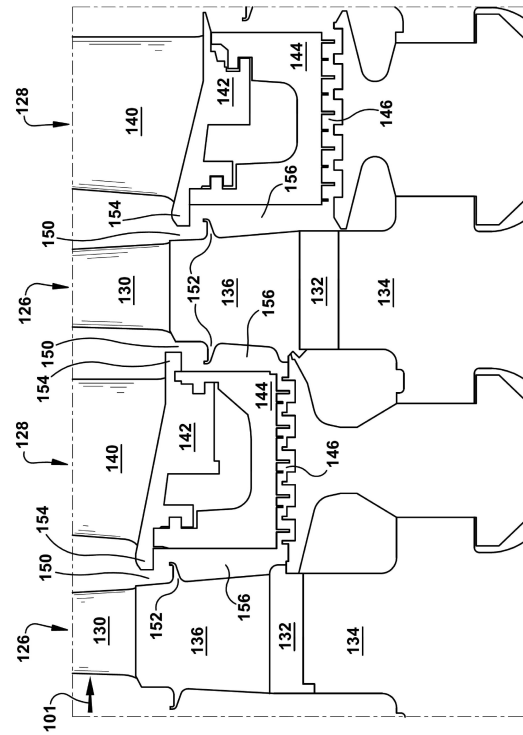


Figure 4

【図 5】

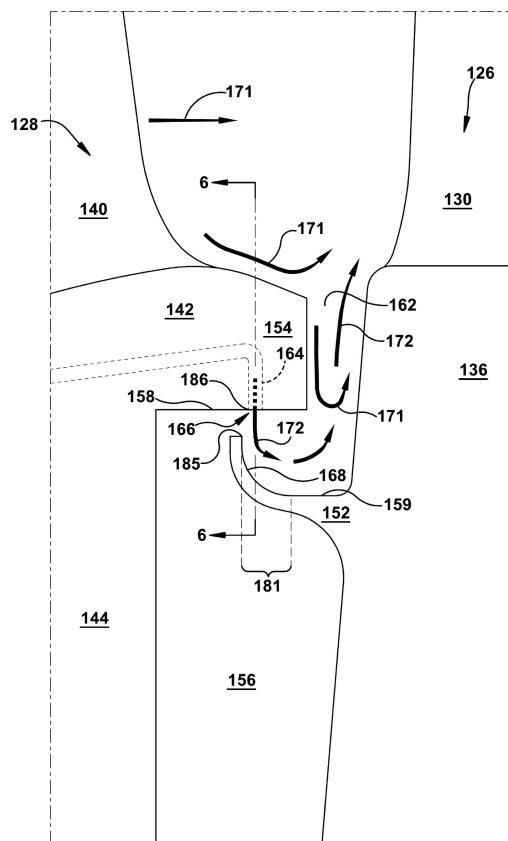


Figure 5

【図 6】

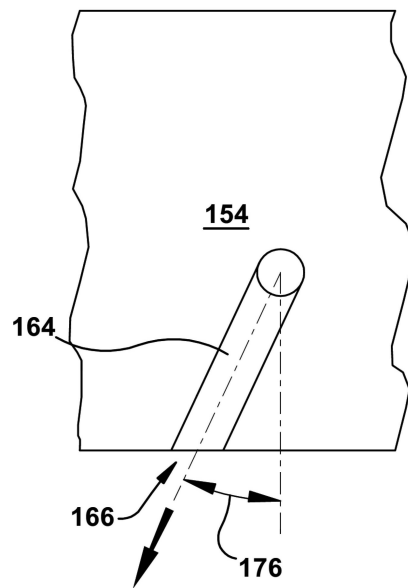


Figure 6

【 図 7 】

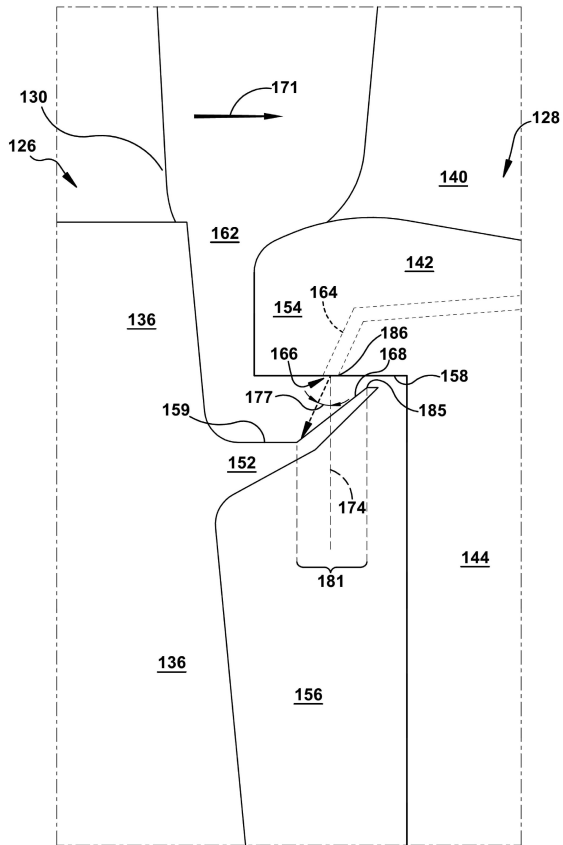


Figure 7

フロントページの続き

- (72)発明者 ポーター, クリストファー・ドナルド
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・29615、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、
300番
- (72)発明者 イゼエル, ゲリー・マイケル
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・29615、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、
300番

審査官 佐藤 健一

- (56)参考文献 特開平10-184312(JP, A)
特開2002-201906(JP, A)
特開2005-146858(JP, A)
実開昭60-077738(JP, U)
特開2010-001840(JP, A)
特開平07-259505(JP, A)
特開2007-085340(JP, A)
米国特許出願公開第2002/0159880(US, A1)
実開昭60-088002(JP, U)
特開2010-242762(JP, A)
特開2011-012682(JP, A)
特開2012-107620(JP, A)
特開2010-077869(JP, A)
米国特許第08066473(US, B1)
米国特許出願公開第2009/0010751(US, A1)
特開平11-022413(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F01D 5/00-32
F01D 9/00-06
F01D 11/00-24
F02C 7/28
DWPI(Derwent Innovation)