

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6192984号
(P6192984)

(45) 発行日 平成29年9月6日(2017.9.6)

(24) 登録日 平成29年8月18日(2017.8.18)

(51) Int.Cl.		F I			
FO1D	5/18	(2006.01)	FO1D	5/18	
FO1D	5/20	(2006.01)	FO1D	5/20	
FO2C	7/18	(2006.01)	FO2C	7/18	A
FO1D	25/12	(2006.01)	FO1D	25/12	E

請求項の数 12 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2013-108462 (P2013-108462)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成25年5月23日 (2013.5.23)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
(65) 公開番号	特開2013-245678 (P2013-245678A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州 123
(43) 公開日	平成25年12月9日 (2013.12.9)		45、スケネクタデイ、リバーロード、1
審査請求日	平成28年5月19日 (2016.5.19)		番
(31) 優先権主張番号	13/479,663	(74) 代理人	100137545
(32) 優先日	平成24年5月24日 (2012.5.24)		弁理士 荒川 聡志
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(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】 タービン動翼の先端の冷却構造

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ガスタービンエンジン用タービン動翼であって、

外側半径方向縁部に先端を有するエーロfoilを備え、

前記エーロfoilが前記エーロfoilの前縁および後縁とともに接合される正圧側壁および負圧側壁を含み、前記正圧側壁および前記負圧側壁が付け根から前記先端まで延び、

前記先端が先端板および前記先端板の周囲に沿って配置されたレールを含み、

前記レールが冷媒源に連結されたレールマイクロチャンネルを含み、

前記先端板が、該先端板に設けられた、上流端と下流端とを備える先端板マイクロチャンネルを含み、

前記レールマイクロチャンネルが機械加工された溝を包囲するカバーを備え、

前記先端板マイクロチャンネルの下流端は、前記レールのベースで、前記レールマイクロチャンネルの上流端に連結され、

前記レールマイクロチャンネルの下流端が前記レールの外側半径方向縁部付近に位置するタービン動翼。

【請求項2】

ガスタービンエンジン用タービン動翼であって、

外側半径方向縁部に先端を有するエーロfoilを備え、

前記エーロfoilが前記エーロfoilの前縁および後縁とともに接合される正圧

10

20

側壁および負圧側壁を含み、前記正圧側壁および前記負圧側壁が付け根から前記先端まで延び、

前記先端が先端板および前記先端板の周囲に沿って配置されたレールを含み、

前記レールが冷媒源に連結されたレールマイクロチャンネルを含み、

前記先端板が、該先端板に設けられた、比較的前記後縁に近い上流端と比較的前記前縁に近い下流端とを備える先端板マイクロチャンネルを含み、

前記レールマイクロチャンネルが比較的前記前縁に近い上流端と比較的前記後縁に近い下流端とを備え、

前記先端板マイクロチャンネルの下流端は、前記レールのベースで、前記レールマイクロチャンネルの上流端に連結され、

前記レールマイクロチャンネルの下流端が前記レールの外側半径方向縁部付近に位置するタービン動翼。

【請求項 3】

前記正圧側壁が外側半径方向縁部を備え、前記負圧側壁が外側半径方向縁部を備え、前記エーロfoilが前記先端板が軸方向かつ周方向に延びて前記負圧側壁の前記外側半径方向縁部を前記正圧側壁の前記外側半径方向縁部に連結するように構成される、請求項 1 または 2 に記載のタービン動翼。

【請求項 4】

前記レールが正圧側レールおよび負圧側レールを含み、前記正圧側レールが前記エーロfoilの前記前縁および前記後縁で前記負圧側レールに連結され、

前記正圧側レールが前記先端板から半径方向外側に延び、前記前縁から前記後縁まで横行して、その結果前記正圧側レールが前記正圧側壁の前記外側半径方向縁部と概ね位置合わせされ、

前記負圧側レールが前記先端板から半径方向外側に延び、前記前縁から前記後縁まで横行して、その結果前記負圧側レールが前記負圧側壁の前記外側半径方向縁部と概ね位置合わせされ、

前記正圧側レールおよび前記負圧側レールが前記エーロfoilの前記前縁から前記後縁まで連続し、前記前縁と前記後縁の間に先端空洞を画定し、前記レールマイクロチャンネルが前記レールの内側レール表面上に配置される、請求項 3 に記載のタービン動翼。

【請求項 5】

前記マイクロチャンネルが前記レールのベース付近に位置付けられた上流側および前記レールの外側半径方向縁部付近に位置付けられた下流側を備え、

前記エーロfoilがエーロfoil室を備え、

前記先端から冷却流体として放出した冷媒が再度前記エーロfoil室に戻るように前記エーロfoil室が動作中に冷媒を循環させるように構成された内部室を備える、請求項 4 に記載のタービン動翼。

【請求項 6】

前記レールマイクロチャンネルが前記先端板に対して角度を形成し、前記角度が 5 ° から 40 ° である、請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載のタービン動翼。

【請求項 7】

前記レールマイクロチャンネルが線形であり、

前記レールマイクロチャンネルが機械加工された溝を包囲する非一体型カバーを備え、

前記カバーがコーティング、シート、foil、およびワイヤの 1 つを備える、

請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載のタービン動翼。

【請求項 8】

前記レールマイクロチャンネルが前記動翼の前記先端の外側付近に概ね平行に延びる包囲された中空流路を含む、請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載のタービン動翼。

