

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5599624号
(P5599624)

(45) 発行日 平成26年10月1日 (2014. 10. 1)

(24) 登録日 平成26年8月22日 (2014. 8. 22)

(51) Int. Cl.	F 1
F O 1 D 5/18 (2006. 01)	F O 1 D 5/18
F O 1 D 9/02 (2006. 01)	F O 1 D 9/02 1 O 2
F O 2 C 7/18 (2006. 01)	F O 2 C 7/18 A

請求項の数 10 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2010-39505 (P2010-39505)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成22年2月25日 (2010. 2. 25)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(65) 公開番号	特開2010-203437 (P2010-203437A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州 1 2 3
(43) 公開日	平成22年9月16日 (2010. 9. 16)		4 5、スケネクタデイ、リバーロード、1
審査請求日	平成25年2月19日 (2013. 2. 19)		番
(31) 優先権主張番号	12/394, 486	(74) 代理人	100137545
(32) 優先日	平成21年2月27日 (2009. 2. 27)		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
		(72) 発明者	ディパンカー・パル
			アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、グ
			リーンヴィル、リヴァンナ・レーン、5番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 タービン・ブレード冷却

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

中空の翼（110）を有するタービン・ブレードであって、翼（110）の外壁は、冷媒の流れを受け取るための少なくとも1つの半径方向に延びるチャンバ（120）を画定し、翼（110）は、上流または前方方向に存在する前縁（112）と、下流または後部方向に存在する後縁（118）と、凸状の吸引側（116）と、凹状の圧力側（114）とを備えており、

タービン・ブレードは、

チャンバ（120）内に配置される複数の挿入物（140、141、142、143、144、145、および／または146）であって、最初にチャンバ（120）に入る冷媒の少なくとも一部を受け取ってから、冷媒の一部を複数の挿入物開口部（50）を通して外壁（133）の内面に向かって送るように構成される挿入物を備えており、

挿入物（140、141、142、143、144、145、および／または146）は、少なくとも1つの内向き流出経路（150）と内向き流出経路（150）が流れ込む中央の収集部通路（152）とを形成するように構成される、タービン・ブレード。

【請求項 2】

翼（110）の後縁（118）またはその付近に位置する複数の後縁冷却開口部（134）をさらに備えており、

挿入物（140、141、142、143、144、145、および／または146）は、チャンバ（120）内に分室を形成する薄肉の半径方向に延びる隔壁を含み、

10

20

タービン・ブレードは、タービン・ロータ・ブレードおよびタービン・ステータ・ブレードの一方を含み、

少なくとも1つの内向き流出経路（150）は、チャンバの外壁（133）付近の位置から、内向き流出経路（150）が中央の収集部通路（152）に接続するチャンバ（120）の中央付近の位置へと延びる経路を含み、

中央の収集部通路（152）は、チャンバ（120）内の前方位置からチャンバ内の後部位置へ、翼（110）の圧力側（114）と吸引側（116）との間のほぼ中間点を接続する中央翼弦基準線に沿って延び、

少なくとも1つの内向き流出経路（150）は、中央の収集部通路（152）に垂直な方向に配向され、

10

挿入物開口部（50）のサイズは、挿入物（140、141、142、143、144、145、および／または146）の挿入物開口部（50）を通る冷媒の流れが、翼（110）の外壁（133）の内面に衝突するように形成される、請求項1に記載のタービン・ブレード。

【請求項3】

複数の挿入物（140、141、142、143、144、145、および／または146）が、

少なくとも2つの圧力側挿入物（141、142、および／または143）であって、それらの間にある少なくとも1つの内向き流出経路（150）を画定するように構成される圧力側挿入物と、

20

少なくとも2つの吸引側挿入物（144、145、および／または146）であって、それらの間にある少なくとも1つの内向き流出経路（150）を画定するように構成される吸引側挿入物と

を備えており、各挿入物（140、141、142、143、144、145、および／または146）は、外壁（133）の内面に対向し挿入物開口部（50）が形成される外面を備え、外面は外壁（133）の内面の輪郭に従うが、内面から離間して配置される、請求項1に記載のタービン・ブレード。

【請求項4】

圧力側挿入物（141、142、および143）は、前縁に近い方の位置から後縁に近い方の位置に順に配置された前部圧力側挿入物（141）、中央部圧力側挿入物（142

30

）、および後部圧力側挿入物（143）を備え、

吸引側挿入物（144、145、および146）は、前縁に近い方の位置から後縁に近い方の位置に順に配置された前部吸引側挿入物（144）、中央部吸引側挿入物（145

）、および後部吸引側挿入物（146）を備え、

さらに、前部吸引側挿入物（144）および前部圧力側挿入物（141）のすぐ前方に位置する鼻部挿入物（140）を備え、

内向き流出経路（150）は、鼻部挿入物（140）と前部圧力側挿入物（141）との間、前部圧力側挿入物（141）と中央部圧力側挿入物（142）との間、中央部圧力側挿入物（142）と後部圧力側挿入物（143）との間、鼻部挿入物（140）と前部吸引側挿入物（144）との間、前部吸引側挿入物（144）と中央部吸引側挿入物（145）との間、および中央部吸引側挿入物（145）と後部吸引側挿入物（146）との間に配置される、請求項3に記載のタービン・ブレード。

40

【請求項5】

少なくとも2つの挿入物（141、142、および／または143）は、チャンバ（120）の圧力側に配置され、圧力側（114）の外壁（133）付近で始まりチャンバ（120）の中央付近の位置まで延びる少なくとも1つの内向き流出経路（150）を画定し、

少なくとも2つの挿入物（144、145、および／または146）は、チャンバ（120）の吸引側に配置され、吸引側（116）の外壁（133）付近で始まりチャンバ（120）の中央付近の位置まで延びる少なくとも1つの内向き流出経路（150）を画定

50

し、

チャンバ（１２０）の圧力側の少なくとも２つの挿入物（１４１、１４２、および／または１４３）と、チャンバ（１２０）の吸引側の少なくとも２つの挿入物（１４４、１４５、および／または１４６）とが、中央の収集部通路（１５２）をはさんでそれぞれが他方に対向するように離間して配置され、

