(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)特許出願公表番号
特表2015-516538
(P2015-516538A)
(43)公表日　平成27年6月11日(2015.6.11)

(51)Int.Cl.			F I			テーマコード（参考）
F01D	5/18	(2006.01)	F01D	5/18		3G202
F01D	9/02	(2006.01)	F01D	9/02	102	

審査請求 有　予備審査請求 未請求　（全 25 頁）

(21)出願番号	特願2015-511482 (P2015-511482)
(86)(22)出願日	平成25年4月12日 (2013.4.12)
(85)翻訳文提出日	平成26年11月6日 (2014.11.6)
(86)国際出願番号	PCT/US2013/036319
(87)国際公開番号	WO2013/169435
(87)国際公開日	平成25年11月14日 (2013.11.14)
(31)優先権主張番号	13/470,820
(32)優先日	平成24年5月14日 (2012.5.14)
(33)優先権主張国	米国 (US)
(31)優先権主張番号	61/644,618
(32)優先日	平成24年5月9日 (2012.5.9)
(33)優先権主張国	米国 (US)

(71)出願人　390041542
ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
アメリカ合衆国、ニューヨーク州　１２３４５、スケネクタデイ、リバーロード、１番
(74)代理人　100137545
弁理士　荒川　聡志
(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】タービン翼後縁冷却孔のプラグおよびスロット

(57)【要約】
タービン翼（１２）は、基部（３４）から先端（３６）まで翼長（Ｓ）に沿って延びる正圧側壁（４２）および負圧側壁（４４）を含む。翼長方向に離間した後縁冷却孔（３０）は、正圧側壁に配される。冷却孔は、翼後縁（ＴＥ）まで翼弦方向に延びる後縁冷却スロット（６６）で終端する。冷却孔は、湾曲入口（７０）、計量部（１００）および翼長方向漸拡部（１０２）を含む。軸方向隔壁（６８）は、冷却孔の間で翼弦方向に延び、翼長（Ｓ）に沿って冷却孔を半径方向に分離する。隔壁の尾部端（８６）は、湾曲ボートテール（８８）を含む。上部デッキ側壁（１３６）および下部デッキ側壁（１３８）は、翼長方向でスロットのデッキ（１３０）の境界を形成し、正圧側壁（４２）の外面（４３）に外向きに延びる。側壁とデッキの間の丸み部（６２）は、漸拡部の流れ断面（７４）の底コーナ半径と同じサイズである丸み半径を底コーナ半径に隣接して有する。
【選択図】図１

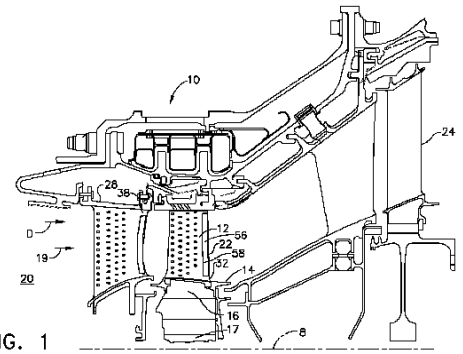

FIG. 1

【特許請求の範囲】
【請求項１】
翼基部（３４）から翼先端（３６）まで翼長（Ｓ）に沿って外向きに延び、幅方向に離間した正圧側壁（４２）および負圧側壁（４４）であって、互いに反対の前縁（ＬＥ）と後縁（ＴＥ）の間で翼弦方向（Ｃ）に延びる、正圧側壁（４２）および負圧側壁（４４）と、
前記正圧側壁（４２）に収容され、翼長方向に離間した後縁冷却孔（３０）の翼長方向の列（３８）であって、前記冷却孔（３０）の全てまたは複数が、実質的に前記後縁（ＴＥ）まで翼弦方向に延びるとともに翼長方向に延びる単一の後縁冷却スロット（６６）で終端し、前記冷却孔（３０）のそれぞれが、下流方向に連続する冷却流との関係で、湾曲入口（７０）、一定領域一定幅の流れ断面（７４）を有する計量部（１００）、および、前記後縁冷却スロット（６６）に通じる翼長方向漸拡部（１０２）を含む、後縁冷却孔（３０）の翼長方向の列（３８）と、
前記冷却孔（３０）の間で翼弦方向に延び、前記翼長（Ｓ）に沿って前記冷却孔を半径方向に分離する軸方向隔壁（６８）と、
湾曲ボートテール（８８）を含む、前記隔壁（６８）の尾部端（８６）と、
を備える、ガスタービンエンジンのタービン翼（１２）。
【請求項２】
前記冷却孔（３０）を通じて孔幅（Ｗ）よりも実質的に大きい翼長方向の高さ（Ｈ）をさらに有する、請求項１に記載の翼（１２）。
【請求項３】
前記正圧側壁（４２）および前記負圧側壁（４４）のそれぞれの正圧側壁面（３９）および負圧側壁面（４０）を前記孔（３０）内にさらに備え、前記正圧側壁面（３９）が、計量部（１００）および漸拡部（１０２）の全体を通じて平面状である、請求項１に記載の翼（１２）。
【請求項４】
前記孔（３０）の前記計量部（１００）および前記漸拡部（１０２）を通じて一定の幅（Ｗ）をさらに有する、請求項３に記載の翼（１２）。
【請求項５】
前記冷却孔（３０）の前記漸拡部（１０２）から実質的に前記翼後縁（ＴＥ）まで翼弦方向または下流方向に延びる前記スロット（６６）のデッキ（１３０）であって、前記後縁冷却孔（３０）のうちの最下部孔（１３２）から最上部孔（１３４）まで翼長方向または半径方向外向きに延びるデッキ（１３０）と、
翼長方向で前記デッキ（１３０）の境界を形成し、前記デッキ（１３０）から前記正圧側壁（４２）の外面（４３）まで延びる、上部デッキ側壁（１３６）および下部デッキ側壁（１３８）と、
前記上部デッキ側壁（１３６）および前記下部デッキ側壁（１３８）と前記デッキ（１３０）との間におけるスロットコーナ（６４）の丸み部（６２）と、
をさらに備える、請求項１に記載の翼（１２）。
【請求項６】
丸み半径（ＲＦ）を有する前記丸み部（６２）をさらに備え、前記丸み半径（ＲＦ）が、前記漸拡部（１０２）の前記流れ断面（７４）の底コーナ半径（ＲＴ）と実質的に同じサイズを前記底コーナ半径（ＲＴ）に隣接して有する、請求項５に記載の翼（１２）。
【請求項７】
トラック状の流れ断面（７４）を有する前記漸拡部（１０２）であって、前記トラック状の流れ断面（７４）が、翼長方向に離間し半径（Ｒ）を有する丸みを帯びたまたは半円状の内側端部（８２）と外側端部（８４）の間に矩形部（７５）を含む、前記漸拡部（１０２）と、
前記冷却孔（３０）の前記漸拡部（１０２）から実質的に前記翼後縁（ＴＥ）まで翼弦方向または下流方向に延びる前記スロット（６６）のデッキ（１３０）であって、前記後

縁冷却孔（３０）のうちの最下部孔（１３２）から最上部孔（１３４）まで翼長方向または半径方向外向きに延び、上部デッキ側壁（１３６）および下部デッキ側壁（１３８）が、翼長方向でデッキ（１３０）の境界を形成し、前記デッキ（１３０）から前記正圧側壁（４２）の外面（４３）まで延びる、デッキ（１３０）と、
前記上部デッキ側壁（１３６）および前記下部デッキ側壁（１３８）と前記デッキ（１３０）との間におけるスロットコーナ（６４）の丸み部（６２）であって、前記流れ断面（７４）の前記半径（Ｒ）と実質的に同じサイズの丸み半径（ＲＦ）を有する丸み部（６２）と、
をさらに備える、請求項４に記載の翼（１２）。
【請求項８】
湾曲した前記ボートテール（８８）であって、前記ボートテール（８８）のそれぞれが、前記正圧側壁（４２）と前記負圧側壁（４４）の間で翼長方向に位置する先端（９２）を有するボートテール後縁（９０）を含み、前記ボートテール後縁（９０）が、前記先端（９２）から尾部方向または下流方向に湾曲し、前記先端（９２）から前記正圧側壁（４２）まで翼長方向または半径方向外向きに湾曲し、前記先端（９２）から前記負圧側壁（４４）まで内向きに湾曲する、前記ボートテール（８８）をさらに備える、請求項１に記載の翼（１２）。
【請求項９】
隣り合う冷却孔（３０）の翼長方向の対（９４）の間で前記隔壁（６８）の前記尾部端（８６）を通る丸みを帯びた断面（９６）を含む前記湾曲ボートテール（８８）をさらに備える、請求項８に記載の翼（１２）。
【請求項１０】
翼長方向における孔の高さ（Ｈ）と幅（Ｗ）の孔高さ孔幅比（Ｈ／Ｗ）が約２：１から１０：１の範囲である、前記計量部（１００）および前記漸拡部（１０２）をさらに備える、請求項９に記載の翼（１２）。
【請求項１１】
前記正圧側壁（４２）および前記負圧側壁（４４）のそれぞれの正圧側壁面（３９）および負圧側壁面（４０）を前記孔（３０）にさらに備え、前記正圧側壁面（３９）が前記計量部（１００）および前記漸拡部（１０２）の全体を通じて平面状である、請求項９に記載の翼（１２）。
【請求項１２】
前記孔（３０）の前記計量部（１００）および前記漸拡部（１０２）を通じて一定である幅（Ｗ）をさらに有する、請求項１１に記載の翼（１２）。
【請求項１３】
下流方向に先細る前記入口（７０）またはベルマウス状の前記入口（７０）をさらに備える、請求項１２に記載の翼（１２）。
【請求項１４】
翼基部（３４）から翼先端（３６）まで翼長（Ｓ）に沿って外向きに延び、幅方向に離間した正圧側壁（４２）および負圧側壁（４４）であって、互いに反対の前縁（ＬＥ）と後縁（ＴＥ）の間で翼弦方向（Ｃ）に延びる、正圧側壁（４２）および負圧側壁（４４）と、
前記正圧側壁（４２）に収容され翼長方向に離間した後縁冷却孔（３０）の翼長方向の列（３８）であって、実質的に前記後縁（ＴＥ）まで翼弦方向に延びるとともに翼長方向に延びる単一の後縁冷却スロット（６６）で終端し、前記冷却孔（３０）のそれぞれが、下流方向に連続する冷却流との関係で、湾曲入口（７０）、計量部（１００）、および、前記後縁冷却スロット（６６）に通じる翼長方向漸拡部（１０２）を含む、後縁冷却孔（３）の翼長方向の列（３８）と、
前記冷却孔（３０）の間で翼弦方向に延び、前記翼長（Ｓ）に沿って前記冷却孔を半径方向に分離する軸方向隔壁（６８）と、
湾曲ボートテール（８８）を含む、前記隔壁（６８）の尾部端（８６）と、