【請求項 9】

前記レールマイクロチャンネルが前記内側レール表面から約 0 . 0 5 インチ未満に存在し、前記レールマイクロチャンネルが約 0 . 0 0 3 6 平方インチ未満の流通断面積を含む、請求

10

20

30

40

50

項 8 記載のタービン動翼。

【請求項 10】

前記レーンマイクロチャンネルの下流端が前記負圧側壁側の前記レーンの外側半径方向縁部付近に位置する、請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載のタービン動翼。

【請求項 11】

前記先端板のマイクロチャンネルの前記上流端が前記先端板を通してエーロfoil室に通る冷媒流路に連結される、請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載のタービン動翼。

【請求項 12】

前記先端板を通る前記冷媒流路が膜冷媒出口を含み、

前記先端板のマイクロチャンネルが、前記膜冷媒出口から前記タービン動翼を出た前記冷媒が前記先端板マイクロチャンネルを通るように方向付けるように構成され、

前記先端板のマイクロチャンネルと前記レーンのマイクロチャンネルの間の連結部が前記先端板のマイクロチャンネルを通して流れる冷媒を前記レーンのマイクロチャンネルを通るように方向付けるように構成され、

前記レーンのマイクロチャンネルを通して流れる冷媒が前記上流端から前記下流端に位置付けられた出口に流れ、前記出口が前記レーンの外側半径方向縁部付近に配置される、請求項 11 記載のタービン動翼。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本出願は、一般に、ガスタービン動翼の先端を冷却するための装置、方法、および/またはシステムに関する。より詳細には、限定的ではないが、本出願は、タービン翼先端のマイクロチャンネルの設計および実装に関連する装置、方法、および/またはシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

ガスタービンエンジンでは、周知のように、空気が圧縮機内で加圧され、燃焼器内で燃料を燃焼させるために使用されて、熱い燃焼ガスの流れが生成され、こうしたガスが1つまたは複数のタービンを通して下流に流れて、それからエネルギーを抽出することができるようになされる。こうしたタービンでは、全般的に、周方向に間隔を置いて配置された動翼列が支持ロータディスクから半径方向外側に延びる。各翼は、通常、ロータディスク内の対応するダブテールスロット内で翼を組み立て、かつ解体することができるようにするダブテール、並びにダブテールから半径方向外側に延びるエーロfoilを含む。

30

【0003】

エーロfoilは、対応する前縁と後縁の間で軸方向に、付け根と先端の間で半径方向に延びる全般的に凹面の正圧側および全般的に凸面の負圧側を有する。理解されるように、翼先端は半径方向外側のタービンシュラウドに近接するように配置されて、タービン翼の間を下流に流れる燃焼ガスの翼先端とタービンシュラウドの間の漏れを最小限に抑える。エンジンの最大効率、先端のクリアランスまたは間隙を最小にして、こうした漏れを防ぐことによって得られるが、この方法は、動翼とタービンシュラウド間の様々な熱的かつ機械的な膨張率および収縮率、並びに、動作中に先端がシュラウドに接触して過剰な摩擦が生じるという望ましくない予想を回避する誘因によって幾分制限される。

40

【0004】

さらに、タービン翼は熱い燃焼ガスに浸されるため、有用な部品の寿命を保証するには、有効な冷却が必要である。通常、翼エーロfoilは中空であり、圧縮機と連通する流れの中に配置され、圧縮機から流れる加圧空気の一部を受けて、エーロfoilの冷却に使用する。エーロfoilの冷却は、非常に複雑であり、冷却空気を排出するためのエーロfoilの外壁を通る、様々な形態の内部冷却チャンネル、および形体、並びに冷却孔を使用して行うことができる。それでもなお、エーロfoilの先端は、タービンシュラウ

50

ドに直接隣接するように配置され、先端の間隙を通して流れる熱い燃焼ガスによって加熱されるため、冷却が特に難しい。したがって、通常、翼のエーロfoilの内部を流れる空気の一部が、先端を冷却するために先端を通して排気される。

【0005】

理解されるように、従来の翼先端の設計は、漏れを防ぎ、冷却効果を高める幾つかの異なる幾何学的形状および構成を含む。例示の特許には、Butts他の米国特許第5,261,789号、Bunkerの米国特許第6,179,556号、Mayer他の米国特許第6,190,129号、およびLeeの米国特許第6,059,530号が含まれる。しかし、従来の翼先端の設計には全て、漏れを十分に低減することができない、かつ/または効率を低下させる圧縮機を迂回する空気を最小限に抑える有効な先端の冷却を可能にすることができない等の一般的な機能不全を含む、幾つかの欠点がある。さらに、以下でより詳細に論じるように、従来の翼先端設計、特に、「スキラ先端」設計を有するものは、マイクロチャネル冷却の利点を生かすことができず、または有効に組み込むことができない。その結果、タービン翼先端の領域に向けられた冷媒の全体効率を上げる改良型タービン翼先端設計が非常に求められている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】米国特許出願公開第2010/0183427号公報