内向き流出経路（１５０）の１つをはさんで互いに対向する隣接する挿入物（１４０、１４１、１４２、１４３、１４４、１４５、および／または１４６）の壁は、ほぼ平行であり、

中央の収集部通路（１５２）をはさんで互いに対向する隣接する挿入物（１４０、１４１、１４２、１４３、１４４、１４５、および／または１４６）の壁は、ほぼ平行である、請求項１に記載のタービン・ブレード。

10

【請求項６】

後部位置の挿入物を含む挿入物（１４３、１４６）の少なくとも一方が、チャンバ（１２０）の後部端部付近に位置し、後部挿入物延長部分（１５８）を備え、

後部挿入物延長部分（１５８）は、後部位置挿入物（１４３、１４６）から始まる延長部分であって、ほぼ下流方向に延び、中央のチャンバ（１２０）の後縁のすぐ前方の位置で外壁（１３３）の内面に接続する延長部分を含み、

後部挿入物延長部分（１５８）は、外壁（１３３）の内面と後部位置挿入物（１４３、１４６）の外面との間に形成される経路の後部端部を実質的に遮るように構成される、請求項１に記載のタービン・ブレード。

20

【請求項７】

チャンバ（１２０）の後部端部の圧力側は第１の後部位置挿入物（１４３）を備え、

第１の後部位置挿入物（１４３）は後部挿入物延長部分（１５８）を備え、

チャンバ（１２０）の後部端部の吸引側は第２の後部位置挿入物（１４６）を備え、

第２の後部位置挿入物（１４６）は後部挿入物延長部分（１５８）を備える、請求項６に記載のタービン・ブレード。

【請求項８】

分割壁挿入物（１６２）をさらに備え、

分割壁挿入物（１６２）は、チャンバ（１２０）を翼（１１０）の内側の半径方向位置から翼（１１０）の外側の半径方向位置へと実質的に分割する半径方向に延びる隔壁であり、

30

分割壁挿入物（１６２）は、チャンバ（１２０）のほぼ中心に沿って前方位置から後部位置まで延び、チャンバ（１２０）を圧力側チャンバと吸引側チャンバとに実質的に分割し、

分割壁挿入物（１６２）は、外壁（１３３）の内面との間に形成された接続部から始まって、チャンバ（１２０）の前方領域へと進み、チャンバ（１２０）の後部端部付近の位置で終了し、

分割壁挿入物（１６２）は、圧力側挿入物（１４１、１４２、および／または１４３）を、吸引側挿入物（１４４、１４５、および／または１４６）から分離する、請求項１に記載のタービン・ブレード。

40

【請求項９】

前記接続部は、翼チャンバ（１２０）の吸引側の前縁（１１２）のすぐ後部に形成され、

前記接続部から、分割壁挿入物（１６２）が、チャンバ（１２０）を横断するように延び、チャンバ（１２０）の吸引側と圧力側との間のほぼ中間点に達すると、方向を変えて、圧力側（１１４）と吸引側（１１６）との間のほぼ中間点を接続する中央翼弦基準線に沿って後部方向に延びる、請求項８に記載のタービン・ブレード。

【請求項１０】

少なくとも２つの隣接する挿入物（１４０、１４１、１４２、１４３、１４４、１４５、および／または１４６）は複数のコネクタ（１７２）によって接続され、

50

コネクタ（1 7 2）は、隣接する挿入物（1 4 0、1 4 1、1 4 2、1 4 3、1 4 4、1 4 5、および／または1 4 6）と半堅固または堅固に結合する軸方向および／または周方向に延びる接続部を備え、

コネクタは、コネクタが接続する隣接する挿入物（1 4 0、1 4 1、1 4 2、1 4 3、1 4 4、1 4 5、および／または1 4 6）の間の複数の異なる半径方向高さに位置し、

複数の挿入物（1 4 0、1 4 1、1 4 2、1 4 3、1 4 4、1 4 5、および／または1 4 6）は、

少なくとも2つの圧力側挿入物（1 4 1、1 4 2、および／または1 4 3）であって、それらの間にある少なくとも1つの内向き流出経路（1 5 0）を画定するように構成され、圧力側挿入物（1 4 1、1 4 2、および／または1 4 3）のそれぞれは、隣接する圧力側挿入物（1 4 1、1 4 2、および／または1 4 3）のそれぞれに複数のコネクタ（1 7 2）を介して接続される圧力側挿入物と、

少なくとも2つの吸引側挿入物（1 4 4、1 4 5、および／または1 4 6）であって、それらの間にある少なくとも1つの内向き流出経路（1 5 0）を画定するように構成され、吸引側挿入物（1 4 4、1 4 5、および／または1 4 6）のそれぞれは、隣接する吸引側挿入物（1 4 4、1 4 5、および／または1 4 6）のそれぞれに複数のコネクタ（1 7 2）を介して接続される吸引側挿入物と、を備える、請求項1に記載のタービン・ブレード。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願は一般的に、タービン・エンジンの効率および／または動作を向上させるための装置、方法、および／またはシステムに関する。より具体的には、しかし限定としてではなく、本出願は、内部冷却回路または通路を通る冷媒の回転および衝突を介してタービン翼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。

【背景技術】

【0002】

ガス・タービン・エンジンは通常、圧縮機、燃焼器、およびタービンを備える（なお本発明を、主に典型的なパワー発生ガス・タービン・エンジンを参照して説明するが、本発明はそれに限定されず、この参照は単に一例として与えられるものである。当業者であれば分かるように、本発明の実施形態を、航空機エンジンおよび他のタイプのロータリー・エンジンにおいて用いても良い）。圧縮機およびタービンは一般的に、軸方向に段階的に積み重ねられたタービン・ブレードまたは翼の列を備える。各段は、周方向に離間に配置されたステータ・ブレード（固定されている）からなる交互の列と、周方向に離間に配置されたロータ・ブレード（中心軸またはシャフトの周りに回転する）からなる列とを備えている場合がある。動作時には、圧縮機内のロータ・ブレードはシャフトの周りに回転して、空気の流れを圧縮する。圧縮空気供給を次に、燃焼器内で用いて燃料供給を燃焼させる。燃焼から結果として生じる高温ガスの流れは次に、エンジンのタービン部分を通して膨張して、タービン・ロータ・ブレードを回転させる。ロータ・ブレードは中心シャフトに接続されているので、ロータ・ブレードが回転することによってシャフトが回転する。

