

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6145157号
(P6145157)

(45) 発行日 平成29年6月7日 (2017.6.7)

(24) 登録日 平成29年5月19日 (2017.5.19)

(51) Int.Cl.

F I

FO1D 5/18 (2006.01)

FO1D 9/02 (2006.01)

FO2C 7/18 (2006.01)

FO1D 5/18

FO1D 9/02 1 O 2

FO2C 7/18 A

請求項の数 20 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2015-504625 (P2015-504625)	(73) 特許権者	390041542
(86) (22) 出願日	平成25年3月27日 (2013.3.27)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(65) 公表番号	特表2015-512494 (P2015-512494A)		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4月27日 (2015.4.27)		4 5、スケネクタデイ、リバーロード、1
(86) 国際出願番号	PCT/US2013/033993		番
(87) 国際公開番号	W02014/011253	(74) 代理人	100137545
(87) 国際公開日	平成26年1月16日 (2014.1.16)		弁理士 荒川 聡志
審査請求日	平成26年10月1日 (2014.10.1)	(74) 代理人	100105588
(31) 優先権主張番号	13/438,296		弁理士 小倉 博
(32) 優先日	平成24年4月3日 (2012.4.3)	(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】 タービン翼の後縁冷却スロット

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ガスタービンエンジンのタービンの翼（12）であって、
幅方向に離して配置され、翼の付け根（34）から翼の先端（36）まで翼長（S）に沿って外側に延びている圧力側および吸い込み側の側壁（42、44）であって、反対向きの前縁（LE）および後縁（TE）の間を翼弦方向（C）に延びている圧力側および吸い込み側の側壁（42、44）と、
前記翼（12）において前記圧力側および吸い込み側の側壁（42、44）の間に囲まれており、実質的に前記後縁（TE）まで翼弦方向に延びている翼長方向に間隔を空けつつ並べられた対応する後縁冷却スロット（66）にて終わっている翼長方向に間隔を空けつつ並べられた後縁冷却孔（30）の翼長方向の列（38）であって、各々が前記後縁冷却スロット（66）に続く翼長方向の寸法の末広がり部（102）を備える後縁冷却孔（30）の翼長方向の列（38）と、
前記後縁冷却孔（30）の各々に配置され、前記末広がり部（102）の少なくとも一部分において下流に延び、前記後縁冷却孔（30）の翼長方向の中央に配置されているプラグ（110）と、
前記プラグ（110）のプラグ底部（112）から立ち上がるプラグドーム（114）と、
前記プラグ（110）と前記後縁冷却孔（30）との間の流れの断面（74）とを備え、

前記プラグ底部（１１２）は、前記吸い込み側の側壁（４４）の側壁表面（４０）に沿って延びており、

前記流れの断面（７４）が、前記後縁冷却孔（３０）の孔断面積（ＡＨ）と前記プラグ（１１０）のプラグ断面積（ＡＰ）との間の差に等しい流れの断面積（ＡＦ）を有し、前記末広がり部（１０２）における前記流れの断面積（ＡＦ）が、下流方向に増加しており、

前記プラグ（１１０）と前記後縁冷却孔（３０）との間の前記流れの断面（７４）が、２つの丸みを帯びたローブ（１２０）を該ローブの幅より狭い幅の矩形の中央部（１２４）の末端（１２２）に有し、

前記流れの断面（７４）の高さ（Ｈ）が、前記末広がり部（１０２）の全長を通して増加しており、 10

前記ローブ（１２０）が、前記末広がり部（１０２）の前記圧力側および吸い込み側のそれぞれの側壁（４２、４４）の側壁表面（３９、４０）の間を延びており、

前記ローブ（１２０）が、前記末広がり部（１０２）における前記圧力側および吸い込み側の側壁の表面（３９、４０）の間の前記末広がり部（１０２）の幅（Ｗ）に等しい最大幅（ＭＷ）を有する翼（１２）。

【請求項２】

前記プラグ（１１０）が、前記翼の幅方向および翼長方向から見たときに丸みを帯びて見える上流側および下流側のドーム端部（１１６、１１８）を備える請求項１に記載の翼（１２）。 20

【請求項３】

前記後縁冷却スロット（６６）のうちの翼長方向において隣り合う後縁冷却スロット（６６）の間に配置されたランド（５０）と、前記ランド（５０）の間の前記後縁冷却スロット（６６）のスロット底部（５１）とをさらに備える請求項１又は２に記載の翼（１２）。

【請求項４】

前記ランド（５０）が、前記冷却スロット（６６）の各々の周囲の前記圧力側の側壁（４２）の外表面（４３）と同一平面に位置し、すなわち面一である請求項３に記載の翼（１２）。 30

【請求項５】

前記後縁冷却孔（３０）の前記末広がり部（１０２）から前記スロット底部（５１）を過ぎて実質的に前記後縁（ＴＥ）まで翼弦方向または下流方向に延びているデッキ（１３０）

をさらに備え、

前記デッキ（１３０）は、前記スロット底部（５１）のうちの最も下側のスロット底部（１３２）から前記スロット底部（５１）のうちの最も上側のスロット底部（１３４）まで翼長方向または径方向外側に延びており、

上側および下側のデッキ側壁（１３６、１３８）が、前記デッキ（１３０）から前記圧力側の側壁（４２）の前記外表面（４３）に延び、前記デッキ（１３０）を翼長方向について境界付けている請求項４に記載の翼（１２）。 40

【請求項６】

前記プラグ（１１０）が、前記後縁冷却スロット（６６）の少なくとも一部分をさらに延びている請求項１乃至５のいずれか１項に記載の翼（１２）。

【請求項７】

ガスタービンエンジンのタービンの翼（１２）であって、

幅方向に離して配置され、翼の付け根（３４）から翼の先端（３６）まで翼長（Ｓ）に沿って外側に延びている圧力側および吸い込み側の側壁（４２、４４）であって、反対向きの前縁（ＬＥ）および後縁（ＴＥ）の間を翼弦方向（Ｃ）に延びている圧力側および吸い込み側の側壁（４２、４４）と、 50

・前記翼（１２）において前記圧力側および吸い込み側の側壁（４２、４４）の間に囲まれており、実質的に前記後縁（ＴＥ）まで翼弦方向に延びている翼長方向に間隔を空けつつ並べられた対応する後縁冷却スロット（６６）にて終わっている翼長方向に間隔を空けつつ並べられた後縁冷却孔（３０）の翼長方向の列（３８）であって、各々が、下流に向かう直列な冷却の流れの関係にて、入り口（７０）と、一定の面積および一定の幅の流れの断面（７４）を持つ計量部（１００）と、前記後縁冷却スロット（６６）に続いている翼長方向の寸法の末広がり部（１０２）とを備える後縁冷却孔（３０）の翼長方向の列（３８）と、

・前記後縁冷却孔（３０）の各々に配置され、前記末広がり部（１０２）の少なくとも一部分において下流に延び、前記後縁冷却孔（３０）の翼長方向の中央に配置されているプラグ（１１０）と、
前記プラグ（１１０）のプラグ底部（１１２）から立ち上がるプラグドーム（１１４）と、