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本出願は、本発明の一態様により、外側半径方向縁部に先端を有するエーロfoilを含む、ガスタービンエンジンで使用されるタービン動翼を記載する。

【課題を解決するための手段】

【0008】

エーロfoilは、エーロfoilの前縁および後縁で接合される正圧側壁および負圧側壁を含み、正圧側壁および負圧側壁は付け根から先端まで延びる。先端は、先端板、および先端板の周囲に沿って配置されたレールを含む。レールは冷媒源に連結されたマイクロチャネルを含む。

30

【0009】

本発明と見なされる主題は、本明細書の終わりに特許請求の範囲に具体的に示され明瞭に主張されている。本発明の上記その他の特徴、および利点は、添付の図面と併せて、以下の詳細な説明から明らかである。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】ターボ機械システムの一実施形態を示す概略図である。

【図2】ロータ、タービン翼、および固定シュラウドを含む一例示の動翼アセンブリを示す斜視図である。

【図3】本出願の実施形態を使用することができる動翼の先端を示す斜視図である。

40

【図4】本発明の一態様による一例示の冷却チャネルを有する動翼の先端を示す斜視図である。

【図5】図4の例示の実施形態の5-5に沿って切り取られた断面図である。

【図6】図4の例示の実施形態の6-6に沿って切り取られた断面図である。

【図7】図4の例示の実施形態の7-7に沿って切り取られた断面図である。

【図8】本発明の他の態様による一例示の冷却チャネルを有する動翼の先端を示す斜視図である。

【図9】本発明の他の態様による一例示の冷却チャネルを有する動翼の先端を示す上面図である。

【図10】本発明の他の態様による一例示の冷却チャネルを有する動翼の先端板を示す斜

50

視図である。

【0011】

詳細な記載は、図面を参照した例により利点および特徴とともに本発明の実施形態を説明するものである。

【発明を実施するための形態】

【0012】

図1は、ガスタービンシステム100など、ターボ機械システムの一実施形態を示す概略図である。システム100は、圧縮機102、燃焼器104、タービン106、シャフト108、および燃料ノズル110を含む。一実施形態では、システム100は、複数の圧縮機102、燃焼器104、タービン106、シャフト108、および燃料ノズル110を含むことができる。圧縮機102およびタービン106はシャフト108によって結合される。シャフト108は、単一のシャフト、またはともに結合されてシャフト108を形成する複数のシャフトセグメントでもよい。

10

【0013】

一態様では、燃焼器104は、天然ガス、または水素リッチ合成ガスなど、液体および/またはガス燃料を使用して、エンジンを動かす。たとえば、燃料ノズル110は給気部および燃料供給部112と流体連通状態である。燃料ノズル110は、空気燃料混合物を生成し、空気燃料混合物を燃焼器104内に排出し、それによって燃焼を起こし、熱い加圧排ガスを生成する。燃焼器104は、熱い加圧ガスがトランジションピースを通過してタービノズル(または「1段ノズル」)、並びに、バケットおよびノズルの他段内に流れるように向けて、タービン106を回転させる。タービン106の回転によって、シャフト108が回転され、それによって空気が圧縮機102内に流れるときに圧縮される。一実施形態では、限定的ではないが、シュラウド、ダイヤフラム、ノズル、バケット、およびトランジションピースを含む熱ガス通路構成要素がタービン106内に配置され、構成要素を横切る熱ガス流が、タービン部品のクリープ、酸化、摩耗、および熱疲労を引き起こす。熱ガス通路構成要素の温度を管理することによって、構成要素の疲労モードを低減することができる。ガスタービンの効率は、タービンシステム100内の燃焼温度が上がるに従って向上する。燃焼温度が上がるにしたがって、熱ガス通路構成要素を適切に冷却して、耐用寿命を満たすようにする必要がある。熱ガス通路に近接した領域を冷却する改良型構成を有する構成要素、およびこうした構成要素を作製する方法を図2から12を参照して以下に詳細に論じる。以下の考察は主にガスタービンに重点が置かれているが、論じる概念はガスタービンに限定されない。

20

30

【0014】

図2は、一例示の熱ガス通路構成要素、ガスタービンまたは燃焼機関のタービン内に位置付けられたタービン動翼115を示す斜視図である。理解されるように、タービンは燃焼器の直接下流に取り付けられて、燃焼器から熱い燃焼ガス116を受ける。軸方向の中心軸の周りで軸対称のタービンは、ロータディスク117、および半径方向軸に沿ってロータディスク117から半径方向外側に延びる含む周方向に間隔をおいて配置された複数のタービン動翼(その1つだけが図に示されている)を含む。環状タービンシュラウド120は、固定ステータ外筒(図示せず)に適切に接合され、動翼115を包囲して、シュラウド120と動翼115の間に比較的小さいクリアランスまたは間隙が残るようにして、動作中の燃焼ガスの漏れを制限する。