【0003】

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的エネルギーに変換される。このエネルギーを用いて、圧縮機のロータ・ブレードを回転させて、燃焼に必要な圧縮空気供給を作り出す場合もあるし、発電機のコイルを回転させて電力を発生させる場合もある。動作中、高温ガス経路の極度の温度、作動流体の速度、およびエンジンの回転速度のために、タービン翼（前述したように、一般的に、回転するロータ・ブレードと、固定された周方向に離間に配置されるステータ・ブレードとを備える）には、極度の機械的負荷および熱負荷によって非常に応力が加わる。

【0004】

より効率的なタービン・エンジンをデザインおよび構築するという目的は、特に化石燃料がますます不足してコストが増加していることを考慮すると、重要な目的である。タービン・エンジンの効率を増加させるために複数の方策が知られているが、依然として難しい目標のままである。なぜならば、知られている代替案（たとえば、エンジンのサイズを大きくすること、高温ガス経路内の温度を上げること、およびロータ・ブレードの回転速度を上げることなど）は一般的に、付加的な歪みが部品に加わる。たとえば、タービン翼（すでに非常に応力が加わっている）への付加的な歪みである。その結果、タービン翼に加わる動作上の応力を減らすかまたはタービン翼がこれらの応力にもっと良好に耐えられるようにする改善された装置、方法、および／またはシステムが強く求められている。

【0005】

10

当業者であれば分かるように、熱応力を軽減するための1つの方策は、翼を冷却して、翼が受ける温度が高温ガス経路のそれよりも低くなるようにすることによってである。効果的に冷却することによって、たとえば、翼が、より高い燃焼温度に耐えること、高い動作温度においてより大きな機械的応力に耐えること、および／または翼の部品寿命を延ばすことが可能になる場合がある。これらはすべて、タービン・エンジンを、より費用対効果の高いものおよび効率的なものにすることができる場合がある。動作中に翼を冷却する1つの方法は、内部冷却通路または回路を用いることによってである。一般的に、これには、比較的冷たい圧縮空気供給（タービン・エンジンの圧縮機によって供給される場合がある）を、翼内の内部冷却回路に通すことが伴う。圧縮空気は、翼を通ると、翼を対流的に冷却する。その結果、部品は、本来は耐えられなかった燃焼温度に耐えられるようになる場合がある。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】米国特許第5,363,654号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

場合によっては、圧縮空気供給は、翼の表面上の小さい孔を通して放出される。このように放出されることで、空気供給によって、比較的冷たい空気の薄層または膜が翼の表面に形成される。その結果、部品を冷却すること、および部品を包囲するより高い温度から部品を絶縁することの両方が行なわれる。しかしこのタイプの冷却（一般的に「膜冷却」と言われる）は、費用がかかる。このように翼の表面上に圧縮空気を放出すると、エンジンの空気効率（a e r o - e f f i c i e n c y）が下がる。翼を通る内部冷却を高めて、たとえば膜冷却を最小限にするかまたは低減することができるさらに良好な方策があれば、一般的に、タービン・エンジンの効率が上がるであろう。その結果、タービン翼に対する冷却方策の改善が現在求められている。

30

【課題を解決するための手段】

【0008】

こうして、本出願では、略中空の翼を伴うタービン・ブレードであって、翼の外壁は、冷媒の流れを受け取るための少なくとも1つの半径方向に延びるチャンバを画定し、翼は、上流または前方方向に存在する前縁と、下流または後部（a f t）方向に存在する後縁と、凸状の吸引側と、凹状の圧力側とを備え、タービン・ブレードは、チャンバ内に配置される複数の挿入物であって、最初に、チャンバに入る冷媒の少なくとも一部を受け取り、冷媒の相当な部分を複数の挿入物開口部を通して外壁の内面に向かって送るように構成される挿入物を備え、挿入物は、少なくとも1つの内向き流出経路と内向き流出経路が流れ込む中央の収集部通路とを形成するように構成されるタービン・ブレードについて説明する。

40

【0009】

本出願のこれらの特徴および他の特徴は、以下の好ましい実施形態の詳細な説明を、図

50

面および添付の請求項とともに検討することで明らかになる。

【0010】

本発明のこれらおよび他の目的および優位性は、以下の本発明の代表的な実施形態のより詳細な説明を添付図面とともに注意深く検討することによって、より完全に理解および認識される。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本出願の実施形態を用いても良い典型的なタービン・エンジンの概略図である。

【図2】本出願の実施形態を用いても良いガス・タービン・エンジンにおける圧縮機の断面図である。

【図3】本出願の実施形態を用いても良いガス・タービン・エンジンにおけるタービンの断面図である。

【図4】従来の空冷式の翼の断面図である。

【図5】本出願の代表的な実施形態による内部冷却回路および挿入物を例示する翼の断面図である。

【図6】本出願の代表的な実施形態による内部冷却回路および挿入物を例示する翼の断面図である。

【図7】本出願の代替的な実施形態による内部冷却回路および挿入物を例示する翼の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

次に図を参照して、図1に、ガス・タービン・エンジン10の概略図を例示する。一般的に、ガス・タービン・エンジンの動作は、圧縮空気のストリーム中で燃料を燃焼させることで生成される高温ガスの加圧流体からエネルギーを取り出すことによって行なわれる。図1に例示したように、ガス・タービン・エンジン10は、軸流式圧縮機17（他のタイプの圧縮機も可能である）によって構成しても良い。圧縮機17は、共通のシャフトまたはロータによって、下流のタービン部分またはタービン18、および圧縮機19とタービン18との間に位置する燃焼器19に、機械的に結合されている。なお以下の発明では、すべてのタイプのタービン・エンジンを用いても良い。たとえば、ガス・タービン・エンジン、蒸気タービン・エンジン、航空機エンジンなどである。以下、本発明をガス・タービン・エンジンに関連して説明する。この説明は、単に典型的なものであり、限定は決して意図していない。