10

前記プラグ（１１０）と前記後縁冷却孔（３０）との間の流れの断面（７４）とを備え、

前記プラグ底部（１１２）は、前記吸い込み側の側壁（４４）の側壁表面（４０）に沿って延びており、

前記流れの断面（７４）が、前記後縁冷却孔（３０）の孔断面積（ＡＨ）と前記プラグ（１１０）のプラグ断面積（ＡＰ）との間の差に等しい流れの断面積（ＡＦ）を有し、

前記末広がり部（１０２）における前記流れの断面積（ＡＦ）が、下流方向に増加しており、

20

前記プラグ（１１０）と前記後縁冷却孔（３０）との間の前記流れの断面（７４）が、２つの丸みを帯びたローブ（１２０）を該ローブの幅より狭い幅の矩形の中央部（１２４）の末端（１２２）に有し、

前記流れの断面（７４）の高さ（Ｈ）が、前記末広がり部（１０２）の全長を通して増加しており、

前記ローブ（１２０）が、前記末広がり部（１０２）の前記圧力側および吸い込み側のそれぞれの側壁（４２、４４）の側壁表面（３９、４０）の間を延びており、

前記ローブ（１２０）が、前記末広がり部（１０２）における前記圧力側および吸い込み側の側壁の表面（３９、４０）の間の前記末広がり部（１０２）の幅（Ｗ）に等しい最大幅（ＭＷ）を有する翼（１２）。

30

【請求項 ８】

前記プラグ（１１０）が、前記翼の幅方向および翼長方向から見たときに丸みを帯びて見える上流側および下流側のドーム端部（１１６、１１８）を備える請求項 ７ に記載の翼（１２）。

【請求項 ９】

前記後縁冷却スロット（６６）のうちの翼長方向において隣り合う後縁冷却スロット（６６）の間に配置されたランド（５０）と、前記ランド（５０）の間の前記後縁冷却スロット（６６）のスロット底部（５１）とをさらに備える請求項 ７ 又は ８ に記載の翼（１２）。

40

【請求項 １０】

前記ランド（５０）が、前記冷却スロット（６６）の各々の周囲の前記圧力側の側壁（４２）の外表面（４３）と同一平面に位置し、すなわち面一である請求項 ９ に記載の翼（１２）。

【請求項 １１】

前記後縁冷却孔（３０）の前記末広がり部（１０２）から前記スロット底部（５１）を過ぎて実質的に前記後縁（ＴＥ）まで翼弦方向または下流方向に延びているデッキ（１３０）

をさらに備え、

50

前記デッキ（１３０）は、前記スロット底部（５１）のうちの最も下側のスロット底部（１３２）から前記スロット底部（５１）のうちの最も上側のスロット底部（１３４）まで翼長方向または径方向外側に延びており、

上側および下側のデッキ側壁（１３６、１３８）が、前記デッキ（１３０）から前記圧力側の側壁（４２）の前記外面（４３）に延び、前記デッキ（１３０）を翼長方向について境界付けている請求項１０に記載の翼（１２）。

【請求項１２】

ガスタービンエンジンのタービンの翼（１２）であって、

幅方向に離して配置され、翼の付け根（３４）から翼の先端（３６）まで翼長（Ｓ）に沿って外側に延びている圧力側および吸い込み側の側壁（４２、４４）であって、反対向きの前縁（ＬＥ）および後縁（ＴＥ）の間を翼弦方向（Ｃ）に延びている圧力側および吸い込み側の側壁（４２、４４）と、

・前記翼（１２）において前記圧力側および吸い込み側の側壁（４２、４４）の間に囲まれており、実質的に前記後縁（ＴＥ）まで翼弦方向に延びている翼長方向に間隔を空けつつ並べられた対応する後縁冷却スロット（６６）にて終わっている翼長方向に間隔を空けつつ並べられた後縁冷却孔（３０）の翼長方向の列（３８）であって、各々が、下流に向かう直列な冷却の流れの関係にて、入り口（７０）と、一定の面積および一定の幅の流れの断面（７４）を持つ計量部（１００）と、前記後縁冷却スロット（６６）に続いている翼長方向の寸法の末広がり部（１０２）とを備える後縁冷却孔（３０）の翼長方向の列（３８）と、

・前記後縁冷却孔（３０）の各々に配置され、前記末広がり部（１０２）の少なくとも一部分において下流に延び、前記後縁冷却孔（３０）の翼長方向の中央に配置されているプラグ（１１０）と、

前記プラグ（１１０）のプラグ底部（１１２）から立ち上がるプラグドーム（１１４）とを備え、

前記後縁冷却孔（３０）が、前記後縁冷却孔（３０）の全体にわたって孔幅（Ｗ）よりも実質的に大きい翼長方向の高さ（Ｈ）を有し、

前記圧力側および吸い込み側のそれぞれの側壁（４２、４４）の側壁表面（３９、４０）が、前記後縁冷却孔（３０）内に位置し、

前記圧力側の側壁の側壁表面（３９）が、前記計量部（１００）および前記末広がり部（１０２）の全体にわたって平面状であり、

前記プラグ底部（１１２）は、前記吸い込み側の側壁（４４）の側壁表面（４０）に沿って延びており、

流れの断面（７４）が、前記プラグ（１１０）と前記後縁冷却孔（３０）との間に位置し、

前記流れの断面（７４）が、前記後縁冷却孔（３０）の孔断面積（ＡＨ）と前記プラグ（１１０）のプラグ断面積（ＡＰ）との間の差に等しい流れの断面積（ＡＦ）を有し、

前記末広がり部（１０２）における前記流れの断面積（ＡＦ）が、下流方向に増加しており、

前記プラグ（１１０）と前記後縁冷却孔（３０）との間の前記流れの断面（７４）が、２つの丸みを帯びたローブ（１２０）を該ローブの幅より狭い幅の矩形の中央部（１２４）の末端（１２２）に有し、

前記流れの断面（７４）の高さ（Ｈ）が、前記末広がり部（１０２）の全長を通して増加しており、

前記ローブ（１２０）が、前記末広がり部（１０２）の前記圧力側および吸い込み側のそれぞれの側壁（４２、４４）の側壁表面（３９、４０）の間を延びており、

前記ローブ（１２０）が、前記末広がり部（１０２）における前記圧力側および吸い込み側の側壁の表面（３９、４０）の間の前記末広がり部（１０２）の幅（Ｗ）に等しい最大幅（ＭＷ）を有する

10

20

30

40

50

翼（１２）。

【請求項１３】

前記後縁冷却スロット（６６）のうちの翼長方向において隣り合う後縁冷却スロット（６６）の間に配置されたランド（５０）と、前記ランド（５０）の間の前記後縁冷却スロット（６６）のスロット底部（５１）とをさらに備える請求項１２に記載の翼（１２）。

【請求項１４】

前記ランド（５０）が、前記冷却スロット（６６）の各々の周囲の前記圧力側の側壁（４２）の外面（４３）と同一平面に位置し、すなわち面一である請求項１３に記載の翼（１２）。

【請求項１５】

前記後縁冷却孔（３０）の前記末広がり部（１０２）から前記スロット底部（５１）を過ぎて実質的に前記後縁（ＴＥ）まで翼弦方向または下流方向に延びているデッキ（１３０）