40

【0015】

各動翼115は、全般的に、ロータディスク117の周囲の対応するダブテールスロット内に取り付けられるように構成された軸方向のダブテールなど、任意の従来形態を有することができる付け根またはダブテール122を含む。中空エーロフォイル124は、ダブテール122に一体に接合され、そこから半径方向または長手方向に外側に延びる。動翼115は、エーロフォイル124とダブテール122の接合部に配置されて、燃焼ガス116用の半径方向内側の流路の一部を画定する一体型プラットホーム126も含む。理解されるように、動翼115を任意の従来方法で形成することができ、通常は、一体

50

型の外筒である。理解されるように、エーロfoil 124は、好ましくは、それぞれ対向する前縁132と後縁134の間に軸方向に延びる全般的に凹面の正圧側壁128、および周方向または半径方向に反対側の全般的に凸面の負圧側壁130を含む。側壁128および130もプラットホーム126から半径方向外側の翼先端または先端137まで半径方向に延びる。

【0016】

図3は、本発明の実施形態を使用することができる一例示の翼先端137の拡大図である。全般的に、翼先端137は、正圧側壁128および負圧側壁130の半径方向外側縁部上に配置された先端板148を含む。先端板148は、通常、エーロfoil 124の正圧側壁128と負圧側壁130の間に画定される内部冷却流路（本明細書では単に「エーロfoil室」と呼ぶ）を境界付ける。圧縮機から流れる圧縮空気など冷媒を動作中にエーロfoil室を通して循環させることができる。場合によっては、先端板148は、動作中に放冷する膜冷却出口149を含み、動翼115の表面上の膜冷却を促進することができる。先端板148を動翼115と一体にすることができ、または図で示したように、翼が鋳造された後に、（陰影を付けた領域で示した）部分を所定の位置に溶接/ろう付けすることができる。

【0017】

漏れ流れの低減など、幾つかの性能の利点により、翼先端137が先端レールまたはレール150を含むことが多い。正圧側壁128および負圧側壁130と一致するように、レール150がそれぞれ正圧側レール152および負圧側レール153を含むと記載することができる。全般的に、正圧側レール152は先端板148から半径方向外側に（すなわち、先端板148に対して約90°またはそれに近い角度を形成して）延び、エーロfoil 124の前縁132から後縁134まで延びる。図で示したように、正圧側レール152の通路は正圧側壁128の外側半径方向縁部に隣接し、またはその付近に（すなわち、正圧側レール152が正圧側壁128の外側半径方向縁部と位置合わせされるように先端板148の周囲に、またはその付近に）存在する。同様に、図で示したように、負圧側レール153は、先端板148から半径方向外側に（すなわち、先端板148に対して約90°の角度を形成するように）延び、エーロfoilの前縁132から後縁134まで延びる。負圧側レール153の通路は、負圧側壁130の外側半径方向縁部に隣接するように、またはその付近に（すなわち、負圧側レール153が負圧側壁130の外側半径方向縁部と位置合わせされるように先端板148の周囲に、またはその付近に）存在する。正圧側レール152と負圧側レール153の両方が内面157および外面159を有すると記載することができる。

【0018】

このように形成すると、理解されるように、先端レール150は、動翼115の先端137に先端ポケットまたは空洞155を画定する。当業者には理解されるように、このように構成された先端137、すなわちこのタイプの空洞155を有する先端は、「スキューラ先端」または「スキューラポケットあるいは空洞」を有する先端と呼ばれることが多い。正圧側レール152および/または負圧側レール153の高さおよび幅（したがって、空洞155の深さ）をタービンアセンブリ全体の最良の性能およびサイズに応じて変更することができる。理解されるように、先端板148は空洞155のフロア（すなわち空洞の内側半径方向の境界）を形成し、先端レール150は空洞155の側壁を形成し、空洞155は外側半径方向面を通して開放されたままであり、タービンエンジン内に設置された後は、そこから僅かに半径方向にオフセットされた固定シュラウド120（図2を参照）によって近接して境界付けられる。

【0019】

理解されるように、エーロfoil 124内で、正圧側壁128および負圧側壁130はエーロfoil 124の半径方向の範囲の大部分または全体にわたり周方向かつ軸方向に間隔をおいて配置されて、エーロfoil 124を通る少なくとも1つの内部エーロfoil室156を画定する。エーロfoil室156は、全般的に、動翼の付け根の連結

10

20

30

40

50

部からエーロフォイル124を通る冷媒にチャンネルを設けて、エーロフォイル124が動作中に熱ガス通路への露出により過熱されないようにする。通常、冷媒は、圧縮機102から流れる圧縮空気であり、幾つかの従来の方法で得られる。エーロフォイル室156は、たとえば、冷却空気が、先端板148上に示された膜冷却出口149など、エーロフォイル124に沿って位置付けられた様々な孔を通して排気される状態で、冷却空気の効果を高めるための、様々な攪拌器をその中に有する蛇行流チャンネルを含む、任意の幾つかの構成を有することができる。以下でより詳細に論じるが、理解されるように、形成された表面冷却チャンネルまたはマイクロチャンネルにエーロフォイル室156を連結する流路または連結部を機械加工あるいは孔あけすることによって、こうしたエーロフォイル室156を本発明の表面冷却チャンネルまたはマイクロチャンネルとともに構成し、または使用することができる。これは、任意の従来の方法で行うことができる。理解されるように、このタイプの連結部を、計量した、または連結部が供給する所望の量の冷媒がマイクロチャンネル内に流れるように寸法付けし、または構成することができる。さらに、以下でより詳細に論じるように、本明細書に記載のマイクロチャンネルを、マイクロチャンネルが(膜冷却出口149など)存在する冷媒出口と交わるように形成することができる。こうすると、冷媒の供給部をマイクロチャンネルに与えることができる。すなわち、以前にその位置で動翼から出た冷媒が、マイクロチャンネルを通して循環され、他の位置で動翼から出るように再方向付けされる。