【0013】

図2に、ガス・タービン・エンジン10において用いても良い典型的な多段化された軸流式圧縮機17の図を例示する。図示するように、圧縮機17は複数の段を備えていても良い。各段は、圧縮機ロータ・ブレード20の列と、それに続いて圧縮機ステータ・ブレード22の列とを備えていても良い。したがって、第1段は、圧縮機ロータ・ブレード20（中心シャフトの周りに回転する）の列と、それに続いて圧縮機ステータ・ブレード22（動作中に静止したままである）の列とを備えていても良い。圧縮機ステータ・ブレード22は一般的に、周方向に互いに離間に配置され、回転軸の周りに固定されている。圧縮機ロータ・ブレード20は、周方向に離間に配置されて、シャフトに取り付けられており、動作中にシャフトが回転すると、圧縮機ロータ・ブレード20はシャフトの周囲に回転するようになっている。当業者であれば分かるように、圧縮機ロータ・ブレード20は、シャフトの周りに回転したときに、運動エネルギーを、圧縮機17を通して流れる空気または作動流体に与えるように構成されている。圧縮機17には、図2に例示した段を越える多くの他の段があっても良い。付加的な段にも、複数の周方向の離間に配置された圧縮機ロータ・ブレード20と、それに続いて複数の周方向に離間に配置された圧縮機ステータ・ブレード22とが含まれていても良い。

【0014】

図3に、ガス・タービン・エンジン10において用いても良い典型的なタービン部分ま

10

20

30

40

50

たはタービン 18 の部分図を例示する。タービン 18 は複数の段を備えていても良い。3 つの典型的な段を例示しているが、もっと多いかまたは少ない段がタービン 18 内に存在していても良い。各段は、複数のタービン・バケットまたはタービン・ロータ・ブレード 26（動作中にシャフトの周りに回転する）と、複数のノズルまたはタービン・ステータ・ブレード 28（動作中に静止したままである）とを備えていても良い。タービン・ステータ・ブレード 28 は一般的に、周方向に互いに離間に配置され、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 26 をタービン・ホイール（図示せず）上に取り付けて、シャフト（図示せず）の周りの回転を図っても良い。当然のことながら、タービン・ステータ・ブレード 28 とタービン・ロータ・ブレード 26 とは、タービン 18 の高温ガス経路内に配置されている。高温ガス経路を通る高温ガスの流れの方向を、矢印によって示す。

10

【0015】

なお、本明細書で用いる場合、「ロータ・ブレード」に言及すること（それ以上に特定することなく）は、圧縮機 17 またはタービン 18 のいずれかの回転ブレードに言及することであり、圧縮機ロータ・ブレード 20 およびタービン・ロータ・ブレード 26 の両方を含んでいる。「ステータ・ブレード」に言及すること（それ以上に特定することなく）は、圧縮機 17 またはタービン 18 のいずれかの固定ブレードに言及することであり、圧縮機ステータ・ブレード 22 およびタービン・ステータ・ブレード 28 の両方を含んでいる。用語「ブレード」は、本明細書では、両方のタイプのブレードを指すために用いる。したがって、それ以上に特定することなく、用語「ブレード」は、すべてのタイプのタービン・エンジン・ブレード（たとえば、圧縮機ロータ・ブレード 20、圧縮機ステータ・ブレード 22、タービン・ロータ・ブレード 26、およびタービン・ステータ・ブレード 28）を包含する。

20

【0016】

使用中に、軸流式圧縮機 17 内の圧縮機ロータ・ブレード 120 が回転することによって、空気の流れを圧縮する場合がある。燃焼器 19 では、圧縮空気を燃料と混合して点火したときに、エネルギーが放出される場合がある。燃焼器 19 から結果として生じる高温ガスの流れを次に、タービン・ロータ・ブレード 26 上にも送っても良い。その結果、シャフトの周りにタービン・ロータ・ブレード 26 が回転する場合があり、その結果、高温のガス流のエネルギーが回転ブレードおよび（シャフトにおいてロータ・ブレード間が接続されているので）回転シャフトの機械的エネルギーに変換される。次にシャフトの機械的エネルギーを用いて、圧縮機ロータ・ブレード 20 の回転を駆動して必要な圧縮空気供給を作り出しても良く、またたとえば、発電機の回転を駆動して電気を生成しても良い。

30

【0017】

当業者であれば分かるように、多くの場合にタービン・ブレード（すなわち、タービン・ロータ・ブレードおよびタービン・ステータ・ブレードの両方）の冷却を、圧縮機から流出される圧縮空気を、ブレード内に形成される中空の通路を通して循環させることによって行なう（なお、図 4～7 に示す以下の例では、翼構成がタービン・ロータ・ブレードにおいて用いられているかのように説明するときがある。当業者であれば分かるように、これは単に典型的なものであり、同じ一般的な構成の中空の翼を、タービン・ステータ・ブレードまたは他のタイプのブレードにおいて用いても良い）。タービン・ロータ・ブレードは一般的に、基部または根本部分から半径方向に延びる翼を備える。翼は一般的に、凹状の圧力側壁または圧力側と、周方向または横方向に対向する凸状の吸引側壁または吸引側とを備える。圧力側および吸引側は両方とも、前縁と後縁との間で軸方向に延びている。圧力側および吸引側はさらに、半径方向に内側の根本と半径方向に外側のブレード先端との間で半径方向に延び、それらの間で中空のチャンバを画定している。中空のチャンバを通して圧縮空気冷媒を循環しても良い。

40

【0018】

図を再び参照して、図 4 に、複数のタイプのタービン・ブレードにおいて用いても良い従来の空冷式の翼 30 の断面図を例示する。図示するように、翼 30 は、全体として翼形

50

状を備え、鼻部または前縁 3 2、圧力側 3 4、吸引側 3 6、および後縁 3 8 を有している。翼 3 0 は一般的に中空であり、多くの場合に複数のチャンバに分割されている。チャンバは、図示するように、2 つの半径方向に延びる内部チャンバ 4 0、4 2 を含んでいても良く、これらは、中間の隔壁 4 4 によって分割され、外壁 5 3 によって画定されていても良い。一般的に、各内部チャンバ 4 0、4 2 には、中空の半径方向に延びる挿入物 4 6、4 8 が封入されている。挿入物 4 6、4 8 の構成は、対応するチャンバの内部の輪郭に従うが、チャンバの内部に対して離間に配置される関係にある。挿入物 4 6、4 8 は、予め選択された場所に挿入物開口部 5 0 を備えている。タービン圧縮機から出た高圧力の冷却用空気を、従来の手段によって翼の基部または根本を通して挿入物内に送り、このような開口部を通して排出して、チャンバ 4 0、4 2 の内壁に当たる空気の噴流を形成して衝突冷却を図る（矢印で示すように）。挿入物開口部 5 0 を、たとえば、挿入物 4 6、4 8 上の内側の半径方向位置から挿入物 4 6、4 8 上の外側の半径方向位置まで延びる複数の列に沿って配置しても良い。この技術の中心的な考え方は、高速度の冷媒を高温の金属表面上に別個に噴流衝突させることによって生じる高い熱伝達係数（H T C）を用いて、対流によって熱を標的表面から取り去ることである。