をさらに備え、

前記デッキ（１３０）は、前記スロット底部（５１）のうちの最も下側のスロット底部（１３２）から前記スロット底部（５１）のうちの最も上側のスロット底部（１３４）まで翼長方向または径方向外側に延びており、

上側および下側のデッキ側壁（１３６、１３８）が、前記デッキ（１３０）から前記圧力側の側壁（４２）の前記外面（４３）に延び、前記デッキ（１３０）を翼長方向について境界付けている請求項１４に記載の翼（１２）。

【請求項１６】

前記幅（Ｗ）が、前記後縁冷却孔（３０）の前記計量部（１００）の全体において一定である請求項１２乃至１５のいずれか１項に記載の翼（１２）。

【請求項１７】

前記ローブ（１２０）が、角半径（Ｒ）を有し、

前記ランド（５０）と前記スロット底部（５１）との間のスロット角（６４）の隅肉（６２）が、前記ローブ（１２０）の前記角半径（Ｒ）と同じサイズの隅肉半径（ＲＦ）を有する請求項１３または１５に記載の翼（１２）。

【請求項１８】

前記末広がり部（１０２）と前記後縁冷却スロット（６６）とが、異なる第１および第２のそれぞれの末広がり角度（Ａ１、Ａ２）で末広がりである請求項１７に記載の翼（１２）。

【請求項１９】

前記プラグ（１１０）が、前記後縁冷却スロット（６６）の少なくとも一部分をさらに延びている請求項１８に記載の翼（１２）。

【請求項２０】

前記計量部（１００）および末広がり部（１０２）が、翼長方向の高さ（Ｈ）および孔幅（Ｗ）について、２：１～１０：１の範囲にある孔幅に対する孔高さの比（Ｈ／Ｗ）を有する請求項１乃至１１のいずれか１項に記載の翼（１２）。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、概して、ガスタービンエンジンのタービン翼の冷却に関し、さらに具体的には、タービン翼の後縁冷却スロットに関する。

【背景技術】

【０００２】

ガスタービンエンジンにおいては、空気が圧縮機において加圧され、燃焼室において燃料と混合され、高温の燃焼ガスが生み出される。高温ガスは、圧縮機の駆動および仕事の生成（典型的な航空機のターボファンエンジンの用途において上流のファンを駆動するな

10

20

30

40

50

ど)のために高温ガスからエネルギーを抽出するタービンの種々の段を通して導かれる。

【0003】

タービンの各段は、中空ベーンの列を有する固定のタービンノズルを備え、この中空ベーンの列が、支持用のロータディスクから外方向に放射状に伸びている対応するロータブレードの列に燃焼ガスを導く。ベーンおよびブレードは、対応する冷却回路を内部に備える対応する中空の翼を有する。

【0004】

冷却空気は、典型的には、燃焼プロセスから転用される圧縮機の排気であり、したがってエンジンの全体としての効率を低下させる。エンジンの効率を最大にするために、冷却空気の量を最小限にしなければならないが、それでもなお稼働時のタービン翼の耐用年数を最大化するために、タービン翼を適切に冷却するために十分な冷却空気を使用されなければならない。各々の翼が、翼の付け根から翼の先端へと翼長に沿って長手方向または径方向外側に伸び、かつ前縁および後縁の間を翼弦方向に軸方向に伸びているおおむね凹状の圧力側の側壁および反対側のおおむね凸状の吸い込み側の側壁を備える。タービンのブレードにおいては、翼長が、径方向内側の台座に位置する根元から、周囲のタービンシュラウドから離れている径方向外側の先端まで伸びている。タービンのベーンにおいては、翼が、径方向内側のバンドと一体の根元から、外側のバンドと一体の径方向外側の先端まで伸びている。

【0005】

また、各々のタービン翼の厚さが、最初に前縁の後方において増加し、その後に圧力側の側壁と吸い込み側の側壁とが合流する比較的薄く、あるいは鋭い後縁へと減少している。翼のより幅広い部分が、翼の内側を冷却する熱伝達を促進するための種々の形態の内部冷却回路および乱流発生器を収容するための十分な内部空間を有する一方で、比較的薄い後縁は、相応に限られた内部冷却空間しか有していない。

【0006】

各々の翼は、典型的には、翼の側壁を貫いて伸び、内部回路からの使用済みの冷却空気を排出するフィルム冷却孔の種々の列を備える。フィルム冷却孔は、典型的には、後縁に向かって後方に傾けられ、翼の外表面を覆う冷却空気の薄い膜を生じさせ、この冷却空気の薄い膜が、稼働時に翼表面を流れる高温の燃焼ガスに対するさらなる保護のための熱絶縁空気ブランケットをもたらす。

【0007】

薄い後縁は、典型的には、後縁のすぐ上流のブレイクアウト (breakout) において圧力側の側壁を破っており、後縁にフィルム冷却空気を排出する後縁冷却スロットの列によって保護される。各々の後縁冷却スロットは、ブレイクアウトにおいて始まる圧力側の出口穴を有し、この出口穴は、冷却スロットを定める軸方向に伸びている仕切りの後端の露出されたランドによって径方向について境界付けられていても、境界付けられていなくてもよい。

【0008】

軸方向に伸びている仕切りは、翼の圧力側および吸い込み側と一体に形成されてよく、それ自身が、自身が定める冷却スロットを通して排出される空気によって冷却されなければならない。仕切りは、典型的には、後縁に向かって後方に先細りであり、したがって冷却スロットは、仕切りの側面における流れの分離をほとんどまたはまったく生じさせることなく排出される冷却空気の拡散を促進する浅い末広がり角度で、後縁に向かって末広がりである。

【0009】

後縁冷却スロットの空気力学的性能および冷却性能は、冷却スロットおよび介在する仕切りの具体的な構成に直接関係する。冷却スロットの流れの面積が、冷却スロットを通して排出される冷却空気の流れを規定し、冷却スロットの幾何学が、冷却スロットの冷却性能に影響する。

【0010】

冷却スロットの末広がりまたは拡散の角度が、排出される冷却空気について、排出される空気の性能および冷却効果を低下させかねない望ましくない流れの分離を生じさせる可能性がある。これは、タービンの効率に悪影響を及ぼす損失も増加させる。薄い後縁のうちの個々の冷却スロットの直下の部位が、排出される冷却空気によって効果的に冷却され、排出される空気は、仕切りの後端に位置する介在の露出したランドへも分配される。ランドは、吸い込み側の側壁と一体に形成された圧力側の側壁の中実部分であり、冷却に関して、隣接する後縁冷却スロットから排出される空気に頼らなければならない。

【0011】

これらの出口ランドのサイズが小さく、かつ後縁冷却スロットの冷却性能が小さくないにもかかわらず、それでもなお典型的にはタービン翼の薄い後縁が、ガスタービンエンジンの過酷な環境における高い動作温度ゆえに、これらの翼の寿命を制限している。

10

【0012】

したがって、改善された後縁の冷却ならびに翼の耐久性およびエンジンの性能を向上させるための冷却スロットを有するタービン翼を提供することが望まれる。また、タービンおよびエンジンの燃料効率を最大にするために後縁の冷却に用いられる冷却の流量を最小限にすることも望まれる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0013】