【0020】

上記のように、動翼の幾つかの領域、および他の熱ガス通路の部分の冷却に使用される一方法は、構成要素の表面に非常に近接して形成され、それに対して実質的に平行に走る冷却流路の使用によるものである。このように位置付けられると、冷媒は、構成要素の最も熱い部分に直接与えられ、それによって冷却効果が上がり、極端な温度が動翼内部に及ぶのも防止される。しかし、当業者には理解されるように、上記のように本明細書で「マイクロチャンネル」と呼ばれる、こうした表面冷却流路は製造が難しい。なぜなら、流通断面積が小さく、また表面付近に近づくように位置付けなければならないからである。こうしたマイクロチャンネルを製作することができる一方法は、翼を形成するときマイクロチャンネルを翼内に鑄造することによるものである。しかし、この方法では、通常、非常に高コストの鑄造技法を使用しなければ、構成要素の表面に十分近接するようにマイクロチャンネルを形成するのは難しい。したがって、通常、鑄造によるマイクロチャンネルの形成では、冷却される構成要素の表面にマイクロチャンネルを近づけることが制限され、したがって、その効果も制限される。そのため、こうしたマイクロチャンネルを形成することができる他の方法が開発された。これらの他の方法は、通常、構成要素の鑄造完了後に構成要素の表面内に形成された溝を囲い、次いで溝をある種のカバーで覆って、中空流路が表面の非常に近くに形成されるようにすることを含む。

【0021】

これを行うための周知の一方法は、コーティングを使用して、構成要素の表面上に形成された溝を囲うことである。その場合、通常、形成された溝に先ず充填剤が充填される。次いで、構成要素の表面上にコーティングが塗布され、充填剤がコーティングを支持して、溝がコーティングによって包囲されるが、コーティングが充填されないようにする。コーティングが乾燥した後、充填剤をチャンネルから抽出して、構成要素の表面に非常に近接した望ましい位置を有する、中空の包囲された冷却チャンネルまたはマイクロチャンネルを生成することができる。同様の周知の方法では、構成要素の表面の高さに細い首を有するように溝を形成することができる。首を十分細くして、最初に溝に充填剤を充填する必要なく、塗布時にコーティングが溝内に流れるのを防止することができる。他の周知の方法では、溝を形成した後に、金属板を使用して、構成要素の表面をカバーする。すなわち、板またはフォイルを表面上にろう付けして、表面上に形成された溝がカバーされるようにする。他のタイプのマイクロチャンネルまたはマイクロチャンネルを製造する方法は、上記のように本明細書に組み込まれる、同時係属特許出願のGE整理番号第252833号に記載されている。本出願は、改良型マイクロチャンネル構成、並びに、こうした表面冷却流路を

10

20

30

40

50

作製することができる効率のよいコスト効果の高い方法を記載するものである。その場合、構成要素の表面上に形成された浅いチャンネルまたは溝を、表面に溶接あるいはろう付けされるカバーワイヤ/ストリップで包囲する。カバーワイヤ/ストリップは、縁部に沿って溶接/ろう付けされた場合に、チャンネルがしっかり包囲されるが、冷媒が送られる内部領域にわたり中空のままであるように寸法付けることができる。

【0022】

以下の米国特許出願および特許、米国特許第7,487,641号、米国特許第6,528,118号、米国特許第6,461,108号、米国特許第7,900,458号、および米国特許出願第20020106457号は、こうしたマイクロチャンネルまたは表面冷却流路を構成し、製造することができる方法を詳細に記載しており、本出願の本明細書に全体が組み込まれる。理解されるように、特に指定のない場合、本出願に、具体的には添付の特許請求の範囲に記載されたマイクロチャンネルは、上記で参照した方法のいずれか、または任意の他の方法、あるいは関連技術で周知のプロセスで形成することができる。

10

【0023】

図4は、本発明の好ましい実施形態による、一例示の表面冷却チャンネルまたはマイクロチャンネル(以後「マイクロチャンネル166」)を有する先端レールの内面の斜視図である。理解されるように、図4は、内側レール表面157上に形成された包囲されていない、またはカバーされていないマイクロチャンネル166を示している。より正確には、マイクロチャンネル166は負圧側レール153に沿って、エーロフォイル124の前縁132に向かつて形成されるが、レール150に沿った任意の部分を通ることもできる。カバーされていない状態では、マイクロチャンネル166は、動翼115の表面内に切削または機械加工された細く浅い溝に類似する。溝の断面形状は、長方形または円形でもよいが、他の形状も可能である。図で示したように、好ましい実施形態では、マイクロチャンネル166は、レール150のベースに位置付けられた上流側、およびレール150の外縁または表面付近に位置付けられた下流側を有する。マイクロチャンネル166の上流側をこの位置に形成された連結部167に都合よく連結することができるように、上流側をレール150に位置付けることができる。理解されるように、連結部167は、マイクロチャンネル166の上流側と、この場合はエーロフォイル室156である内部冷媒源の間に延びる内部流路でもよい。