10

【0019】

より詳細には、前縁チャンバ 4 0 における挿入物 4 6 の挿入物開口部 5 0 は、挿入物 4 6 と対向する外壁 5 3 の内面に衝突するように配置されている。冷却用空気は、前縁チャンバ 4 0 内に強制的に入れられて挿入物 4 6 から出た後、翼の外壁 5 3 を貫通する半径方向に離間に配置された膜冷却開口部 5 2 の列を通して排出される。この排出された冷却用空気は、翼の外部表面に隣接する境界空気の層となって、作動流体から翼への熱伝達を抑制する働きをする。冷却用空気は、後縁挿入物 4 8 内に強制的に入れられて挿入物開口部 5 0 を通って出る。この挿入物開口部 5 0 も、挿入物 4 8 と対向する外壁 5 3 の内面に衝突するように配置される。その後、冷媒は、後縁チャンバ 4 2 から、膜冷却開口部 5 2 を通ってかまたは後縁冷却開口部 6 4 を通って排出される。後縁冷却開口部 6 4 は、後縁チャンバ 4 2 から翼の後縁 3 8 まで延びている。図示するように、翼によっては、複数の略円柱型のピン 6 6 の列が、後縁チャンバ 4 2 と後縁冷却開口部 6 4 との間に存在する間隔に渡って延びていても良い。

20

【0020】

冷媒をこのように用いると、すなわち、流れを、外壁 5 3 の内面と衝突挿入物 4 6、4 8 とによって閉ざされた限定された経路内に噴射すると、その有効性が低下する。このように低下する原因は、翼の空洞内の有利な圧力勾配の方向に運ばれる衝突後流体の横断流である。すなわち、従来の衝突冷却翼デザインは、衝突後の横断流による低下の効果があるために不利である。

30

【0021】

たとえば、後縁チャンバ 4 2 における挿入物開口部 5 0 を出た冷却液は、最初に外壁 5 3 の内面によって偏向される。流れの対流によって、熱が外壁 5 3 から取り去られる。流れのほとんどは次に、有利な圧力勾配に向かって進む。これは一般的に、流れが翼 3 0 の後縁 3 8 まで進んで、後縁冷却開口部 6 4 を通って出ることを意味する。一般的に、流れのごく一部が膜冷却開口部 5 2 まで進んでそこから排出される。図 4 に示すように、従来の中空翼の一般的な流れパターンを考えると、流れが出口点に向かって動くときに、冷媒流のかなりの部分が他の挿入物開口部 5 0 の前で（すなわち、挿入物開口部 5 0 と外壁 5 3 の対向する部分との間で）横断する。外壁 5 3 からすでに熱を吸収しているため、衝突後の横断流は一般的に、温度が衝突前冷媒（すなわち、外壁 5 3 に対して衝突し送られる前の冷媒）よりも高い。当業者であれば分かるように、衝突後の横断流が、新鮮な冷媒と混合することによって、外壁 5 3 の冷却を妨げ、その結果、外壁 5 3 とそれに接触する流れとの間の温度差が小さくなる。加えて、噴流ベクトルが変わるために低下が起こる。すなわち、横断流によって、衝突した冷媒の方向が挿入物開口部から変わるため、噴流が標的表面に垂直には当たらず、その結果、その冷却の有効性が低下する。

40

【0022】

50

他方で、衝突後の流れが、挿入物 46、48 と外壁 53 とによって画定される経路内で小さくなることで、新鮮な冷媒が外壁 53 に接触して直接流れることが妨げられなかったら、流体冷媒と外壁 53 との間の熱交換は向上したであろう。当業者であれば分かるように、このように冷却の有効性が向上すれば、翼を適切なまたは所望の温度に維持するのに必要な冷媒の量は減るであろう。冷媒空気を用いると効率に悪影響が出るので、その使用量が減れば、タービン・エンジンの効率は上がるであろう。

【0023】

次に図 5 を参照して、本出願の代表的な実施形態による内部冷却回路／挿入物を例示する翼 110 の断面図を示す。前述したように、本発明に対応する構成を有する中空の翼を、ステータ・ブレードまたはロータ・ブレードのいずれかにおいて用いても良い。明瞭および簡潔さを目的として、図 5～7 の実施形態を、ロータ・ブレードにおいて使用することに適用可能な詳細説明とともに示す。当業者であれば分かるように、これは単に典型的なものであり、限定は決して意図していない。翼 110 は一般的に、翼形状の構成を有する。この構成は、前方端または前縁 112、圧力側 114、吸引側 116、および後部縁または後縁 118 を有する。翼は、半径方向に延びる中央のチャンバ 120 を有する。チャンバ 120 は一般的に、翼の形状を有し、比較的薄い外壁 133 によって画定されている（なお、図 5 に示すように、図 4 の例が前縁チャンバ 40 と後縁チャンバ 42 とに分割されていたようには、中央のチャンバ 120 は複数のチャンバには分割されていない。これは、本出願の好ましい実施形態の典型である。他の実施形態においては、中央のチャンバ 120 を複数のチャンバに分割しても良く、本明細書に記載したものと一致する挿入物を、これらのチャンバの 1 つまたはすべてにおいて用いても良い）。図 4 にすでに示した従来技術の例と同様に、膜冷却開口部が外壁 133 を通って存在していても良いが、簡単にするために、図 5～7 ではこれらを図示していない。翼 110 はさらに、前述した同じ特徴と同様の後縁冷却開口部 134 およびピン 136 を備えていても良い（これらの特徴は重要ではないが）。