【特許文献1】米国特許出願公開第2010/074763A1号明細書

20

【発明の概要】

【0014】

ガスタービンエンジンのタービン翼（12）が、幅方向に離して配置された圧力側および吸い込み側の側壁（42、44）であって、翼の付け根（34）から翼の先端（36）まで翼長（S）に沿って外側に延びており、かつ反対向きの前縁（LE）および後縁（TE）の間を翼弦方向（C）に延びている圧力側および吸い込み側の側壁（42、44）を備える。翼長方向に間隔を空けつつ並べられた後縁冷却孔（30）の翼長方向の列（38）が、翼（12）において前記圧力側および吸い込み側の側壁（42、44）の間に囲まれており、実質的に前記後縁（TE）まで翼弦方向に延びている翼長方向に間隔を空けつつ並べられた対応する後縁冷却スロット（66）にて終わっている。各々の冷却孔（30）は、前記後縁冷却スロット（66）に続く翼長方向の寸法の末広がり部（102）を備える。前記冷却孔（30）に配置されたプラグ（110）が、前記末広がり部（102）の少なくとも一部分において下流に延びている。

30

【0015】

さらに、前記冷却孔（30）は、下流に向かう直列な冷却の流れの関係にて、湾曲した入り口（70）と、一定の面積および一定の幅の流れの断面の計量部（100）と、前記末広がり部（102）とを備えることができる。

【0016】

前記プラグ（110）は、前記吸い込み側の側壁（44）の側壁表面（40）に沿って延びているプラグ底部（112）から立ち上がるプラグドーム（114）を備えることができる。前記プラグ（110）は、前記孔（30）の翼長方向の中央に位置することができ、幅方向および翼長方向の丸みを帯びた上流側および下流側のドーム端部（116、118）を備えることができる。

40

【0017】

前記プラグ（110）と前記冷却孔（30）との間の流れの断面（74）が、前記冷却孔（30）の孔断面積（AH）と前記プラグ（110）のプラグ断面積（AP）との間の差に等しい流れの断面積（AF）を有することができる。前記末広がり部（102）における前記流れの断面積（AF）が、下流方向（D）に増加している。

【0018】

前記流れの断面（74）は、2つの比較的幅広い丸みを帯びたローブ（120）を、比

50

較的狭い矩形の中央部（１２４）の末端（１２２）に有することができる。前記流れの断面（７４）の高さ（Ｈ）が、前記末広がり部（１０２）の全長を通して増加している。前記ローブ（１２０）が、前記末広がり部（１０２）の前記圧力側および吸い込み側のそれぞれの側壁（４２、４４）の側壁表面（３９、４０）の間を延びている。前記ローブ（１２０）が、前記末広がり部（１０２）における前記圧力側および吸い込み側の側壁の表面（３９、４０）の間の前記末広がり部（１０２）の幅（Ｗ）に等しい最大幅（ＭＷ）を有する。

【００１９】

前記圧力側および吸い込み側の側壁（４２、４４）は、前記孔（３０）内に圧力側および吸い込み側のそれぞれの側壁の表面（３９、４０）を備え、圧力側の側壁の表面（３９）が、前記計量部（１００）および前記末広がり部（１０２）の全体にわたって平面状であってよい。前記幅（Ｗ）が、前記孔（３０）の前記計量部（１００）および末広がり部（１０２）において一定であってよい。

10

【００２０】

ランド（５０）を、前記後縁冷却スロット（６６）のうちの翼長方向において隣り合う後縁冷却スロット（６６）の間に配置でき、スロット底部（５１）を、前記ランド（５０）の間の前記後縁冷却スロット（６６）に配置することができる。前記ランド（５０）は、前記冷却スロット（６６）の各々の周囲の前記圧力側の側壁（４２）の外面（４３）と同一平面に位置でき、すなわち面一であってよい。

【００２１】

20

前記ランド（５０）は、前記冷却スロット（６６）の各々の周囲の前記圧力側の側壁（４２）の外面（４３）と同一平面に位置でき、すなわち面一であってよい。

【００２２】

デッキ（１３０）が、前記冷却孔（３０）の前記末広がり部（１０２）から前記スロット底部（５１）を過ぎて実質的に前記後縁（ＴＥ）まで翼弦方向または下流方向に延びることができる。前記デッキ（１３０）は、前記スロット底部（５１）のうちの最も下側のスロット底部（１３２）から前記スロット底部（５１）のうちの最も上側のスロット底部（１３４）まで翼長方向または径方向外側に延びる。上側および下側のデッキ側壁（１３６、１３８）が、前記デッキ（１３０）から前記圧力側の側壁（４２）の前記外面（４３）に延び、前記デッキ（１３０）を翼長方向について境界付けている。

30

【００２３】

前記プラグ（１１０）は、前記後縁冷却スロット（６６）の少なくとも一部分をさらに延びることができる。

【００２４】

本発明の以上の態様および他の特徴が、添付の図面に関連して理解される以下の説明において説明される。

【図面の簡単な説明】

【００２５】

【図１】翼長方向に間隔を空けつつ並べられた後縁冷却スロットで終わる冷却孔を有するタービンブレードおよびロータベーンの翼の典型的な実施形態を示す縦断面図である。

40

【図２】図１に示したブレードの拡大図である。

【図３】図２に示した後縁冷却スロットに続く一定の幅の計量部および拡散部にプラグを備える冷却孔の圧力側の断面図である。

【図４】図３の４－４を通して得た後縁冷却スロットおよび冷却孔の概略的断面図である。

【図５】図３に示した後縁冷却スロットを上流方向に眺めた斜視図である。

【図６】図３の６－６を通して得た一定の幅の計量部における細長い流れの断面の概略的断面図である。

【図７】図３の７－７を通して得た拡散部における細長い流れの断面の概略的断面図である。

50

【図 8】図 3 に示した冷却孔およびプラグの斜視図である。

【図 9】図 3 に示した冷却孔および後縁冷却スロットに延びている別のプラグの斜視図である。

【図 10】図 9 に示した後縁冷却スロットおよび冷却孔の概略的断面図である。

【図 11】スロット間のより短いランドを有する図 9 に示した冷却孔およびプラグの斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0026】

図 1 に、エンジンの中心線の軸 8 の周囲に配置され、燃焼室 20 と低圧タービン (LP T) 24 との間に位置している典型的なガスタービンエンジンの高圧タービン段 10 が示されている。燃焼室 20 が、燃料を加圧された空気と混合して高温の燃焼ガス 19 を生成し、この燃焼ガス 19 が、タービンを通して下流に流れる。

10

【0027】

高圧タービン段 10 は、燃焼室 20 からの高温の燃焼ガス 19 を排出する高圧タービン (HPT) 22 の上流のタービンノズル 28 を備える。ここに示されている高圧タービン 22 の典型的な実施形態は、周方向に間隔を開けつつ並べられた高圧タービンプレード 32 の少なくとも 1 つの列を備える。各々のタービンプレード 32 が、タービンプレードを支持用のロータディスク 17 の外周に取り付けるために用いられる台座 14 および軸方向に挿入される蟻継ぎ 16 と一体に形成されたタービン翼 12 を備える。