を備える、ガスタービンエンジンのタービン翼（１２）。
【請求項１５】
湾曲した前記ボートテール（８８）であって、前記ボートテール（８８）のそれぞれが、前記正圧側壁（４２）と前記負圧側壁（４４）の間に翼長方向に位置する先端（９２）を有するボートテール後縁（９０）を含み、前記ボートテール後縁（９０）が、前記先端（９２）から尾部方向または下流方向に湾曲し、前記先端（９２）から前記正圧側壁（４２）まで翼長方向または半径方向外向きに湾曲し、前記先端（９２）から前記負圧側壁（４４）まで内向きに湾曲する、前記ボートテール（８８）をさらに備える、請求項１４に記載の翼（１２）。
【請求項１６】
隣り合う冷却孔（３０）の翼長方向の対（９４）の間で前記隔壁（６８）の前記尾部端（８６）を通る丸みを帯びた断面（９６）を含む前記湾曲ボートテール（８８）をさらに備える、請求項１５に記載の翼（１２）。
【請求項１７】
前記冷却孔（３０）の前記漸拡部（１０２）から実質的に前記翼後縁（ＴＥ）まで翼弦方向または下流方向に延びる前記スロット（６６）のデッキ（１３０）であって、前記後縁冷却孔（３０）のうちの最下部孔（１３２）から最上部孔（１３４）まで翼長方向または半径方向外向きに延び、上部デッキ側壁（１３６）および下部デッキ側壁（１３８）が、翼長方向で前記デッキ（１３０）の境界を形成し、前記デッキ（１３０）から前記正圧側壁（４２）の外面（４３）まで延びる、デッキ（１３０）と、
前記上部デッキ側壁（１３６）および前記下部デッキ側壁（１３８）と前記デッキ（１３０）との間におけるスロットコーナ（６４）の丸み部（６２）と、
をさらに備える、請求項１６に記載の翼（１２）。
【請求項１８】
丸み半径（ＲＦ）を有する前記丸み部（６２）をさらに備え、前記丸み半径（ＲＦ）が、前記漸拡部（１０２）の前記流れ断面（７４）の底コーナ半径（ＲＴ）と同じサイズを前記底コーナ半径（ＲＴ）に隣接して有する、請求項１７に記載の翼（１２）。
【請求項１９】
トラック状の流れ断面（７４）を有する前記漸拡部（１０２）であって、前記トラック状の流れ断面（７４）が、翼長方向に離間し半径（Ｒ）を有する丸みを帯びたまたは半円状の内側端部（８２）と外側端部（８４）の間に矩形部（７５）を含む、前記漸拡部（１０２）と、
前記冷却孔（３０）の前記漸拡部（１０２）から実質的に前記翼後縁（ＴＥ）まで翼弦方向または下流方向に延びる前記スロット（６６）のデッキ（１３０）であって、前記後縁冷却孔（３０）のうちの最下部孔（１３２）から最上部孔（１３４）まで翼長方向または半径方向外向きに延び、上部デッキ側壁（１３６）および下部デッキ側壁（１３８）が、翼長方向で前記デッキ（１３０）の境界を形成し、前記デッキ（１３０）から前記正圧側壁（４２）の外面（４３）まで延びる、デッキ（１３０）と、
前記上部デッキ側壁（１３６）および前記下部デッキ側壁（１３８）と前記デッキ（１３０）との間におけるスロットコーナ（６４）の丸み部（６２）であって、前記流れ断面（７４）の前記半径（Ｒ）と実質的に同じサイズの丸み半径（ＲＦ）を有する丸み部（６２）と、
をさらに備える、請求項１６に記載の翼（１２）。
【請求項２０】
翼長方向における前記孔の高さ（Ｈ）と幅（Ｗ）の孔高さ孔幅比（Ｈ／Ｗ）が約２：１から１０：１の範囲である、前記計量部（１００）および前記漸拡部（１０２）をさらに備える、請求項１９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、より具体的には、後縁冷却スロットに通じるタービン翼後縁冷却孔に関する。

【背景技術】

【０００２】

ガスタービンエンジンでは、空気が圧縮機で加圧され、高温燃焼ガスを発生させるための燃焼器で燃料と混合される。高温ガスは、タービンの幾つかの段を通って運ばれ、幾つかの段は、高温ガスからエネルギーを取り出し、エネルギーは、圧縮機に動力供給し、典型的な航空機ターボファンエンジンの用途では上流ファンに動力供給する等の作用を生じさせる。

【０００３】

タービン段は、中空ベーンの列を有する固定タービンノズルを含み、中空ベーンの列は、支持ロータディスクから半径方向外向きに延びる対応するロータブレードの列内に燃焼ガスを運ぶ。ベーンおよびブレードは、対応する冷却回路を内部に有する対応する中空翼を有する。

【０００４】

冷却空気は、典型的に圧縮機の放出空気であり、放出空気は、燃焼プロセスから分岐され、したがってエンジンの全体効率を低下させる。冷却空気の量は、エンジンの効率を最大化するために最小化される必要があるが、それでもタービン翼を適切に冷却し、タービン翼の耐用年数を最大化するための十分な冷却空気が動作中に使用される必要がある。各翼は、翼基部から翼先端まで長手方向または半径方向外向きに延び、かつ、前縁と後縁の間で翼弦方向に軸方向に延びる略凹状の正圧側壁および反対の略凸状の負圧側壁を含む。タービンブレードでは、翼長は、半径方向内側の基台の基部から、周辺タービンシュラウドから離間した半径方向外側の先端まで延びる。タービンベーンでは、翼は、半径方向の内側バンドと一体の基部から、外側バンドと一体の半径方向外側先端まで延びる。

【０００５】

各タービン翼は、初めは前縁の尾部方向に厚さが増加し、正圧側壁と負圧側壁が結合する比較的薄くまたは鋭利な後縁まで厚さが減少する。翼の幅広部は、熱伝達を促し翼の内側を冷却する様々な形状の内部冷却回路および乱流翼を収容するための十分な内部空間を有するが、比較的薄い後縁は、対応する制限された内部冷却空間を有する。

【０００６】

各翼は、典型的に、翼の側壁を通って延びる膜冷却孔の幾つかの列を含み、冷却孔は、内部回路から使用済み冷却空気を放出する。膜冷却孔は、典型的に、後縁に向けて尾部方向に延び、翼の外面上に冷却空気の薄い膜を形成し、膜は、動作中に翼表面上を流れる高温燃焼ガスに対する追加保護のための断熱空気ブラケットをもたらす。

【０００７】

薄い後縁は、典型的に、後縁冷却スロットの列または単一の長形スロットによって保護され、それらは、冷却孔から正圧側壁上に膜冷却空気を放出するために後縁の直上流の吹出部で正圧側壁を破る。単一の後縁冷却スロットは、正圧側に出口開口を有し、出口開口は、冷却孔を形成する軸方向に延びる隔壁の尾部端の吹出部で始まる。軸方向隔壁は、翼の正圧側および負圧側と一体に形成されてもよく、それら自体は、隔壁によって形成された冷却孔を通じて放出される空気によって冷却される必要がある。隔壁は、典型的に後縁に向けて尾部方向に先細り、したがって、冷却孔は、隔壁の側部に沿う流れの剥離を殆ど伴わずに放出される冷却空気の拡散を促進する浅い漸拡角度で、後縁に向けて漸拡する。

【０００８】

後縁冷却スロットの空力的性能および冷却性能は、冷却スロットおよび介在する隔壁の具体的な形状と直接関連する。冷却孔およびスロットの流れ領域は、冷却スロットを通って放出される冷却空気を調節し、冷却スロットの形状は、その冷却性能に影響を及ぼす。

【０００９】

したがって、改善された後縁冷却、翼の耐久性およびエンジン性能を改善するための冷却孔および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。タービンおよび