20

30

【0024】

理解されるように、マイクロチャンネル166は、レール150のベース付近の位置から延びて、先端板148に対する角度を概ね形成することができる。幾つかの好ましい実施形態では、角度は、5°から40°であるが、他の構成も可能である。理解されるように、このように傾斜させると、マイクロチャンネル166は、マイクロチャンネル166が冷却するレール150の面積を増加することができる。図で示したように、マイクロチャンネル166は直線形でもよい。代替実施形態では、マイクロチャンネル166を湾曲させ、または僅かに湾曲させることができる。

【0025】

図5から7は、図4で示した切取に沿った断面図である。理解されるように、図4では、チャンネルカバーまたはカバー168が省略されており、マイクロチャンネル166がより明瞭に示されるようになされている。図5から7では、例示のチャンネルカバー168が設けられている。図5は、図4の例示の実施形態の5-5に沿って切り取られた断面図である。図5では、マイクロチャンネル166が形成されるように、コーティングを使用して溝を包囲している。コーティングは、耐環境コーティングを含む、この目的のための任意の適したコーティングでもよい。図6は、図4の例示の実施形態の6-6に沿って切り取られた断面図である。図6では、溶接/ろう付け加工したワイヤ/ストリップを使用して、機械加工した溝を包囲して、マイクロチャンネル166が形成される(プロセスは上記で参照した同時係属出願のGE整理番号第252833号に記載されている)。図7は、図4の例示の実施形態の7-7に沿って切り取られた断面図である。図7では、固体板がカバ

40

50

ー 1 6 8 である。その場合、マイクロチャンネル 1 6 6 が形成されるように、固体板はレール 1 5 0 および先端板 1 4 8 に固定されて、溝を包囲される。他のカバー方法を必要に応じて使用することができる。

【 0 0 2 6 】

理解されるように、図 4 から 7 は、現存の動翼に有効に加えることができるマイクロチャンネル構成を示している。すなわち、現存の動翼をこのタイプのマイクロチャンネル 1 6 6 を有するように都合よく改良して、動作中にレール 1 5 0 内に、または以下で論じるように、先端板 1 4 8 内に存在することが知られた、あるいは決定された熱点に対処することができる。これを行うため、溝をレール 1 5 0 の内面 1 5 7 内に機械加工することができる。機械加工は任意の周知のプロセスで行うことができる。連結部 1 6 7 と呼ばれる、先端板 1 4 8 を通るように機械加工された流路によって、溝を冷媒源に連結することができる。次いで、カバー 1 6 8 を使用して、溝を包囲し、機能的マイクロチャンネル 1 6 6 を生成し、具体的には、熱点に対処するように配置することができる。

10

【 0 0 2 7 】

幾つかの好ましい実施形態では、マイクロチャンネル 1 6 6 は、動翼の露出された外面に非常に近接して概ね平行に延びる包囲され制限された内部流路であると本明細書で定義される。幾つかの好ましい実施形態では、示したように本明細書で使用される、マイクロチャンネル 1 6 6 は、動翼の外面から約 0 . 0 5 0 インチ未満に位置付けられる冷媒チャンネルであり、マイクロチャンネル 1 6 6 の形成方法によって、チャンネルカバー 1 6 8 およびマイクロチャンネル 1 6 6 を包囲する任意のコーティングの厚さに対応することができる。より好ましくは、こうしたマイクロチャンネルは、動翼の外面から 0 . 0 4 0 から 0 . 0 2 0 インチにある。

20

【 0 0 2 8 】

さらに、流通断面積は、通常、こうしたマイクロチャンネルでは制限されており、それによって、構成要素の表面上に多数のマイクロチャンネルを形成し、冷媒をより有効に使用することができるようになる。幾つかの好ましい実施形態では、示したように本明細書で使用される、マイクロチャンネル 1 6 6 は約 0 . 0 0 3 6 平方インチ未満の流通断面積を有するように画定される。より好ましくは、こうしたマイクロチャンネルは、約 0 . 0 0 2 5 から 0 . 0 0 9 平方インチの流通断面積を有する。幾つかの好ましい実施形態では、マイクロチャンネル 1 6 6 の平均高さは約 0 . 0 2 0 から 0 . 0 6 0 インチであり、マイクロチャンネル 1 6 6 の平均幅は約 0 . 0 2 0 から 0 . 0 6 0 インチである。