【0028】

20

図 2 を参照すると、翼 12 は、ブレードの台座 14 に位置する翼の付け根 34 から翼の先端 36 まで翼長 S に沿って径方向外側に延びている。稼働時に、高温の燃焼ガス 19 がエンジンにおいて生成され、タービン翼 12 を下流へと流れ、タービン翼 12 が高温の燃焼ガス 19 からエネルギーを抽出し、圧縮機 (図示されていない) を駆動すべくブレードを支持しているディスクを回転させる。加圧された空気 18 の一部が、適切に冷却され、稼働時のブレードの冷却のためにブレードに案内される。

【0029】

翼 12 は、幅方向に間隔を開けて並べられたおおむね凹状の圧力側の側壁 42 および凸状の吸い込み側の側壁 44 を備える。圧力側および吸い込み側の側壁 42、44 は、翼の付け根 34 から翼の先端 36 まで翼長 S に沿って長手方向または径方向外側に延びている。また、これらの側壁は、反対向きの前縁 LE および後縁 TE の間を翼弦方向へと軸方向に延びている。翼 12 は中空であり、圧力側および吸い込み側の側壁 42、44 が、前縁 LE および後縁 TE の間で幅方向または横方向に間隔を開けて位置し、稼働時に加圧された冷却空気または冷却剤の流れ 52 を循環させるための内側冷却空洞または回路 54 を内側に定めている。加圧された冷却空気または冷却剤の流れ 52 は、圧縮機から転用された加圧された空気 18 の一部からのものである。

30

【0030】

タービン翼 12 は、前縁 LE から前縁 LE の後方の最大の幅へと幅 W を増加させ、すなわち厚くなり、その後比較的薄く、あるいは鋭い後縁 TE へと先細りになる。したがって、内側冷却回路 54 のサイズは、翼の幅 W につれて変化し、2 つの側壁が一体に合流して翼 12 の薄い後縁部分 56 を形成している後縁 TE のすぐ前方において、比較的薄い。翼長方向に間隔を開けつつ並べられた後縁冷却スロット 66 が、翼 12 のこの薄い後縁部分 56 またはその付近に、この薄い後縁部分 56 を冷却するために設けられている。

40

【0031】

図 3 を参照すると、翼長方向に間隔を開けつつ並べられた後縁冷却孔 30 の列 38 が、圧力側および吸い込み側の側壁 42、44 の間において翼 12 に包まれ、あるいは埋められて形成され、これらの後縁冷却孔 30 は、翼長方向に間隔を開けつつ並べられた後縁冷却スロット 66 のうちの対応する後縁冷却スロット 66 を終端としている。後縁冷却スロット 66 は、実質的に後縁 TE まで翼弦方向に延びている。後縁冷却孔 30 は、後縁 TE の翼長 S に沿って配置され、稼働時に内側冷却回路 54 からの冷却剤の流れ 52 を排出す

50

るために、内側冷却回路 5 4 に連通している。

【0032】

後縁冷却孔 3 0 は、図 3 にさらに詳しく示されている。各々の冷却孔 3 0 は、下流に向かう直列な冷却の流れの関係にて、下流へと先細りまたはベルマウス状である湾曲した入り口 7 0 と、一定の面積および一定の幅の流れの断面の計量部 1 0 0 と、翼長方向の寸法が末広がりであり、後縁冷却スロット 6 6 に続いており、このスロットに冷却空気または冷却剤の流れ 5 2 を供給する末広がり部 1 0 2 とを備える。後縁冷却スロット 6 6 は、末広がり部 1 0 2 の下流端 6 9 におけるブレイクアウト 5 8 において始まり、ここに示されている実施形態は、翼長方向の寸法が末広がりである。冷却孔 3 0 は、後縁 T E に向かって下流に延びているそれぞれの軸方向の仕切り 6 8 によって、翼長 S において互いに径方向に隔てられている。湾曲した入り口 7 0 が、ここでは下流へと先細りの入り口として示され、より詳しくはベルマウス状の入り口として示されている。

10

【0033】

入り口 7 0 は、仕切り 6 8 の前端 7 2 において、仕切り 6 8 の前端 7 2 の間に定められている。仕切り 6 8 が、ベルマウス状の入り口 7 0 を定める直径 7 3 を有する半円形の前端 7 2 を備える。各々の冷却孔 3 0 が、軸方向に延びている仕切り 6 8 のうちの隣り合う上側および下側の仕切り 2 5、2 6 からなるそれぞれのペアにおいて、翼長方向に間隔を開けて位置する上側および下側孔表面 4 6、4 8 を備える。孔 3 0 の翼長方向の高さ H が、図 3 に示されているように、軸方向に延びている仕切り 6 8 のうちの上側および下側の仕切り 2 5、2 6 の上側および下側孔表面 4 6、4 8 の間に定められている。計量部 1 0 0、末広がり部 1 0 2、および後縁冷却スロット 6 6 は、図 3 に示されているように、下流に延びている第 1、第 2、および第 3 の長さ L 1、L 2、および L 3 をそれぞれ有する。

20

【0034】

図 3～図 5 を参照すると、孔 3 0 の孔幅 W が、図 4 に示されるように、孔 3 0 における圧力側および吸い込み側の側壁 4 2、4 4 のそれぞれの側壁表面 3 9、4 0 の間に定められている。後縁冷却スロット 6 6 は、高圧タービン 2 2 を通過する高温の燃焼ガス 1 9 へと開いて露出されたスロット底部 5 1 を備える。スロット底部 5 1 は、吸い込み側の側壁 4 4 に沿って第 3 の長さ L 3 の全体にわたって延びている。

【0035】

軸方向に延びている仕切り 6 8 のうちの隣り合う上側および下側の仕切り 2 5、2 6 のペアならびに圧力側および吸い込み側の側壁 4 2、4 4 が、孔 3 0 を翼長方向について境界付けている。図 6 および図 7 を参照すると、冷却孔 3 0 は、おおむね翼長方向に細長い流れの断面 7 4 を有し、翼長方向の高さ H が、孔幅 W よりも大幅に大きい。冷却孔 3 0 は、幅に対する高さの比 H/W が、約 2 : 1 ~ 10 : 1 の範囲にある（図 4～図 10 を参照）。圧力側および吸い込み側の側壁 4 2、4 4 のそれぞれの側壁表面 3 9、4 0 が、孔 3 0 を幅方向について境界付けている。

30

【0036】

図 4 に示される冷却孔 3 0 の実施形態は、冷却孔 3 0 の全体を通して固定または一定の幅 W を有し、圧力側および吸い込み側の側壁の表面 3 9、4 0 が、冷却孔 3 0 の第 1 および第 2 の長さ L 1、L 2 の全体にわたって平行である。圧力側の側壁の表面 3 9 は、計量部 1 0 0 および末広がり部 1 0 2 の全体ならびにそれらに対応する冷却孔 3 0 の第 1 および第 2 の長さ L 1、L 2 において、平坦または平面状である。冷却孔 3 0 のこの実施形態においては、吸い込み側の側壁の表面 4 0 が、計量部 1 0 0 および末広がり部 1 0 2 の全体ならびにそれらに対応する冷却孔 3 0 の第 1 および第 2 の長さ L 1、L 2 において、平坦または平面状である。スロット底部 5 1 が、孔 3 0 の吸い込み側の側壁の表面 4 0 と同一平面に位置している。入り口 7 0、計量部 1 0 0、および末広がり部 1 0 2 は、図 3 に示され、図 4 において実線で概略的に示されている後縁冷却孔 3 0 の実施形態においては、同じ孔幅 W を有し、あるいは一定の幅 W である。末広がり部 1 0 2 は、翼長方向の寸法が末広がりである。