エンジンの燃料効率を最大化するために、後縁冷却に使用される冷却流の量を最小化することも望まれる。
【先行技術文献】
【特許文献】
【００１０】
【特許文献１】米国特許出願公開第２０１１／０８５９１５号明細書
【発明の概要】
【００１１】
ガスタービンエンジンのタービン翼（１２）は、翼基部（３４）から翼先端（３６）まで翼長（Ｓ）に沿って外向きに延び、幅方向に離間した正圧側壁（４２）および負圧側壁（４４）であって、互いに反対の前縁（ＬＥ）と後縁（ＴＥ）の間で翼弦方向（Ｃ）に延びる、正圧側壁（４２）および負圧側壁（４４）を含む。翼長方向に離間した後縁冷却孔（３０）の翼長方向の列（３８）は、正圧側壁（４２）と負圧側壁（４４）の間で翼（１２）に収容される。少なくとも複数の後縁冷却孔（３０）は、実質的に後縁（ＴＥ）まで翼弦方向に延び翼長方向に延びる単一の後縁冷却スロット（６６）で終端する。冷却孔（３０）のそれぞれは、下流方向に連続する冷却流との関係で、湾曲入口（７０）、一定領域一定幅の流れ断面（７４）を有する計量部（１００）、および、後縁冷却スロット（６６）に通じる翼長方向漸拡部（１０２）を含む。軸方向隔壁（６８）は、冷却孔（３０）の間で翼弦方向に延び、翼長（Ｓ）に沿って冷却孔を半径方向に分離する。隔壁（６８）の尾部端（８６）は、湾曲ボートテール（８８）を含む。
【００１２】
ボートテール（８８）は、湾曲され、ボートテール（８８）のそれぞれが、正圧側壁（４２）と負圧側壁（４４）の間に翼長方向に位置する先端（９２）を有するボートテール後縁（９０）を含んでもよい。ボートテール後縁（９０）は、先端（９２）から尾部方向または下流方向に湾曲する。ボートテール後縁（９０）は、先端（９２）から正圧側壁（４２）まで翼長方向または半径方向外向きに湾曲し、先端（９２）から負圧側壁（４４）まで内向きに湾曲する。湾曲ボートテール（８８）は、隣り合う冷却孔（３０）の翼長方向の対（９４）の間で隔壁（６８）の尾部端（８６）を通る丸みを帯びた断面（９６）をさらに含んでもよい。
【００１３】
正圧側壁（４２）および負圧側壁（４４）は、正圧側壁面（３９）および負圧側壁面（４０）のそれぞれを孔（３０）にさらに含んでもよく、正圧側壁面（３９）は、計量部（１００）および漸拡部（１０２）の全体を通じて平面状であってもよい。幅（Ｗ）は、孔（３０）の計量部（１００）および漸拡部（１０２）を通じて一定であってもよい。
【００１４】
翼は、冷却孔（３０）の漸拡部（１０２）から実質的に翼後縁（ＴＥ）まで翼弦方向または下流方向に延びるスロット（６６）のデッキ（１３０）であって、後縁冷却孔（３０）のうちの最下部孔（１３２）から最上部孔（１３４）まで翼長方向または半径方向外向きに延びるデッキ（１３０）を含んでもよい。上部デッキ側壁（１３６）および下部デッキ側壁（１３８）は、翼長方向でデッキ（１３０）の境界を形成し、デッキ（１３０）から正圧側壁（４２）の外面（４３）まで延びる。上部デッキ側壁（１３６）および下部デッキ側壁（１３８）とデッキ（１３０）との間におけるスロットコーナ（６４）の丸み部（６２）は、漸拡部（１０２）の流れ断面（７４）の底コーナ半径（ＲＴ）と同じサイズである丸み半径（ＲＦ）を底コーナ半径（ＲＴ）に隣接して有する。
【００１５】
以下の説明では、添付図面と関連して、本発明の前述した態様および他の特徴について説明する。
【図面の簡単な説明】
【００１６】
【図１】翼長方向に延びる後縁冷却スロットで最高点に達する冷却孔を有するタービンベ

ーンおよびロータブレード翼の例示的な実施形態の長手方向断面図である。
【図２】図１に図示するブレードの部分破断斜視図である。
【図３】図２に図示する後縁冷却スロットに通じる計量部および拡散部を有する冷却孔内のプラグを有する冷却孔の正圧側の断面図である。
【図４】図３の４－４線に沿って取られた、後縁冷却スロットに通じる拡散部にプラグを有する冷却孔のうちの１つの概略断面図である。
【図５】図３に図示する冷却孔、プラグおよび後縁冷却スロットを上流側に見た斜視図である。
【図６】図３に図示する冷却孔および後縁冷却スロット内に延びる代替的なプラグの斜視図である。
【図７】図６に図示する冷却孔の間の軸方向隔壁のボートテール尾部端の拡大斜視図である。
【図８】図３の８－８線に沿って取られた、計量部の流れ断面の概略断面図である。
【図９】図３の９－９線に沿って取られた、漸拡部の流れ断面の概略断面図である。
【図１０】図６に図示する代替的なプラグを有する冷却孔のうちの１つの概略断面図である。
【発明を実施するための形態】
【００１７】
図１は、エンジン中心軸線８の周りを取り囲み、燃焼器２０と低圧タービン（ＬＰＴ）２４の間に配置された、例示的なガスタービンエンジンの高圧タービン段１０を図示している。燃焼器２０は、燃料を加圧空気と混合し、タービンを通って下流方向Ｄに流れる高温燃焼ガス１９を発生させる。
【００１８】
高圧タービン段１０は、高圧タービン（ＨＰＴ）２２の上流のタービンノズル２８を含み、タービンノズルを通って燃焼器２０から高圧タービン内に高温燃焼ガス１９が放出される。ここに図示する高圧タービン２２の例示的な実施形態は、周方向に離間した少なくとも１列の高圧タービンブレード３２を含む。タービンブレード３２のそれぞれは、基台１４と一体に形成されたタービン翼１２と、支持ロータディスク１７の周縁にタービンブレードを取り付けるために使用される軸方向挿入蟻継１６とを含む。
【００１９】
図２を参照すると、翼１２は、ブレード基台１４上の翼基部３４から翼先端３６まで翼長Ｓに沿って半径方向外向きに延びる。動作中、高温燃焼ガス１９は、エンジンで発生し、タービン翼１２を越えて下流方向Ｄに流れ、タービン翼は、ブレードを支持するディスクを回転させ、圧縮機（不図示）に動力を供給するためのエネルギーを高温燃焼ガスから取り出す。加圧空気１８の一部は、適当に冷却され、ブレードに導かれ、動作中にブレードを冷却する。
【００２０】
翼１２は、幅方向に離間した略凹状の正圧および略凸状の負圧側壁４２、４４を含む。正圧および負圧側壁４２、４４は、翼基部３４から翼先端３６まで翼長Ｓに沿って長手方向または半径方向外向きに延びる。また、側壁は、互いに反対の翼前縁ＬＥと翼後縁ＴＥの間で翼弦方向Ｃに軸方向に延びる。翼１２は、翼前縁ＬＥと翼後縁ＴＥの間で幅方向または横方向に離間した正圧および負圧側壁４２、４４を有する中空であって、その内部に、動作中に加圧冷却空気または冷媒流５２を循環させるための内部冷却キャビティまたは回路５４を形成する。加圧冷却空気または冷媒流５２は、圧縮機から分流された加圧空気１８の一部である。
【００２１】
タービン翼１２は、翼前縁ＬＥから尾部方向の最大幅まで幅Ｗを増大させまたは幅方向に増大し、比較的薄くまたは鋭利な翼後縁ＴＥで先細る。したがって、内部冷却回路５４のサイズは、翼の幅Ｗと共に変化し、２つの側壁が一体的に結合し翼１２の薄い後縁部５６を形成する後縁部ＴＥの直前では比較的薄い。翼１２のこの薄い後縁部５６またはその

付近には、翼長方向に延びる後縁冷却スロット６６が設けられて後縁部を冷却する。

【００２２】

図３から図７は、正圧および負圧側壁４２、４４の間で翼１２に収容または埋設されて形成された、翼長方向に離間した後縁冷却孔３０の翼長方向の列３８を図示している。冷却孔３０の全てまたは複数は、後縁冷却スロット６６で終了または終端して冷媒冷却空気または冷媒流５２をスロット６６に供給する。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る。後縁冷却孔３０は、後縁ＴＥの翼長Ｓに沿って配置され、動作中に内部冷却回路５４から冷媒流５２を放出するための内部冷却回路と流体連通する。スロット６６のフロアまたはデッキ１３０は、冷却孔３０の漸拡部１０２から実質的に翼後縁ＴＥまで翼弦方向または下流方向に延びる。デッキ１３０は、後縁冷却孔３０のうちの最下部孔１３２から最上部孔１３４まで翼長方向または半径方向外向きに延びる。デッキ１３０は、デッキ１３０から正圧側壁４２の外面４３まで延びる上部および下部デッキ側壁１３６、１３８によって翼長方向で境界を定められる。スロット面６０は、上部および下部デッキ側壁１３６、１３８の間でデッキ１３０に沿って幅方向に延びる。上部および下部デッキ側壁１３６、１３８とデッキ１３０との間のスロットコーナ６４の丸み６２は、漸拡部１０２の流れ断面７４の下部コーナ半径Ｒと実質的に同じサイズであってもよい丸み半径ＲＦを下部コーナ半径Ｒ（図８に示す）に隣接して有する。丸み半径ＲＦは、後縁冷却スロット６６の鋳造性を助ける。