【0024】

図 5 に示すように、複数の半径方向に延びる挿入物 140、141、142、143、144、145、146 を、本出願の代表的な実施形態に含めても良い。本明細書で用いる場合、「挿入物」は、中空の翼内に取り付けられた隔壁であって（すなわち、一般的に挿入物は翼と単一部品としては一体形成されていない）、ブレードの一端に導入される冷媒の流れを送り、流れに衝突してこれを翼の外壁の内面に対して向けられる複数の冷却噴流にする隔壁を指す。一般的に、挿入物は、薄肉の半径方向に延びる隔壁であって、一般的にチャンバ内に分室を形成し、金属薄板、鋳造金属、セラミック材料、または他の好適な材料で形成されていても良い隔壁である。適切に取り付けられれば、挿入物は一般的に、流体冷媒が入る入口をブレードの一端に位置させ、冷媒の流れを半径方向に送る中空の空洞を画定する。挿入物は一般的に、一様に分散された複数の挿入物開口部を有し、この開口部から冷媒が翼の外壁に対して放出される。挿入物開口部のサイズは、挿入物開口部が冷媒の流れに衝突することによって冷媒の冷却有効性を向上させるように形成されている。図 5 の代表的な実施形態の挿入物は、以下のものを備えている。鼻部挿入物 140（吸引側挿入物および／または圧力側挿入物と考えても良い）、複数の圧力側挿入物 141、142、143（前部圧力側挿入物 141、中央部圧力側挿入物 142、および後部圧力側挿入物 143 を含んでいても良い）、ならびに複数の吸引側挿入物 144、145、146（前部吸引側挿入物 144、中央部吸引側挿入物 145、および後部吸引側挿入物 146 を含んでいても良い）。図 5 の複数の挿入物を、以下に詳細に説明するように、内向き流出経路 150 と中央の収集部通路 152 とを画定するように構成および配置しても良い。各挿入物は一般的に、外面または壁が外壁 133 の内面に対向しており、この外面または壁を通して挿入物開口部が形成され、外壁 133 に対して冷媒を送る働きをする。この挿入物の壁は一般的に、外壁 133 の対応する部分の内部の輪郭に従うが、内部に対して離間に配置される関係にある。なお、図 4 の従来技術の例とは異なり、図 5～7 に示す例の挿入物開口部の位置決めを、挿入物の壁を通して延びる複数の矢印で示す。

【0025】

内向き流出経路150は、隣接する挿入物間の間隔およびそれらの形状によって画定される経路である。一般的に、内向き流出経路150は、中央のチャンバ120の外部から中央のチャンバ120の中央領域まで延びて、そこで中央の収集部通路152に接続している。好ましい実施形態においては、内向き流出経路150は、翼の中央翼弦線（mid-chord line）に大まかに垂直な方向に配向されている。当業者であれば分かるように、中央翼弦線は、前縁112から後縁118まで延びる基準線（図示せず）であって、圧力側114と吸引側116との間のほぼ中間点を接続するものである。さらに、好ましい実施形態においては、内向き流出経路150は、中央の収集部通路152に大まかに垂直な方向に配向されている。内向き流出経路150は一般的に、外壁133付近の位置から始まり、中央翼弦線付近の位置で終了する。

10

【0026】

内向き流出経路150は、図5の典型的な好ましい実施形態において例示するように、鼻部挿入物140と前部圧力側挿入物141との間、前部圧力側挿入物141と中央部圧力側挿入物142との間、中央部圧力側挿入物142と後部圧力側挿入物143との間、鼻部挿入物140と前部吸引側挿入物144との間、前部吸引側挿入物144と中央部吸引側挿入物145との間、および中央部吸引側挿入物145と後部吸引側挿入物146との間に配置しても良い。好ましい実施形態においては、一般的に、少なくとも2つの挿入物が中央のチャンバ120の圧力側114に存在して、少なくとも1つの内向き流出経路150を画定し、少なくとも2つの挿入物が中央のチャンバ120の吸引側116に存在して、少なくとも1つの内向き流出経路150を画定し、圧力側挿入物141、142、143と吸引側挿入物144、145、146との間に保持される間隔によって、中央の収集部通路152が形成されている。

20

【0027】

隣接する挿入物の対向する壁は、ほぼ平行であっても良く、挿入物の間に形成される経路の幅によって分離されていても良い。したがって、好ましい実施形態においては、圧力側挿入物141、142、143の各対の対向する壁は、ほぼ平行であっても良く、圧力側挿入物の間に形成される内向き流出経路150の所望の幅だけずれていても良い。こうして、たとえば、前部圧力側挿入物141の後部壁は、中央部圧力側挿入物142の前部壁に対してほぼ平行であっても良い。吸引側挿入物144、145、146の各対の対向する壁は、同様に、ほぼ平行であっても良く、吸引側挿入物の間に形成される内向き流出経路150の所望の幅だけずれていても良い。こうして、たとえば、前部吸引側挿入物144の後部壁は、中央部吸引側挿入物145の前部壁に対してほぼ平行であっても良い。同様の関係が、鼻部挿入物140と前部圧力側挿入物141との間の対向する側面、および鼻部挿入物140と前部吸引側挿入物144との間の対向する側面の間に、設けられていても良い。

30

【0028】

中央の収集部通路152は一般的に、中央のチャンバ120の内部に沿って、前方位置から後部位置まで延びている。特に、図示するように、中央の収集部通路152は、鼻部挿入物140から始まり、冷却ピン136のすぐ前方の位置まで延びて、翼110のほぼ中央翼弦線に沿って経路を形成する。その結果、一般的に、翼110の全体的な湾曲に従うわずかに曲線状の経路になる。さらに、好ましい実施形態においては、挿入物の各対のうち中央の収集部通路152をはさんで互いに対向するもの（たとえば、中央部圧力側挿入物142と中央部吸引側挿入物145）の間の対向する壁は、互いにほぼ平行であっても良く、挿入物の間に形成される中央の収集部通路152の幅だけずれていても良い。

40

【0029】

一部の好ましい実施形態においては、図5に示すように、2つの後部挿入物（すなわち、後部圧力側挿入物143および後部吸引側挿入物146）の一方または両方が、後部挿入物延長部分158を有していても良い。後部挿入物延長部分158は一般的に、後部挿入物143、146の後部端部から下流方向（すなわち、翼110の後縁118に向かっ