40

50

【0037】

冷却孔30の末広がり部102は、後縁TEから前方または上流方向に離れて位置するブレイクアウトリップ49において圧力側の側壁42の外表面43を破って現れている後縁冷却スロット66に続いている。各々の後縁冷却スロット66は、径方向または翼長方向について、それぞれの仕切り68の後端を形成している露出したランド50によって境界付けられており、仕切り68の前端は、それぞれのブレイクアウトリップ49から前縁に向かって前方または上流方向に延びている。図4に実線で示されているランド50の一実施形態は、ランド50の間を径方向に延びている共通のブレイクアウトリップ49を含め、露出した冷却スロット66の各々の周囲において、圧力側の側壁42の外表面43と同一平面に位置し、すなわち面一である。これは、翼の圧力側の流れの連続性を最大にする。

10

【0038】

スロット表面60が、ランド50とスロット底部51との間を幅方向に延びている。ランド50とスロット底部51との間のスロット角64の隅肉62が、末広がり部102の流れの断面74の底部角半径RTと実質的に同じサイズであってよい隅肉半径RFを、底部角半径RTに隣接して有する。隅肉半径RFは、後縁冷却スロット66の可鍛性に役立つ。隅肉半径RFは、冷却剤の流れ52の膜によってスロット底部51およびランド50がより一様に覆われるようにすべく、スロット底部51からランド50へと後縁冷却スロットにおける冷却剤の流れ52を再分配することによって、ランドの50の冷却の改善に役立つ。

【0039】

20

ランド50の別の実施形態が、図4および図11に破線で示されており、露出した冷却スロット66の各々の周囲において圧力側の側壁42の外表面43と同一平面になく、すなわち面一でないランド50をもたらしている。ランド50を、スロット底部51に向かって圧力側の側壁42の外表面43から遠ざかるようにより大きく傾けることができる。ランド50を、0〜5度の間の範囲のランド角度A3で外表面43から遠ざかるように傾けることができ、ランド50は、後縁TEの上流でスロット底部51に交わることができる。翼のこのより短いランドの実施形態は、図11にさらに示されているデッキ130をさらに備え、このデッキ130が、スロット底部51の構造および表面をもたらしている。デッキ130は、冷却孔30の末広がり部102からスロット底部51を過ぎて実質的に後縁TEまで翼弦方向または下流方向に延びている。デッキ130は、スロット底部51のうちの最も下側のスロット底部132からスロット底部51のうちの最も上側のスロット底部134まで翼長方向または径方向外側に延び、すべてのスロット底部51を含む。デッキ130は、デッキ130から圧力側の側壁42の外表面43に延びている上側および下側のデッキ側壁136、138によって、翼長方向について境界付けられている。

30

【0040】

図3〜図5および図8を参照すると、空気力学的に形作られたプラグ110が、冷却孔30に配置されている。プラグ110は、末広がり部102の少なくとも一部分を通して下流に延びている。プラグ110は、プラグ底部112から立ち上がるプラグドーム114を備える。プラグドーム114は、幅方向および翼長方向に丸みを帯びた上流側および下流側のドーム端部116、118を備える。プラグ底部の翼長方向の高さHは、プラグ110のプラグ長LPにおける冷却孔の翼長方向の高さHよりも小さい。プラグ110は、孔30の翼長方向における中心に位置している。プラグ底部112は、ここでは吸い込み側の側壁44の側壁表面40に沿って延びているものとして示されている。あるいは、プラグ底部112は、圧力側の側壁42の側壁表面39に沿って延びていてもよい。プラグ110は、冷却孔30の末広がり部102における流れの断面74の面積の広がり割合の制御をもたらす。プラグ110は、冷却孔の表面に沿った安定な拡散の流れの維持を助け、すなわち末広がり部102の圧力側および吸い込み側の側壁42、44のそれぞれの側壁表面39、40における流れの分離および乱れを防止または軽減する。プラグ110は、末広がり部102の軸方向に延びている仕切り68のうちの上側および下側の仕切り25、26の上側および下側孔表面46、48の末広がりを、プラグが存在しない場合

40

50

と比べてより大きくすることを可能にしつつ、依然として末広がり部 102 を通る付着した安定な冷却剤の流れ 52 を維持する。流れの断面 74 の面積が、末広がり部 102 の第 2 の長さ L2 の全体を通じて増加するが、この増加の割合が、プラグ 110 によって制御される。プラグ 110 は、付着した安定な冷却剤の流れ 52 を維持し、末広がり部 102 を通る軸方向に延びている仕切り 68 のうちの上側および下側の仕切り 25、26 の上側および下側孔表面 46、48 における分離を防止するように、三次元的に成形または輪郭付けされる。

【0041】

冷却孔 30 は、孔断面積 AH を有し、プラグ 110 は、プラグ断面積 AP を有する。プラグ 110 と冷却孔 30 との間の流れの断面 74 が、孔面積 AH とプラグ面積 AP との間の際に等しい流れの断面積 AF を有する。末広がり部 102 における流れの断面 74 の断面積 AF は、下流方向に増加している。計量部 100 ならびに末広がり部 102 のうちのプラグ 110 よりも上流のすべての部分における流れの断面 74 の断面積 AF は、冷却孔 30 の断面積 AH である。

【0042】

計量部 100 ならびに末広がり部 102 のうちのプラグ 110 よりも上流のすべての部分における流れの断面 74 の実施形態が、丸みを帯び、あるいは半円形である内側および外側端部 82、84（翼長方向または径方向に間隔を空けて位置している）の間に矩形部 75 を備える競走場の形状の流れの断面 74 を有するものとして図 3～図 6 に示されている。ここに示されている競走場の形状の流れの断面 74 は、翼長方向に細長く、4 つの等しい角半径 R を有し、0.15～0.50 の範囲の高さに対する幅の好ましい比 W/H を有する。

【0043】

図 7 に示されている末広がり部 102 のうちのプラグ 110 を有する部位の流れの断面 74 の実施形態は、大まかには、比較的狭い矩形の中央部 124 の末端 122 に位置する 2 つの比較的幅広い丸みを帯びたローブ 120 を有すると説明することができる。流れの断面 74 の高さ H が、末広がり部 102 の全長を通じて増加している。流れの断面 74 の幅 W は、プラグ 110 の存在しない場所では一定であり、図 7 に示されるようにプラグ 110 が存在する場所では流れの断面 74 の高さ H を横切って変化している。ローブ 120 が、圧力側および吸い込み側のそれぞれの側壁 42、44 の側壁表面 39、40 の間で測定される末広がり部 102 の幅 W に等しい最大幅 MW を有する。ローブ 120 は、末広がり部 102 の圧力側および吸い込み側のそれぞれの側壁 42、44 の側壁表面 39、40 の間を延びている。ローブ 120 は、中央部 124 よりも実質的に幅広い。軸方向に延びている仕切り 68 のうちの下側の仕切り 26 の下側孔表面 48 が、プラグ 110 が位置する末広がり部 102 においてプラグ底部 112 よりも実質的に幅広い。これにより、冷却剤の流れ 52 が、プラグ 110 と、末広がり部 102 の圧力側および吸い込み側のそれぞれの側壁 42、44 の側壁表面 39、40 との間を通過し、これらを冷却する。