【００２３】

図３は、後縁冷却孔３０をより詳しく図示している。各冷却孔３０は、下流方向に連続する冷却流との関係で、下流方向漸拡用のまたはベルマウス状の湾曲入口７０と、一定領域一定幅の流れ断面計量部１００と、後縁冷却スロット６６に通じ、スロットに冷却空気または冷媒流５２を供給する翼長方向漸拡部１０２とを含む。図３から図６を参照すると、後縁冷却スロット６６は、漸拡部１０２の下流端６９に位置する吹出部（ブレイクアウト）５８で始まる。冷却孔３０の漸拡部１０２は、後縁ＴＥから前方または上流方向に離間した吹出リップ４９で正圧側壁４２の外面４３を破る後縁冷却スロット６６に通じる。

【００２４】

冷却孔３０は、後縁ＴＥに向けて下流方向に延びる対応する軸方向隔壁６８によって、翼長Ｓに沿って半径方向に互いに分離される。湾曲入口７０は、ここでは下流方向漸拡用または、より具体的にはベルマウス入口として図示されている。入口７０は、隔壁６８の前方端部７２に、および前方端部の間に形成される。隔壁６８は、ベルマウス入口７０を形成する、直径７３を有する半円状前方端部７２を含む。冷却孔３０のそれぞれは、軸方向隔壁６８のうちの上部および下部隔壁２５、２６の対応する隣接対に沿って、翼長方向に離間した上部および下部孔面４６、４８を含む。孔３０の翼長方向の高さＨは、図３に図示するように、軸方向隔壁６８のうちの上部および下部隔壁２５、２６の上部および下部孔面４６、４８の間で規定される。計量部１００、漸拡部１０２および後縁冷却スロット６６は、図３に図示するように、下流方向に延びる第１、第２および第３の長さＬ１、Ｌ２およびＬ３をそれぞれに有する。

【００２５】

図３および図５から図７を参照すると、隔壁６８の尾部端８６は、尾部端８６での流れ剥離の発生による空力的損失を低減するように設計され形作られた空力的形状の湾曲ボートテール８８を有する。湾曲ボートテール８８は、漸拡部１０２の下流端６９でスロット吹出部５８を通過した流れの拡散を促すようにも設計される。湾曲ボートテール８８のそれぞれは、ボートテールの後縁９０を含み、後縁は、正圧および負圧側壁４２、４４の間で翼長方向に延び、図７に図示するように、吹出リップ４９または正圧側壁４２と負圧側壁４４の間で翼長方向に位置する先端９２を有する。ボートテール後縁９０は、先端９２から尾部方向または下流方向に湾曲する。ボートテール後縁９０は、先端９２から吹出リップ４９または正圧側壁４２まで翼長方向または半径方向外向きに、および先端９２から負圧側壁４４まで内向きに湾曲する。湾曲ボートテール８８のそれぞれは、隣り合う冷却孔３０の翼長方向の対９４の間で隔壁６８の尾部端８６を通る丸みを帯びた断面９６を含

む。ボートテール後縁９０は、吹出リップ４９に追加強度をもたらし、冷却孔３０の出口である吹出部５８の上流のフロアまたはデッキ１３０で異なる冷却孔３０の流れを合流させる。

【００２６】

図３から図５を参照すると、冷却孔３０には、空力的形状のプラグ１１０が配置される。プラグ１１０は、漸拡部１０２の少なくとも一部を通って下流方向に延びる。プラグ１１０は、プラグ基部１１２から起立するプラグドーム１１４を含む。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および下流ドーム端１１６、１１８を含む。プラグ基部の翼長方向の高さＨは、プラグ１１０のプラグ長ＬＰに沿う冷却孔の翼長方向の高さＨよりも小さい。プラグ１１０は、翼長方向で孔３０の中心に位置付けられる。プラグ基部１１２は、ここでは、負圧側壁４４の負圧側壁面４０に沿って延びるように図示されている。代わりに、プラグ基部１１２は、正圧側壁４２の正圧側壁面３９に沿って延びてもよい。プラグ１１０は、冷却孔３０の漸拡部１０２における面積流断面７４の拡大率を制御する。プラグ１１０は、冷却孔面に沿う安定したディフューザ流を維持することを助け、すなわち、漸拡部１０２で正圧および負圧側壁４２、４４のそれぞれの正圧および負圧側壁面３９、４０に沿う流れの剥離および渦を防止または低減する。プラグ１１０は、漸拡部１０２で軸方向隔壁６８の上部および下部隔壁２５、２６の上部および下部孔面４６、４８の漸拡がプラグなしの場合よりも大きくなることを可能にし、漸拡部１０２を通る冷媒流５２の付着および安定を維持することを可能にする。流れ断面７４は、漸拡部１０２の第２の長さＬ２全体を通じて領域を増加させるが、この増加率は、プラグ１１０によって制御される。プラグ１１０は、三次元的に形作られ輪郭付けられて、冷媒流５２の付着および安定を維持し、漸拡部１０２を通る軸方向隔壁６８のうちの上部および下部隔壁２５、２６の上部および下部孔面４６、４８に沿う剥離を防止する。

【００２７】

図９を参照すると、冷却孔３０は、断面孔領域ＡＨを有し、プラグ１１０は、断面プラグ領域ＡＰを有する。プラグ１１０と冷却孔３０の間の流れ断面７４は、孔領域ＡＨとプラグ領域ＡＰの間の差に等しい断面流れ領域ＡＦを有する。漸拡部１０２の流れ断面７４の断面流れ領域ＡＦは、下流方向に増加する。計量部１００内およびプラグ１１０の上流の漸拡部１０２の任意の部分内の流れ断面７４の断面流れ領域ＡＦは、冷却孔３０の断面孔領域ＡＨである。

【００２８】

計量部１００内およびプラグ１１０の上流の漸拡部１０２の任意の部分内の流れ断面７４の実施形態は、図８および図９では、翼長方向または半径方向に離間した丸みを帯びたまたは半円状の内側および外側端部８２、８４の間の矩形部７５を有するトラック状の流れ断面７４を有するように図示されている。ここに図示するトラック状の流れ断面７４は、翼長方向に長く、４つの等しいコーナ半径Ｒを有し、０．１５～０．５０の範囲の好ましい幅高さ比Ｗ／Ｈを有する。

【００２９】

図９に図示するプラグ１１０を有する漸拡部１０２の一部の流れ断面７４の実施形態は、比較的狭い矩形中央部１２４の末端１２２に比較的広い丸みを帯びた２つの丸突出部１２０を有するとして概して説明されてもよい。流れ断面７４の高さＨは、漸拡部１０２の全長を通じて増加する。流れ断面７４の幅Ｗは、図４に図示するように、プラグ１１０が無い場所では一定であり、プラグ１１０がある場所では流れ断面７４の高さＨに亘って変化する。丸突出部１２０は、正圧および負圧側壁４２、４４のそれぞれの正圧および負圧側壁面３９、４０の間で計測されるように、漸拡部１０２の幅Ｗに等しい最大幅ＭＷを有する。

【００３０】

丸突出部１２０は、漸拡部１０２で正圧および負圧側壁４２、４４のそれぞれの正圧および負圧側壁面３９、４０の間に延びる。丸突出部１２０は、中央部１２４よりも実質的に広い。軸方向隔壁６８のうちの下部隔壁２６の下部孔面４８は、プラグ１１０が位置す

る漸拡部１０２に沿ってプラグ基部１１２よりも実質的に広い。これによって、冷媒流５２は、漸拡部１０２でプラグ１１０と正圧および負圧側壁４２、４４のそれぞれの正圧および負圧側壁面３９、４０との間を通過し、それらを冷却する。

【００３１】

冷却孔３０、後縁冷却スロット６６および湾曲ボートテール８８は、冷却流が著しく減少しても、翼後縁ＴＥのデッキ１３０の終端までの下流方向または尾部方向の全てでスロットデッキ１３０全体に亘って翼長方向デッキ１３０の膜有効度をもたらすように設計される。翼冷却設計の研究は、１段目のブレード流の約１０％の潜在的な冷却流の減少を示している。研究は、より多くの従来のスロット設計よりも後縁温度が華氏８０～９０度低いことを同時に指摘しており、流れをさらに低減することができる。このことは、エンジン性能にとって著しく有益である。

【００３２】

図３から図５を参照すると、図４に図示するように、正圧および負圧側壁４２、４４のそれぞれの正圧および負圧側壁面３９、４０の間で孔３０の孔幅Ｗが規定される。後縁冷却スロット６６およびデッキ１３０は、高圧タービン２２を通過する高温燃焼ガス１９に対して開放され露出する。デッキ１３０は、負圧側壁４４に沿う第３の長さＬ３全体に延びる。

【００３３】

冷却孔３０および後縁冷却スロット６６は、冷却形状構成に鋳造される。これらの形状構成の鋳造によって、良好な強度、低い製造コスト、ならびに翼、ブレードおよびベーンの耐久性がもたらされる。翼長方向または半径方向に離間し丸みを帯びたまたは半円状の内側および外側端部８２、８４の間に矩形部７５を有するトラック状の流れ断面７４によって、翼の冷却に必要である冷媒流５２の量を低減する良好な冷却流特性がもたらされる。底コーナ半径Ｒは、これらの冷却形状構成の良好な冷却、鋳造性、および強度に寄与する。

【００３４】

一定幅Ｗを有し翼長方向に長い計量部１００は、冷媒流５２の量を制御するようにサイズ決定されてエンジンサイクルに有益である。翼長方向に長い計量部１００および漸拡部１０２は、吹出部５８で流れ範囲を拡張し、後縁冷却スロット６６に冷媒流５２を均等に分布させる。孔３０の漸拡部１０２の上流にある一定幅Ｗの計量部１００は、漸拡部１０２に冷媒流５２を完全に付着させて維持するのに役立つ。トラック状の領域および流れ断面７４を有する一定幅Ｗの計量部１００は、後縁冷却流５２を低減させる。