50

て) 延び、中央のチャンバ 1 2 0 の後縁のすぐ前方の位置で外壁 1 3 3 に接続している。このように配置することで、後部挿入物延長部分 1 5 8 は、冷媒の下流の流れを遮る場合があり、冷媒がその代わりに内向き流出経路 1 5 0 の 1 つを選ばざるを得ないようにする。

【0030】

動作時には、冷媒を、複数の挿入物 1 4 0、1 4 1、1 4 2、1 4 3、1 4 4、1 4 5、1 4 6 を通して送り、挿入物冷却開口部によって衝突させても良い。結果として生じる衝突噴流を、外壁 1 3 3 の内面に向けて送って、対流によって熱を外壁 1 3 3 から比較的高速で取り去るようにしても良い。衝突後の流れの相当な部分が次に、内向き流出経路 1 5 0 内に流れ込む。中央の収集部通路 1 5 2 が次に、衝突後の流れを内向き流出経路 1 5 0 から集めても良く、流れが出口点に向かって移動しても良い。出口点は、流れの相当な量に対して、後縁冷却開口部 1 3 4 である。このように、当業者であれば分かるように、衝突後の流れにより冷却に及ぼされる低下の効果が軽減される場合がある。

【0031】

図 6 は、本発明の代替的な好ましい実施形態である翼 1 6 0 の説明図である。一般的に、翼 1 6 0 は、図 5 の翼 1 1 0 に対して前述したものと同一特徴および構成を有するとともに、分割壁挿入物 1 6 2 が付加されていても良い。分割壁挿入物 1 6 2 は、半径方向に延びる隔壁であって、中央のチャンバ 1 2 0 を、ブレードの基部またはその付近における内側の半径方向位置からブレードの先端付近の外側の半径方向位置まで、実質的に分割する隔壁である。軸方向に、分割壁挿入物 1 6 2 は、中央翼弦線に沿って前方位置から後部位置まで延びて、中空の翼チャンバを圧力側チャンバと吸引側チャンバとに実質的に分割する。

【0032】

一部の好ましい実施形態においては、分割壁挿入物 1 6 2 は、翼チャンバの前方領域における外壁に対して形成された接続部から始まっても良い。図 6 に示すように、接続部は、翼チャンバの吸引側の前縁 1 1 2 のすぐ後部に形成しても良い。この場合、分割壁挿入物 1 6 2 は翼 1 6 0 の中央翼弦線に向かって延びて、ほぼ翼の中央翼弦線の領域に達したら、分割壁挿入物 1 6 2 は方向を変えて、翼 1 6 0 の後縁 1 1 8 に向かって延びても良い。図示した代表的な実施形態においては、この方向変更の角度は約 60°～90°の間であっても良い。方向を変更したら、挿入物分割壁は、大まかに中央翼弦線に沿って後部方向に延びても良い。後縁 1 1 8 に向かって延びたら、分割壁挿入物 1 6 2 は、中央のチャンバ 1 2 0 の後部端部付近の位置で終了しても良い。分割壁挿入物 1 6 2 の終端のすぐ後部において、分割壁挿入物 1 6 2 が分割した 2 つのチャンバは単一のチャンバになっても良い。

【0033】

動作時には、翼 1 6 0 の構成によって、圧力側挿入物 1 4 0、1 4 1、1 4 2、1 4 3 を通る冷媒の流れと、吸引側挿入物 1 4 4、1 4 5、1 4 6 を通る冷媒の流れとが、実質的に隔離されても良い。当業者であれば分かるように、翼を通して流れる冷媒の圧力は、翼内への作動流体の逆流を防止するのに十分な圧力に保持しなければならない。より具体的には、翼内の冷媒の圧力がタービンを通る作動流体の圧力よりも低い場合、作動流体の翼内への逆流が、たとえば、翼 1 6 0 の圧力側 1 1 4 および吸引側 1 1 6 の表面に沿って存在する場合がある膜冷却孔を通して起こる場合がある。作動流体が極度の温度であるために、このような逆流が起こるとすぐに、著しくかつ費用のかかる損傷が翼に対して生じる場合がある。

【0034】

当業者であれば分かるように、2 つの主な翼外面の形状と作動流体がそれぞれに当たる仕方とのせいで、外壁 1 3 3 の外面における作動流体の圧力は、翼 1 6 0 の吸引側 1 1 6 に沿って生じる値よりも圧力側 1 1 4 に沿って生じる値の方がかなり高い。もしそうだとすれば、翼 1 6 0 の内圧を異なるレベルに維持することによって効率が達成される場合がある。したがって、圧力側挿入物 1 4 0、1 4 1、1 4 2、1 4 3 内の圧力を、吸引側挿

入物 144、145、146 内の圧力よりも高いレベルに維持して、各圧力を、存在し得る膜冷却開口部または他の開口部（たとえば割れ）のいずれかを通して逆流が起こることを好適に防ぐレベルに維持しても良い。当業者であれば分かるように、分割壁挿入物 162 と、冷媒の流れを各チャンバおよびその内部の挿入物に対しておよびそれらを通して送出し計量する従来の方法とを用いて、これらの異なるレベルの圧力を、中央のチャンバ 120 の 2 つの隔離されたチャンバ内において維持しても良い。

【0035】

隔離されたチャンバにおいて、最適化された逆流マージンを実現することによって、より効果的な冷却が可能になる。すなわち、図 6 の場合、中央のチャンバ 120 の分離された吸引側を、より低い圧力レベルに安全に維持しても良い。こうして、分割壁挿入物 162 によって一般的に、圧力側冷媒供給源と吸引側冷媒供給源とを分離することができ、最適な圧力および流量を、翼表面上での局所的な熱負荷に基づいて実現することができるようになる。全体としての冷却有効性を向上させることによって、翼上の同じ全体的な熱負荷に対して必要となる冷媒流が少なくなるであろう。その結果、損失の低減および出力の増加を通して、タービン・エンジン性能が向上する。