【0044】

冷却孔 30、後縁冷却スロット 66、およびランド 50 は、鋳造による冷却用の造作である。これらの造作を鋳造することは、翼ならびにブレードおよびベーンに良好な強度、低い製造コスト、および耐久性をもたらす。翼長方向または径方向に間隔を空けて位置した丸みを帯び、あるいは半円形である内側および外側の端部 82、84 の間に矩形部 75 を備える競走場の形状の流れの断面 74 は、翼の冷却に必要な冷却剤の流れ 52 の量を少なくする良好な冷却の流れの特性をもたらす。角半径 R が、これらの冷却用の造作の良好な冷却、鋳造性、および強度に貢献し、とくにはランド 50 の冷却を助け、したがって使用される冷却剤の流れ 52 の量を少なくする。

【0045】

図 3 および図 5 に示されている冷却孔 30 および後縁冷却スロット 66 の実施形態は、末広がり部 102 および後縁冷却スロット 66 を備える。末広がり部 102 および後縁冷却スロット 66 は、図 3 に示されるように異なる第 1 および第 2 の末広がり角度 A1、A2 で末広がり

であってよい。末広がり部 102 および後縁冷却スロット 66 の翼長方向の高さ H は、下流方向 D に増加している。ブレイクアウトにおいてランドへの冷却剤の流れ 52 を得るためのランドに対するより有利な流れの角度は、スロットの末広がり部 102 の広がり角度 A1 および外部の末広がり部 66 の間の相対の角度、すなわち $A2 \cdot A1$ によって設定される。さらにプラグは、冷却の流れをスロット底部からランドへと強制することに貢献する。

【0046】

一定の幅 W を有する翼長方向に細長い計量部 100 は、エンジンサイクルに有利なように冷却剤の流れ 52 の量を制御するように寸法付けられる。翼長方向に細長い計量部 100 および末広がり部 102 は、ブレイクアウト 58 における流れの範囲を広げ、後縁冷却スロット 66 における冷却剤の流れ 52 をスロット底部 51 からランド 50 に再分配し、冷却剤の流れ 52 の膜によってスロット底部 51 およびランド 50 がより一様に覆われるようにする。孔 30 の末広がり部 102 の上流の一定の幅 W の計量部 100 は、冷却剤の流れ 52 を末広がり部 102 において完全に付着した状態に保つ役に立つ。

【0047】

これが、結果として、スロット底部 51 の表面積を増やし、ランド 50 の表面積を減らすことを可能にする。一定の幅 W の計量部 100 および末広がり部 102 は、ランドへとより多くの冷却剤の流れ 52 を得るために、ランド 50 に対するブレイクアウトにおけるより好都合な流れの角度の設定に役立つ。また、冷却孔 30 の第 1 および第 2 の長さ L1、L2 の全体にわたる平面的な圧力側の側壁の表面 39 も、ランドへとより多くの冷却剤の流れ 52 を得るために、ランド 50 に対するブレイクアウトにおけるより好都合な流れの角度の設定に役立つ。

【0048】

冷却孔 30 の一定の幅および平面的な圧力側の側壁の表面 39 のそれぞれが、冷却剤の流れ 52 の冷却剤の速度と、圧力側の側壁 42 の外面 43 に沿った高温の燃焼ガスのブレイクアウトにおけるガスの速度とをほぼ等しく保つことで、タービンの効率に悪影響を及ぼしかねない空気力学的損失を最小限にする役に立つ。また、これら 2 つの特徴は、冷却剤の流れ 52 をスロット 66 の広がり部分において付着した状態に保つ役に立つ。

【0049】

図 9 および図 10 を参照すると、冷却孔 30 に配置された空気力学的に形作られたプラグ 110 が、末広がり部 102 の少なくとも一部分および後縁冷却スロット 66 の少なくとも一部分をさらに下流に延びる長いプラグである。

【0050】

プラグが、拡散部に空気力学的な流れの妨げを生み出し、すなわち所与の冷却剤の流量について流れの面積を小さくする。これは、拡散部の広がり角度を大きくしつつ、依然として拡散部における安定な付着した流れを維持できるようにする。より大きな拡散部の広がり角は、高温のランドの表面積をより小さくし、低温のスロット底部の表面積をより大きくする。さらに、プラグは、スロット出口における冷却剤の速度を高く保つ。同じ冷却剤の流量において、プラグを持たない拡散部のスロット出口速度は、プラグを有する拡散部のスロット出口速度よりも低い。これは、外側のガスの速度に対する冷却剤の速度の比の関数である高温ガスおよび冷却材の流れの混合に起因する空気力学的損失を抑えるために重要である。この比が 1 に近いほど、混合による損失は小さくなる。プラグが、冷却の流れを減らしつつ冷却の流れの速度を高く保つうえで助けとなる。プラグは、冷却剤の流れをランドに押しはるかに高いランドの膜の有効性をもたらすためのきわめて好都合な流れの角度および渦の状態を設定する。長いプラグは、この効果を強調する。より短いランドは、後縁における冷却剤の合流を可能に、膜の有効性を高める。ランドの角度が大きいと、冷却剤の流れのランドへの乗り入れをより良好にすることができる。また、高温のランドの表面積も小さくなる。

【0051】

本発明を、例示の様相で説明した。使用されている用語が、限定よりもむしろ説明の単

10

20

30

40

50

語という性質であることを、理解すべきである。本発明の好ましい典型的な実施形態と考えられるべき内容を、本明細書において説明したが、本発明の他の変更が、本明細書における教示から当業者にとって明らかであり、したがって本発明の技術的思想および技術的範囲に包含されるそのような変更はすべて、添付の特許請求の範囲において保護されることが求められる。