【００３５】

冷却孔３０の平面的な正圧側壁面３９は、吹出部での冷媒流５２の冷却速度と、正圧側壁４２の外面４３に沿う高温燃焼ガスのガス速度とを凡そ等しく維持して、タービン効率に悪影響を及ぼしうる空力的損失を最小化するのに役立つ。これら２つの形状構成は、冷媒流５２がスロット６６に付着して流れるのを維持するのにも役立つ。

【００３６】

図６、図７および図１０を参照すると、冷却孔３０に配置された空力的形状のプラグ１１０は、漸拡部１０２の少なくとも一部および後縁冷却スロット６６の少なくとも一部を通って下流方向に延びる拡張されたプラグである。

【００３７】

プラグは、拡散部の空力的な流れ障壁、すなわち所定の冷媒流量のための低減された流れ領域を形成する。このことは、ディフューザ拡張角度の増加を可能にし、ディフューザで安定し付着した流れを維持する。ディフューザの拡張が大きいほど、高温の平坦面領域が小さくなり、冷却スロットのフロア面流域が大きくなる。プラグは、スロット出口での冷媒速度を高く維持する。冷媒流量が同一である場合、プラグなしのディフューザは、プラグありのディフューザよりも低いスロット出口速度を有する。このことは、外部ガス速度に対する冷媒速度の比の関数である、高温ガスと冷媒ストリームの混合による空力的損失を限定するのに重要である。この比が１に近いほど、混合損失が小さい。プラグは、冷

却流を低減させる一方で、冷却流速度を高く維持するのに役立つ。プラグは、デッキ上に冷媒流を押し付け、非常に高い平坦膜効果を与えるのに非常に好ましい流れ角度および渦条件を整える。拡張プラグは、この効果を際立たせる。

【００３８】

プラグ１１０は、冷却孔３０の漸拡部１０２のディフューザ性能を改善するように設計される。プラグは、漸拡部の内部流を安定させるのに役立つ。プラグは、設計ニーズおよび意図される流れ領域の変化に応じて、スロットフロアの平均レベルよりも下方の側溝を有する入り込んだ形状を含む多くの空力的形状を有して、内部流の付着を維持する。吹出し漸拡部は、壁拡散角度と拡散長とプラグの内部の形状との具体的な組合せで安定した流れ膨張を維持する。

【００３９】

冷却孔３０の漸拡部１０２は、スロット６６への冷却孔出口で拡散出口流角度を整える。デッキ１３０は、後縁の最高温度部になり易い従来の平坦部を排除する。したがって、冷却スロットのフロア領域が最大化される。湾曲ボートテール８８は、空力的損失を低減させるように設計され、吹出し部５８を通過する流れ拡散を促す。

【００４０】

本発明を図示的な方法で説明した。使用している用語は、限定の用語よりも説明の用語の性質を帯びるものとして意図されることは当然である。ここでは本発明の好ましい例示的な実施形態と考えられるものを説明しているが、本発明の他の修正は、ここにある教示から当業者にとって明らかであり、したがって、本発明の本来の主旨および範囲に含まれるそのような修正の全ては添付の特許請求の範囲に確保されることが望まれる。

【００４１】

したがって、特許証による確保が望まれるものは、以下の特許請求の範囲に規定され差別化されるような本発明である。

【符号の説明】

【００４２】

８　中心軸線
１０　高圧タービン段
１２　タービン翼
１４　基台
１６　軸方向挿入蟻継
１７　支持ロータディスク
１８　加圧空気
１９　高温燃焼ガス
２０　燃焼器
２２　高圧タービン（ＨＰＴ）
２４　低圧タービン（ＬＰＴ）
２５　上部隔壁
２６　下部隔壁
２８　タービンノズル
３０　後縁冷却孔
３２　高圧タービンブレード
３４　翼基部
３６　翼先端
３８　翼長方向の列
３９　正圧側壁面
４０　負圧側壁面
４２　正圧側壁
４３　外面
４４　負圧側壁

４６　上部孔面
４８　下部孔面
４９　吹出リップ
５２　加圧冷却空気または冷媒流
５４　内部冷却キャビティまたは回路
５６　薄い後縁部
５８　スロット吹出部
６０　スロット面
６２　丸み
６４　スロットコーナ
６６　後縁冷却スロット
６８　軸方向隔壁
６９　下流端
７０　湾曲入口
７２　前方端部
７３　直径
７４　流れ断面
７５　矩形部
８２　内側端部
８４　外側端部
８６　尾部端
８８　湾曲ボートテール
９０　後縁
９２　先端
９４　対
９６　丸みを帯びた断面
１００　流れ断面計量部
１０２　漸拡部
１１０　プラグ
１１２　プラグ基部
１１４　プラグドーム
１１６　上流ドーム端
１１８　下流ドーム端
１２０　丸突出部
１２２　末端
１２４　矩形中央部
１３０　フロアまたはデッキ
１３２　最下部孔
１３４　最上部孔
１３６　上部デッキ側壁
１３８　下部デッキ側壁
ＡＦ　断面流れ領域
ＡＨ　断面孔領域
ＡＰ　断面プラグ領域
Ｃ　翼弦方向
Ｄ　下流方向
Ｈ　高さ
Ｌ１　第１の長さ
Ｌ２　第２の長さ
Ｌ３　第３の長さ