30

【 0 0 2 9 】

図 8 は、本発明の他の態様による一例示のマイクロチャンネル 1 6 6 を有する動翼先端 1 3 7 の斜視図である。その場合、マイクロチャンネル 1 6 6 は、連結部 1 6 7 の代わりに、存在する膜冷媒出口 1 4 9 を介して設けられる。図 9 は、図 8 で示したものと同一動翼先端 1 3 7 の上面図である。理解されるように、図 8 では (図 4 と同様に) カバー 1 6 8 が示されていない。代わりに、図 8 は、2つの連結する溝、図 4 で示した溝と同様のレール 1 5 0 内に形成された第 1 の溝 1 7 1、および第 1 の溝 1 7 1 に連結される先端板 1 4 8 内に形成された第 2 の溝 1 7 3 を示している。第 2 の溝 1 7 3 は、上流側で、存在する膜冷却出口 1 4 9 と交わることができる。理解されるように、代替実施形態では、連結部 1 6 7 を冷媒供給部としてこの位置で先端板 1 4 8 を通るように機械加工することもできる。第 2 の溝 1 7 3 は第 1 の溝 1 7 1 の上流端に向かって延び、図で示したように、上流端と連結部を作製することができる。第 1 の溝 1 7 1 は、レール 1 5 0 の外縁付近に位置付けられた下流端に向かって延びることができる。第 1 の溝の下流端は開放されたままで、冷媒用出口が生成されるようにすることができる。

40

【 0 0 3 0 】

図 9 は、コーティングを塗布した後の図 8 の先端 1 3 7 の上面図である。述べたように、コーティングは第 1 の溝 1 7 1 および第 2 の溝 1 7 3 を包囲し、それによって上述のチャンネルカバー 1 6 8 として働くことができる。こうすると、第 1 の溝 1 7 1 および第 2 の溝 1 7 3 が包囲されて、その結果機能的マイクロチャンネル 1 6 6 が形成される。このタイ

50

プの構成を使用して、先端板 148 またはレール 150 上の周知の熱点に対処することができる。さらに、マイクロチャネル冷却の効率を考えると、たとえば、膜冷却方式と比較した場合に、冷媒量を低減し、または最小限に抑えてこうした周知の熱点に対処することができる。示したように、マイクロチャネル 166 を存在する冷媒出口によって設けることもでき、それによってマイクロチャネルを冷媒供給部に連結する新しい流路を機械加工する必要が回避される。

【0031】

図 10 は、本発明の他の態様による一例示の冷却チャネル（すなわち第 2 の溝 173）を有する動翼の先端板 148 の斜視図である。場合によっては、先端板 148（またはその一部）は図で示したものなど、非一体型構成要素を含むことができる。その場合、先端板 148 を動翼 115 とは別に機械加工して、設置後に、第 2 の溝 173 が先端板 148 の一体部分上に形成された連続する第 2 の溝、またはレール 150 の内面上のチャネルと位置合わせされるようにすることができる。具体的には、先端板 148 が後に別に取り付けられる場合、最初の行程として先端板 148 を予め機械加工して（かつ予めカバーもして）、次いで新しい動翼に取り付けるか、改良したものをすることができる。

10

【0032】

本発明を単に限られた数の実施形態に関連して詳細に記載したが、容易に理解されるように、本発明はこうした開示の実施形態に限定されない。むしろ、本発明を変更して、これまで記載していない任意の数の変形形態、変更形態、代替形態、または等価の構成を組み込むことができるが、それらは本発明の精神および範囲と等しいものである。さらに、本発明の様々な実施形態を記載したが、理解されるように、本発明の態様は、単に記載の実施形態の一部を含むことができる。したがって、本発明は上記に限定されず、添付の特許請求の範囲によってのみ限定されるものである。

20

【符号の説明】

【0033】

- 100 ガスタービンシステム
- 102 圧縮機
- 104 燃焼器
- 106 タービン
- 108 シャフト
- 110 燃料ノズル
- 112 燃料供給部
- 115 動翼
- 116 燃焼ガス
- 117 ロータディスク
- 120 シュラウド
- 122 付け根またはダブテール
- 124 エーロフォイル
- 126 プラットホーム
- 128 正圧側壁
- 130 負圧側壁
- 132 前縁
- 134 後縁
- 137 翼先端
- 148 先端板
- 149 膜冷却出口
- 150 レール
- 152 正圧側レール
- 153 負圧側レール
- 155 先端空洞

30

40

50

- 1 5 6 エーロfoil室
- 1 5 7 内側レール表面
- 1 5 9 外側レール表面
- 1 6 6 先端マイクロチャンネルまたはマイクロチャンネル
- 1 6 7 連結部
- 1 6 8 チャンネルカバー（コーティング、板、foil、ワイヤなど）
- 1 7 1 第1の溝
- 1 7 3 第2の溝

【図1】

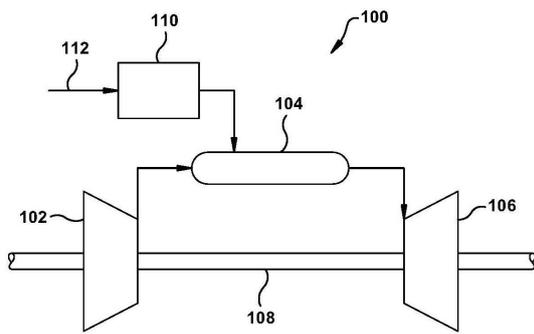


Figure 1
(Prior Art)