【0052】

したがって、以下の特許請求の範囲において定義および区別されたとおりの発明を、米国特許によって保護するように要求する。

【図 1】

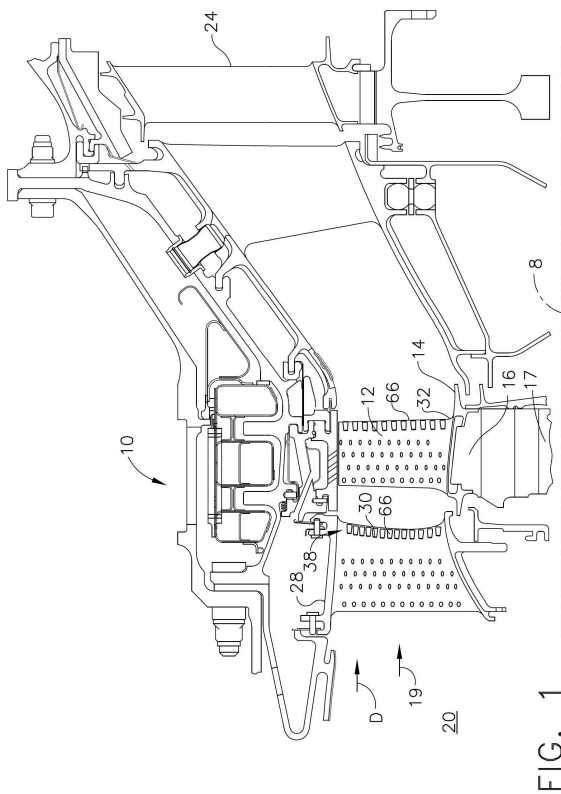


FIG. 1

【図 2】

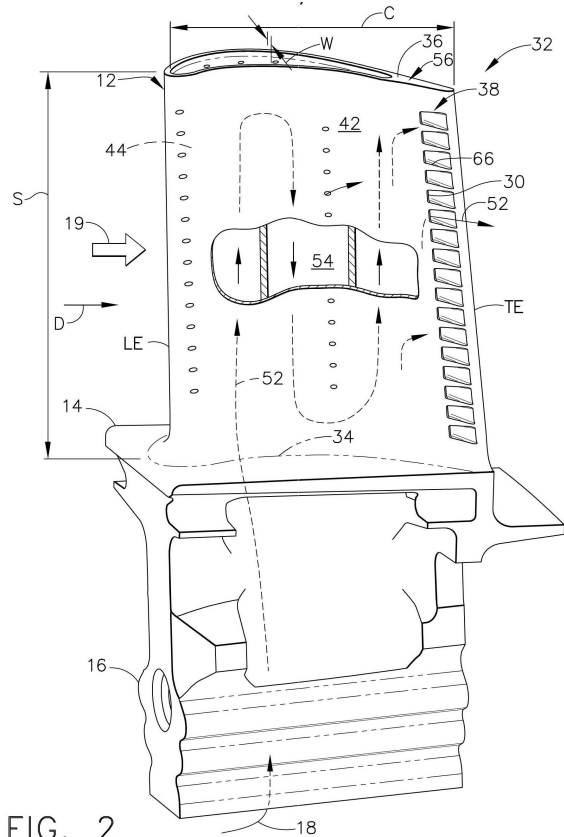


FIG. 2

【図 7】

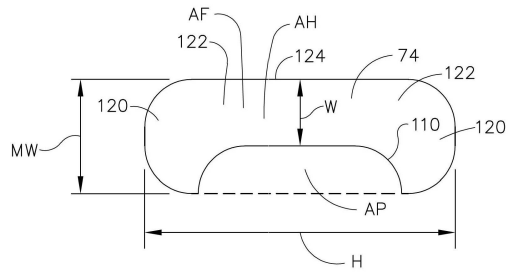


FIG. 7

【図 8】

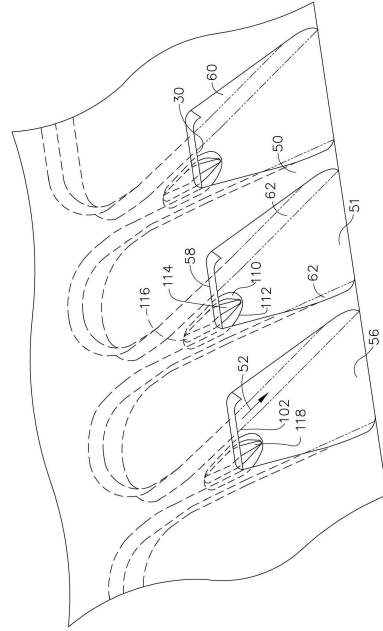


FIG. 8

【図 9】

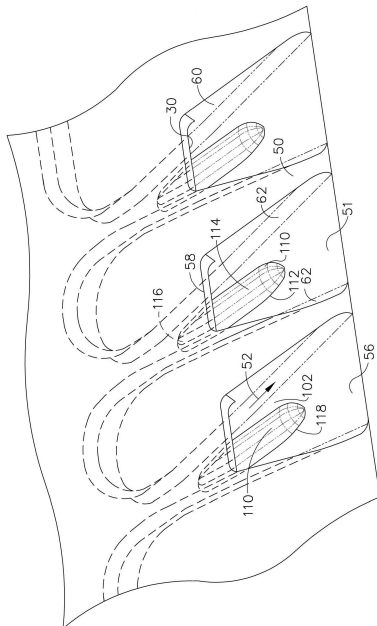


FIG. 9

【図 10】

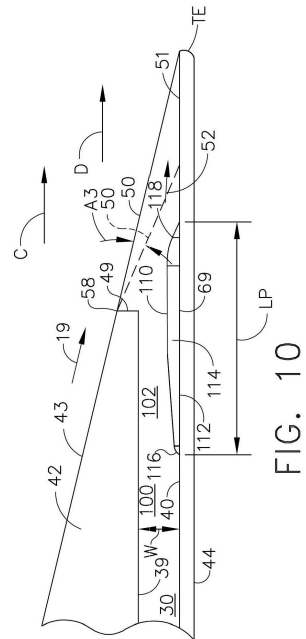


FIG. 10

【図 11】

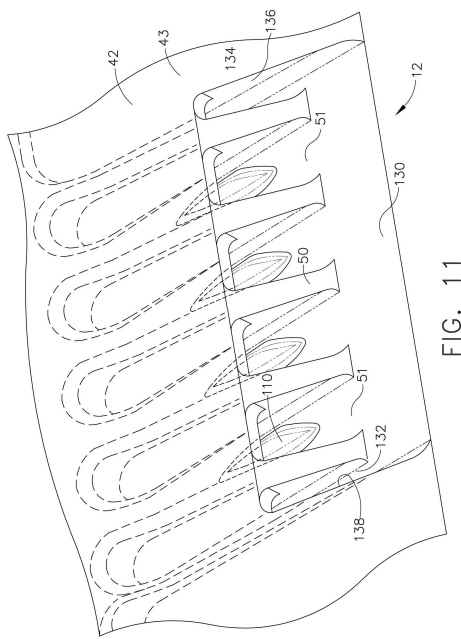


FIG. 11

フロントページの続き

- (72)発明者 ベルクホルツ, ロバート・フレデリック, ジュニア
アメリカ合衆国、オハイオ州・45069、ウエスト・チェスター、センター・ポイント・ドライブ、9075番
- (72)発明者 ダルストック, ダニエル・リー
アメリカ合衆国、オハイオ州・45069、ウエスト・チェスター、アビエーション・ウェイ、6380番

審査官 稲葉 大紀

- (56)参考文献 欧州特許出願公開第02426317 (EP, A1)
特開2006-283763 (JP, A)
特開2006-283762 (JP, A)
特開2001-107705 (JP, A)
実開昭59-107903 (JP, U)
特表2011-513636 (JP, A)
特開2004-197740 (JP, A)
米国特許出願公開第2010/0068068 (US, A1)
特開2012-052513 (JP, A)
特開2001-214707 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F01D	5/12-5/18,
	5/22-5/24,
	5/28-5/32
F01D	9/00-11/10
F02C	7/18