ＬＥ　翼前縁
ＬＰ　プラグ長
ＭＷ　最大幅
ＴＥ　翼後縁
Ｒ　下部コーナ半径
ＲＦ　丸み半径
Ｓ　翼長
Ｗ　幅

【図１】

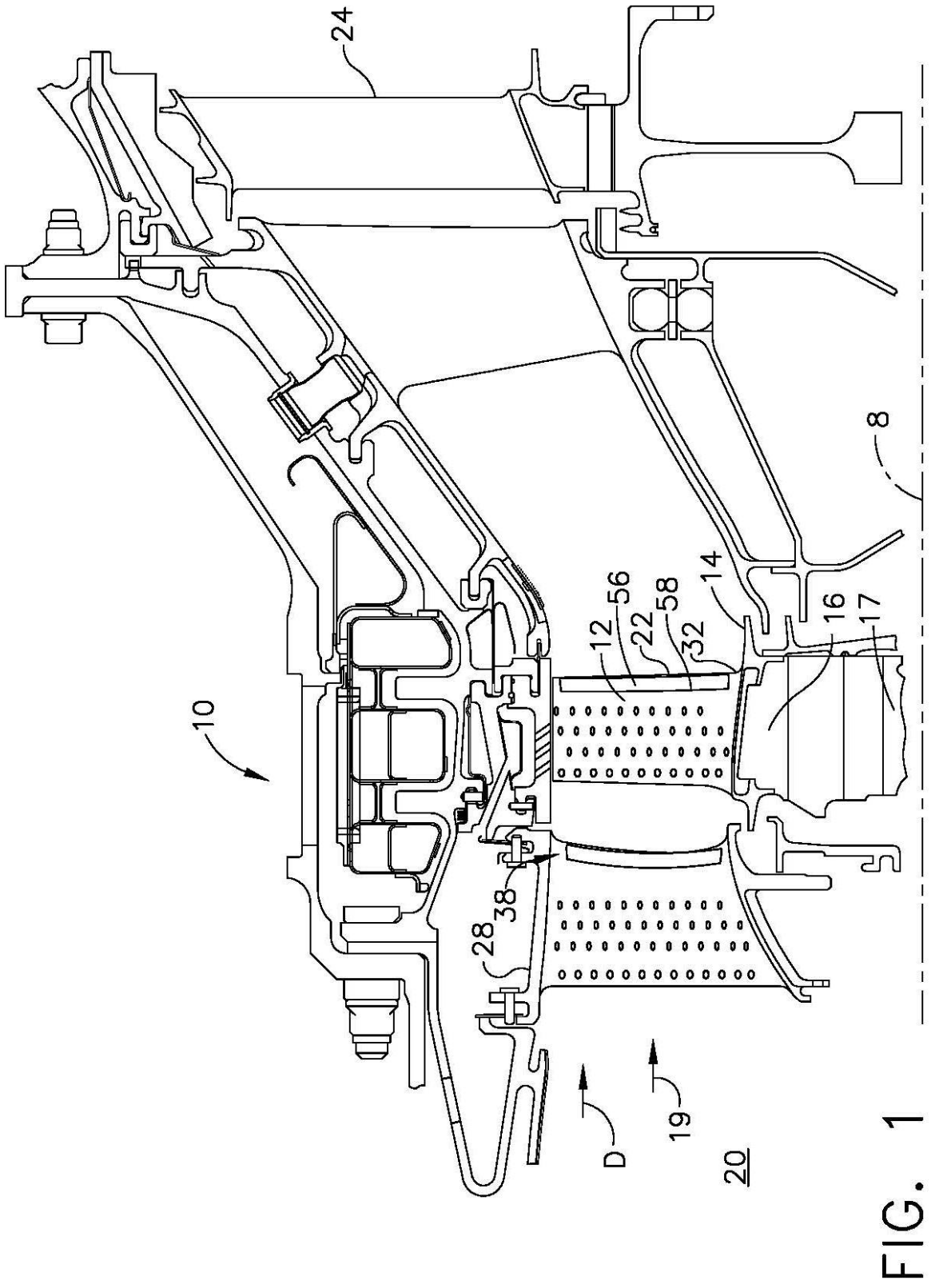

FIG. 1

【図２】

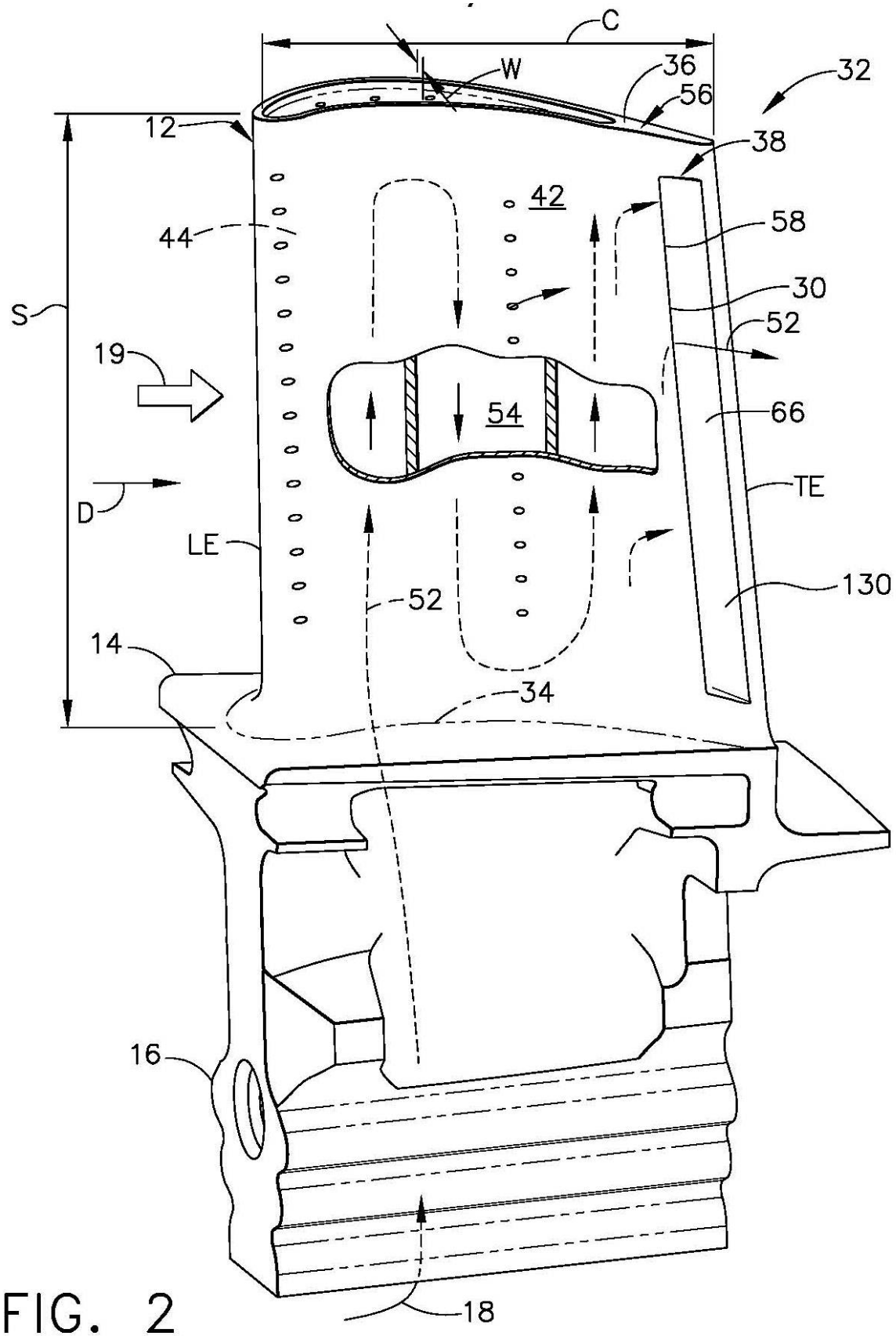

FIG. 2

【図３】

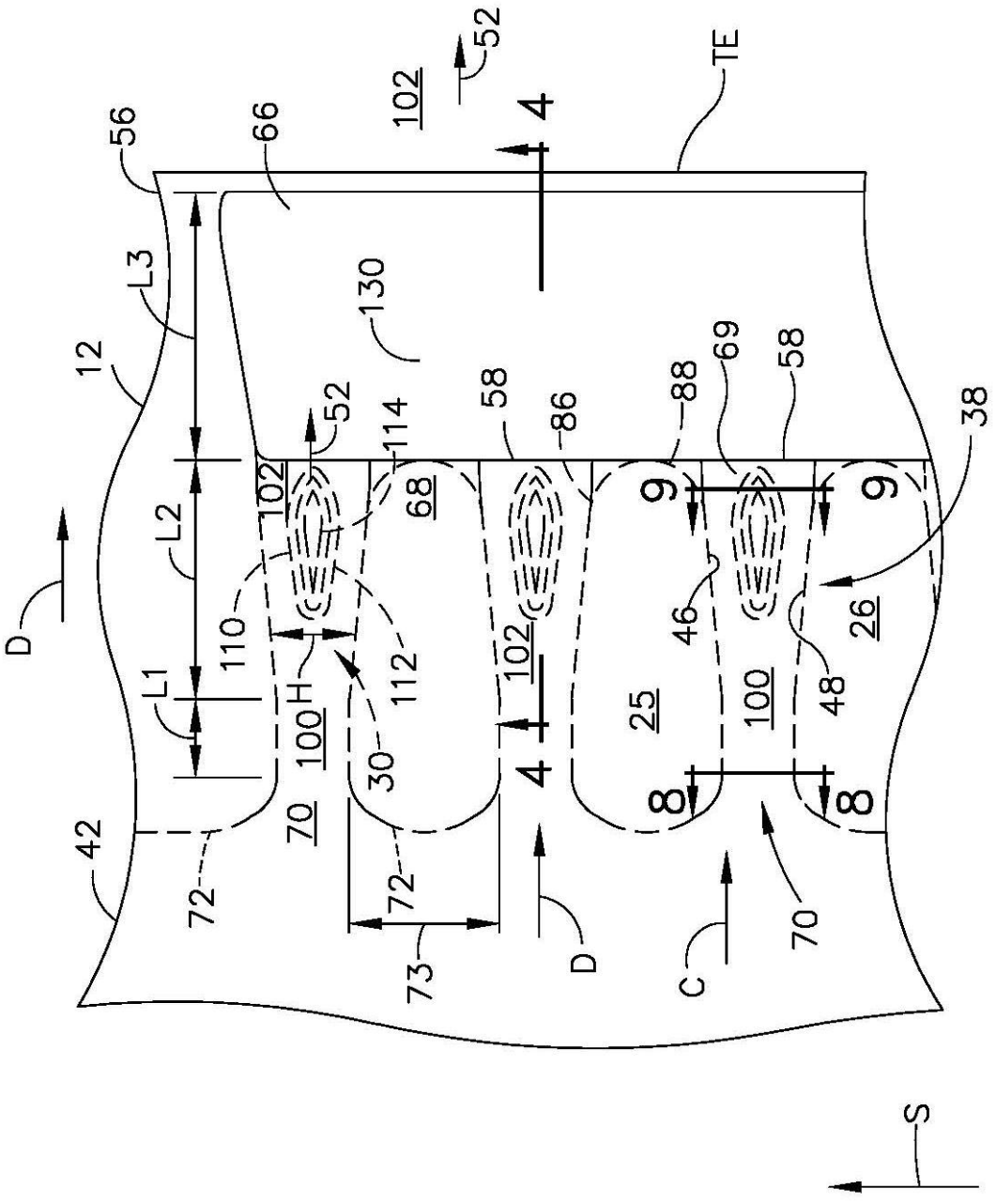
52
102
TE
4
56
66
L3
130
12
52
114
58
86
88
69
58
38
102
68
9
9
L2
D
110
112
102
46
26
L1
H
100
30
25
100
48
4
8
8
42
70
72
72
73
D
C
70
S