【図2】

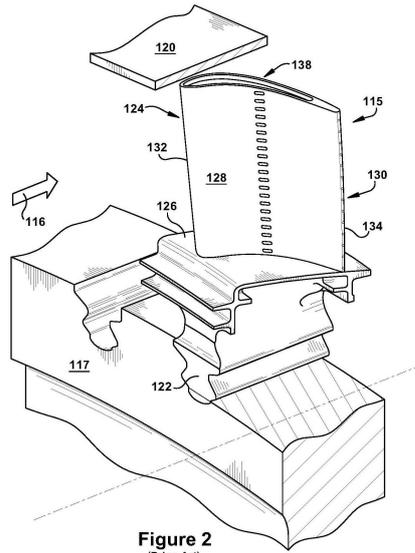


Figure 2
(Prior Art)

【 図 3 】

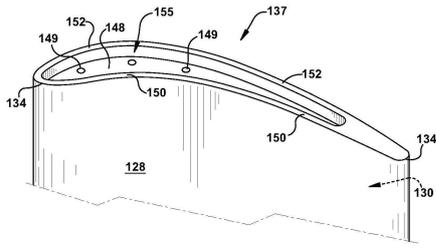


Figure 3
(Prior Art)

【 図 4 】

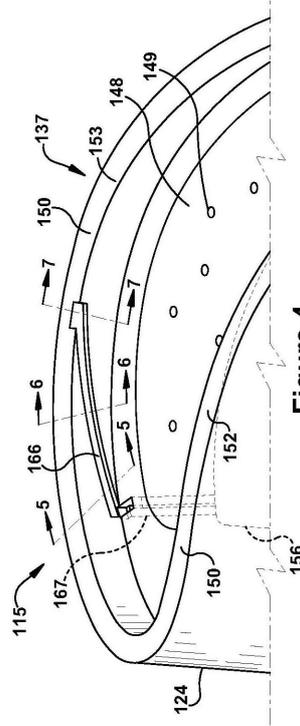


Figure 4

【 図 5 】

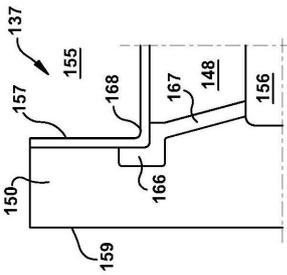


Figure 5

【 図 7 】

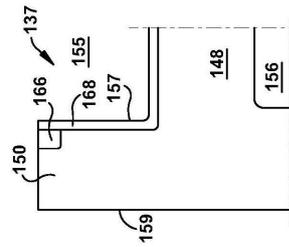


Figure 7

【 図 6 】

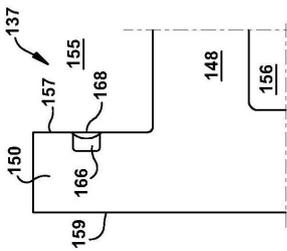


Figure 6

【 図 8 】

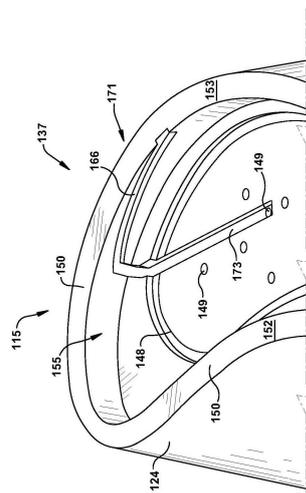


Figure 8

【 9 】

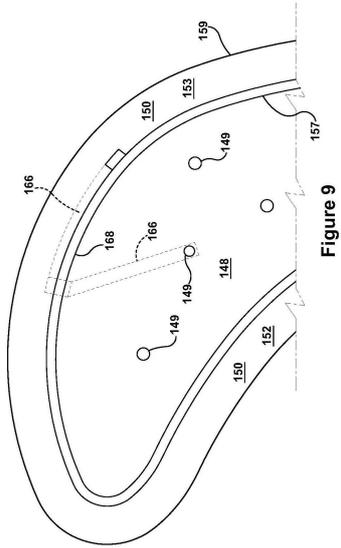


Figure 9

【 10 】

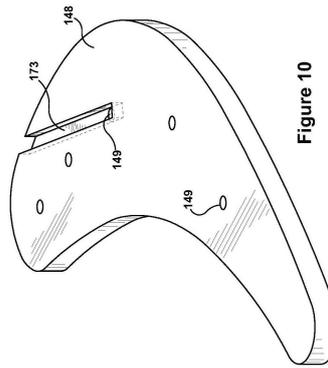


Figure 10

フロントページの続き

- (72)発明者 ベンジャミン・ポール・レイシー
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・29615、グリーンビル、ガーリングトン・ロード、
300番
- (72)発明者 ブライアン・ピーター・アーネス
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・29615、グリーンビル、ガーリングトン・ロード、
300番
- (72)発明者 シューツァン・ジェームス・ツァン
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・29615、グリーンビル、ガーリングトン・ロード、
300番

審査官 稲葉 大紀

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2012/0070307(US, A1)
米国特許第04487550(US, A)
特開平06-229204(JP, A)
特開平10-263936(JP, A)
米国特許出願公開第2005/0232771(US, A1)
米国特許出願公開第2012/0201695(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F01D25/12
F01D 5/18 - 5/20
F02C 7/18