FIG. 3

【図４】

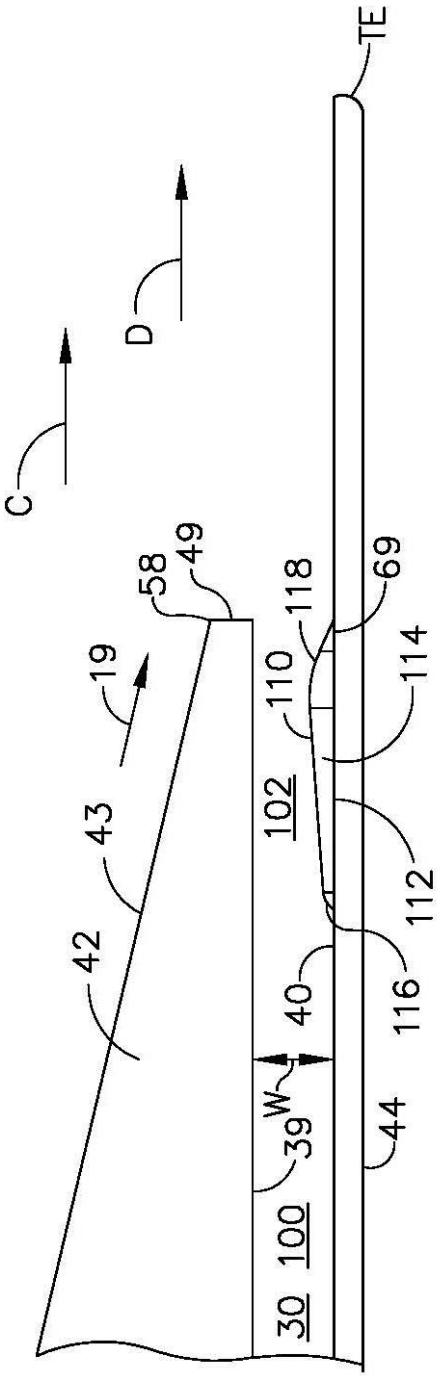

FIG. 4

【図５】

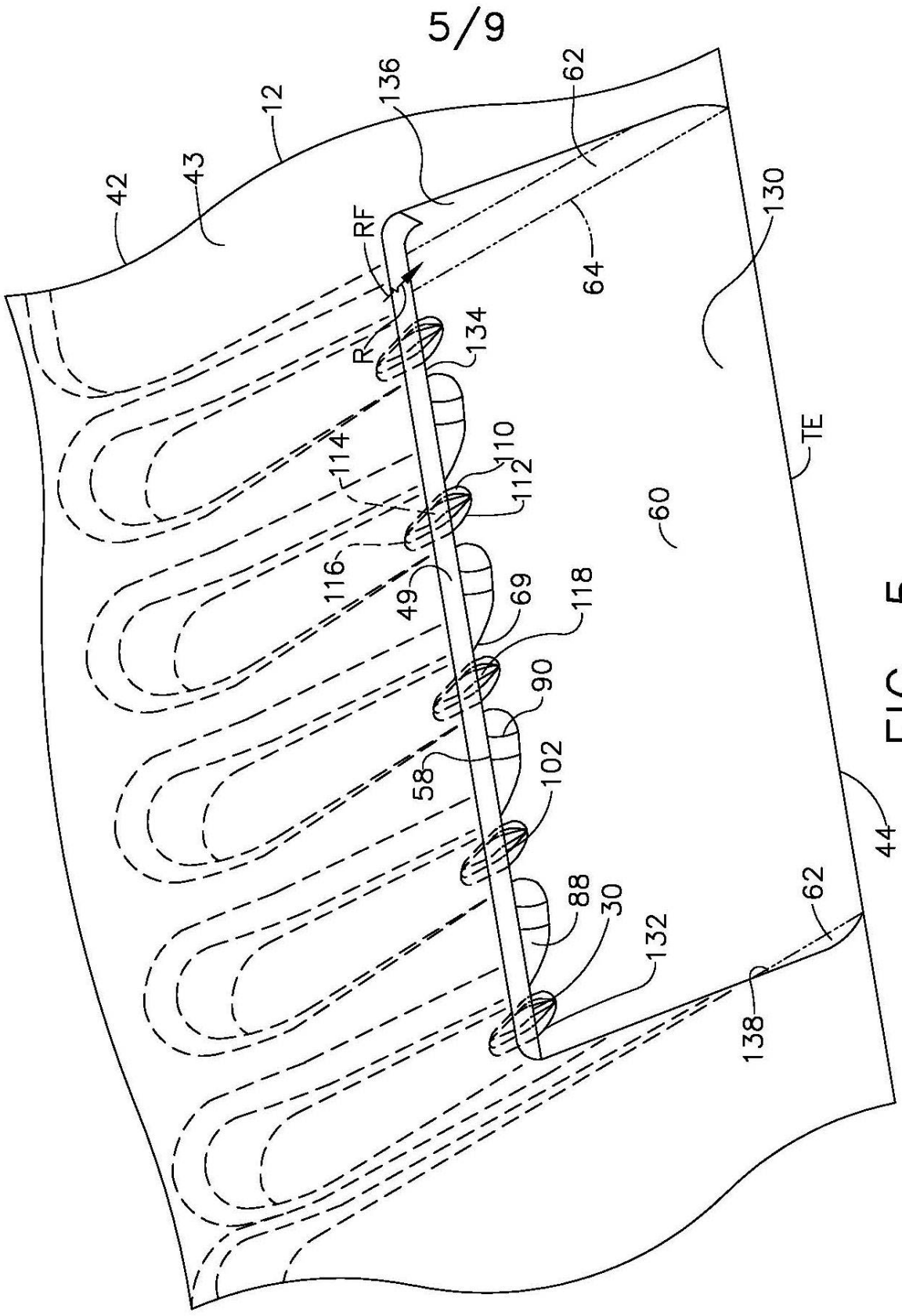
5/9
42
43
12
136
62
RF
64
130
R
134
114
110
112
TE
60
116
49
69
118
90
58
102
88
30
132
62
138
44

FIG. 5

【図６】

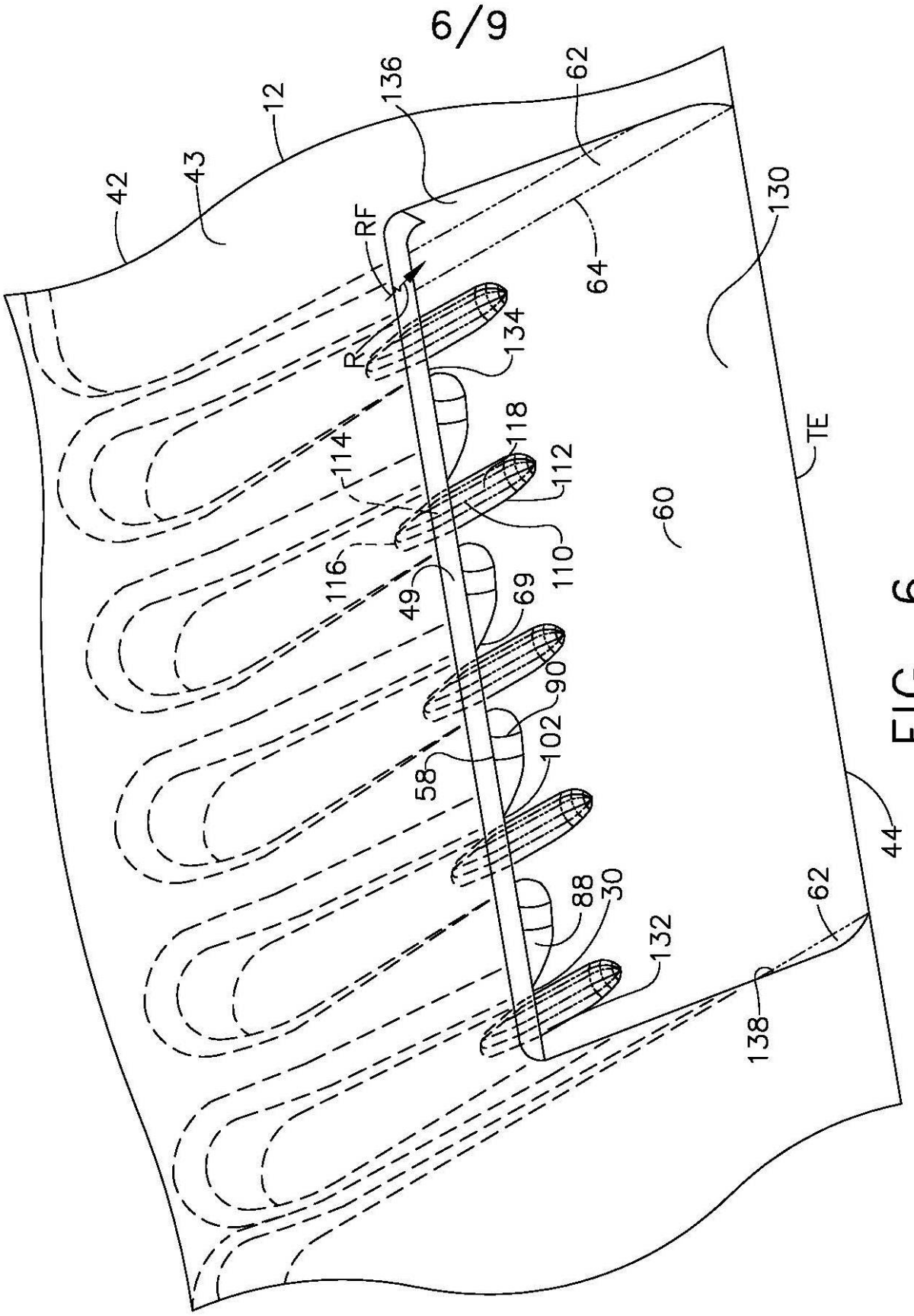
6/9
42
43
12
136
62
RF
64
130
134
R
118
114
112
TE
60
116
110
49
69
90
102
58
88
30
132
62
138
44

FIG. 6

【図７】

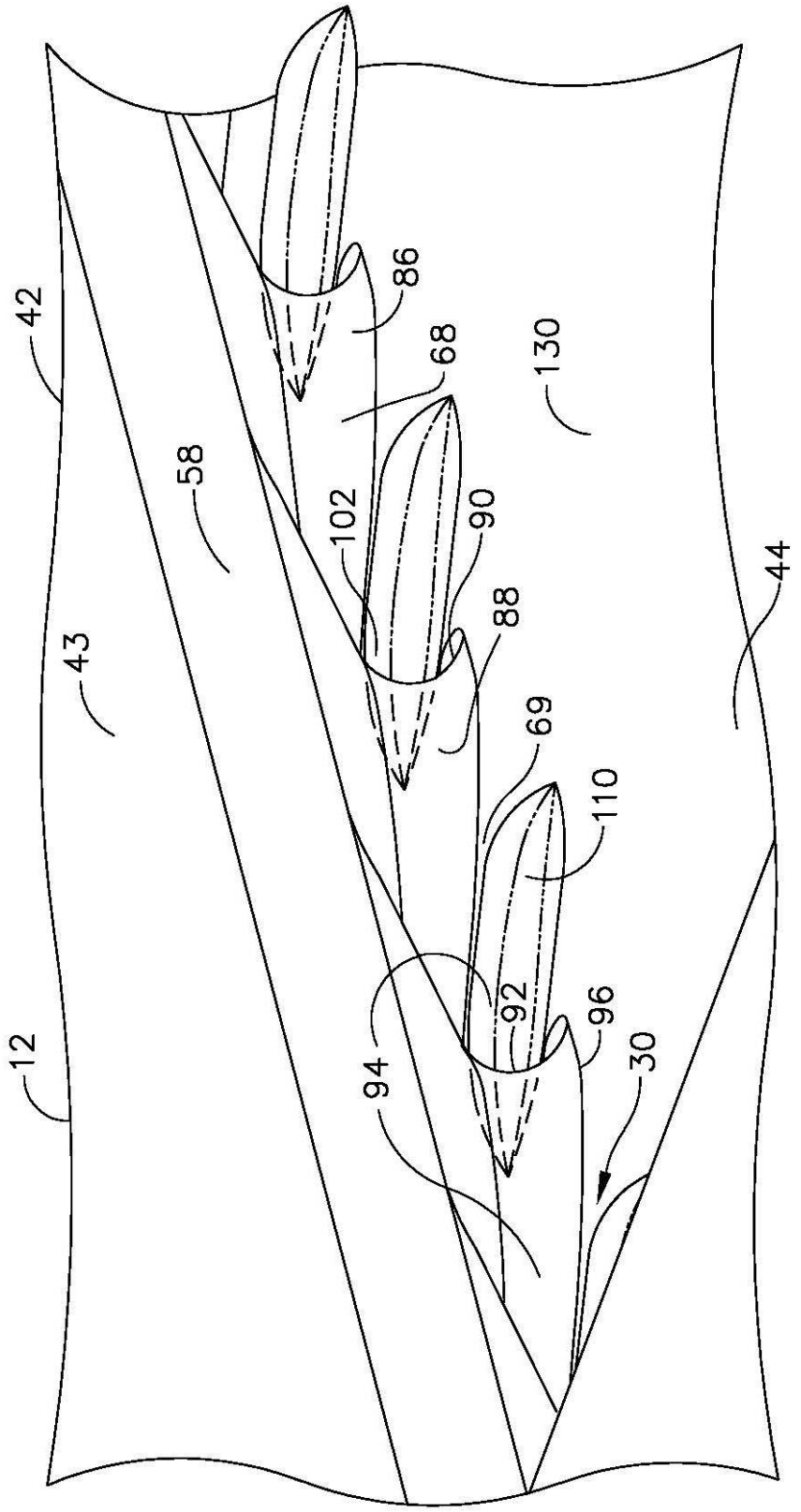

FIG. 7

【図８】

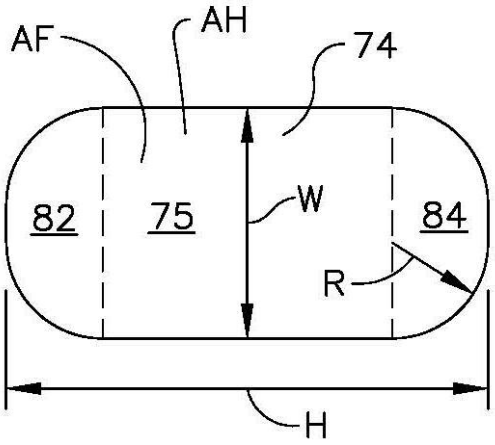

FIG. 8

【図９】

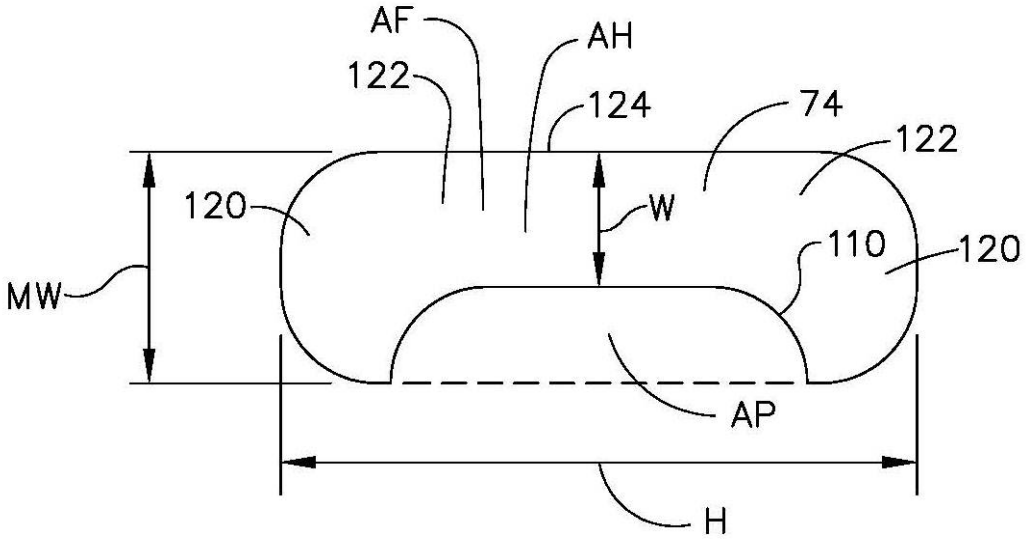

FIG. 9

【図１０】

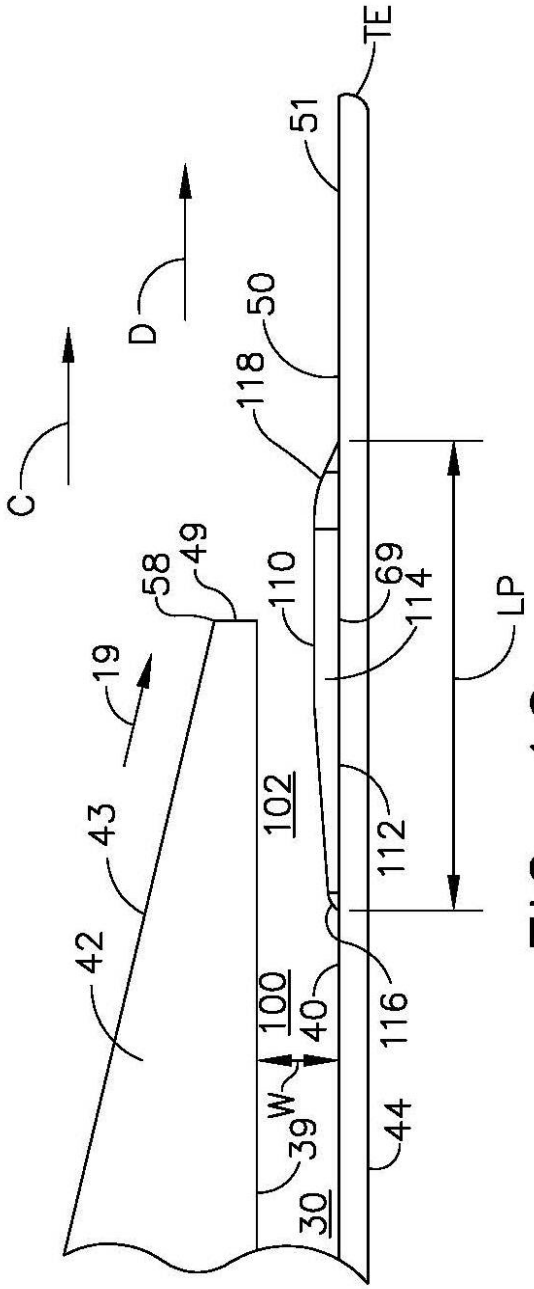
TE
51
D
50
118
C
58
49
110
69
114
LP
19
102
43
112
42
100
40
116
W
39
44
30

FIG. 10

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2013/036319

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F01D5/18
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	GB 2 036 884 A (GEN ELECTRIC) 2 July 1980 (1980-07-02) page 1, line 91 - page 2, line 105; figures 2-4	1-5,14
X	US 2011/085915 A1 (KRUECKELS JOERG [CH] ET AL) 14 April 2011 (2011-04-14) columns 23-29	1-4,14
A	EP 1 213 442 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 12 June 2002 (2002-06-12) columns 39-45	1,14

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
11 June 2013	18/06/2013
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Pileri, Pierluigi

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/US2013/036319

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB 2036884 A	02-07-1980	CA 1131563 A1	14-09-1982
		DE 2930949 A1	03-07-1980
		FR 2444158 A1	11-07-1980
		GB 2036884 A	02-07-1980
		IL 57468 A	15-05-1983
		IT 1122425 B	23-04-1986
		JP S5584803 A	26-06-1980
		JP S6237201 B2	11-08-1987
		US 4303374 A	01-12-1981
US 2011085915 A1	14-04-2011	EP 2252771 A1	24-11-2010
		JP 2011513636 A	28-04-2011
		US 2011085915 A1	14-04-2011
		WO 2009109462 A1	11-09-2009
EP 1213442 A1	12-06-2002	NONE	

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (April 2005)

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KM,KN,KP,KR,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC

(72)発明者 バーグホルツ, ロバート・フレデリック
アメリカ合衆国、オハイオ州・４５１４０、ラブランド、リトル・リバー・レーン、６７６６
(72)発明者 ダルストック, ダニエル・リー
アメリカ合衆国、ケンタッキー州・４１０１１、フォート・ライト、ピケット・ドライブ、４３９

Ｆターム(参考) 3G202 CA06 CA07 CB01 GA08 GB01 JJ04 JJ17 JJ18 JJ31