【0036】

図 7 は、本発明の代替的な好ましい実施形態である翼 170 の説明図である。一般的に、翼 170 の特徴および構成は、図 6 の翼 160 に対して前述したものと同じである。図 7 の実施形態は、挿入物の複数が、半径方向に離間に配置された複数のコネクタ 172 を介して接続される実施形態の例である。一般的に、コネクタ 172 は、軸方向および／または周方向に延びるコネクタであって、挿入物 140、141、142、143、144、145、146 および／または分割壁挿入物 162 のいずれかの間を延びるものである。挿入物および／または分割壁挿入物のうちの 2 つを接続する複数のコネクタ 162 が、半径方向の異なる高さに存在していても良い。好ましい実施形態においては、コネクタ 172 は、内側の半径方向位置（すなわち、ブレードの基部付近の位置）と、外側の半径方向位置（すなわち、ブレードの外側の半径方向先端付近の位置）との間において、規則的な半径方向の間隔で存在する。図 7 において点線で示すように、内向き流出経路 150 がコネクタ 172 間で存在していても良く、前述したものと同様に機能しても良い（複数コネクタが形成されることによって、ある程度の体積が取り除かれるが）。

【0037】

複数の挿入物を、複数のコネクタ 172 を介して互いに接続しても良い（なお、この状況では、接続された挿入物を、単一の部品もしくは単一の挿入物を形成すると言っても良いし、前述で挿入物に言及した仕方と同様に、やはり、接続された複数の挿入物であると言っても良い）。図 7 に示すように、いくつかの実施形態においては、圧力側挿入物 140、141、142、143 をコネクタ 172 によって接続しても良い。鼻部挿入物 140 を、コネクタ 172 を介して、前部圧力側挿入物 141 に接続しても良い。前部圧力側挿入物 141 を、同様に中央部圧力側挿入物 142 に接続しても良い。中央部圧力側挿入物 142 を、同様に後部圧力側挿入物 143 に接続しても良い。また、いくつかの実施形態においては、吸引側挿入物 144、145、146 をコネクタ 172 によって接続しても良い。この場合、前部吸引側挿入物 144 を、コネクタ 172 を介して、中央部吸引側挿入物 145 に接続しても良く、中央部吸引側挿入物 145 を、同様に後部吸引側挿入物 146 に接続しても良い。

【0038】

図 7 に関連して前述した構成は典型的なものである。当業者であれば分かるように、図 7 に示していない他の組み合わせも可能である。たとえば、鼻部挿入物 140 を、コネクタ 172 を介して、前部圧力側挿入物 141 に接続しても良く、前部圧力側挿入物 141 を、中央部圧力側挿入物 142 に接続していないままであっても良い。その代わりに、中央部側挿入物 142 を後部圧力側挿入物 143 にのみ接続しても良い。加えて、図 7 には例示していないが、分割壁挿入物 162 を、複数のコネクタ 172 を介して、挿入物 140、141、142、143、144、145、146 の 1 つまたはすべてに接続しても

良く、これらの挿入物を互いに接続しても良いし接続しなくても良い。図6に例示した実施形態は、挿入物140、141、142、143、144、145、146および分割壁挿入物162をすべて、隣接する挿入物構造に接続していないままの場合である。当業者であれば分かるように、図7に例示するコネクタ172によって、挿入物構造140、141、142、143、144、145、146、162をすべて接続する可能性が可能になる。すなわち、コネクタ172を用いてすべての挿入物140、141、142、143、144、145、146および分割壁挿入物162を接続して、単一の接続構造にしても良い。

【0039】

使用中、翼170は、他の典型的な翼（すなわち、翼110および翼160）に対して前述したものと同様に動作する場合がある。当業者であれば分かるように、コネクタ172は、製造および動作に対して肯定的結果および否定的な結果の両方を有する場合がある。これらを検討して、コネクタ172が特定の応用例に適しているかどうかを判定しても良い。たとえば、前述したように、コネクタ172によって一般的に、内向き流出経路150から体積が取り除かれ、および／または分割壁挿入物162が、隣接する挿入物の1つに接続される場合には、中央の収集部通路152から体積が取り除かれる。一般的に、この体積の減少は比較的小さいものであるが、その減少によって、内向き流出経路150内に流れる衝突後の流れおよび／または中央の収集部通路152を通して流れる衝突後の流れが少なくなる場合がある。その結果、特定の状況の下では、低下をもたらし横断流のレベルがわずかに大きくなる場合がある。しかし、挿入物140、141、142、143、144、145、146、162の2つ以上を接続して接続構造にすることによって、部品コストが下がり、製造プロセスおよび／または部品取り付けが単純になる場合がある。さらに、挿入物140、141、142、143、144、145、146、162を接続すると、動作中に、翼内での適切な位置がより良好に保たれる場合がある。

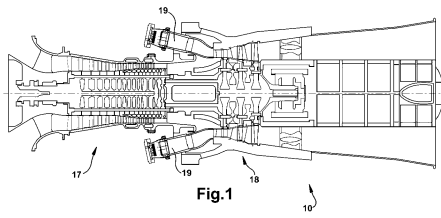
【0040】

挿入物141、142、143、144、145、146、分割壁挿入物162、およびコネクタ172はすべて、従来の手段および方法によって好適な任意の材料から作っても良い。コネクタ172は、それが接続する挿入物と一体的に形成しても良いし、別個の部品として作って後で取り付けても良い。

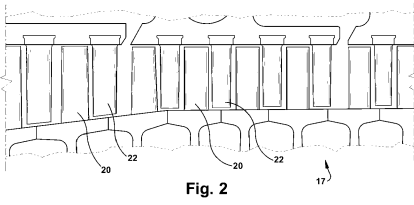
【0041】

前述した本発明の好ましい実施形態の説明から、改善、変形、および変更が当業者には明らかである。当該技術におけるこのような改善、変形、および変更は、添付の請求項によって網羅されることが意図されている。また、前述のことは本出願の説明した実施形態にのみ関係すること、および以下の請求項およびその均等物によって規定される本明細書の趣旨および範囲から逸脱することなく、本明細書において多くの変形および変更を施しても良いことが明らかである。

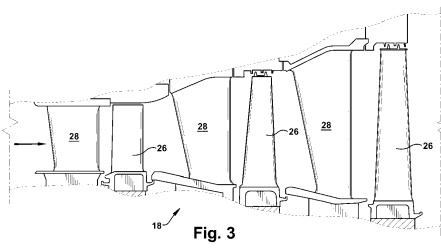
【図 1】



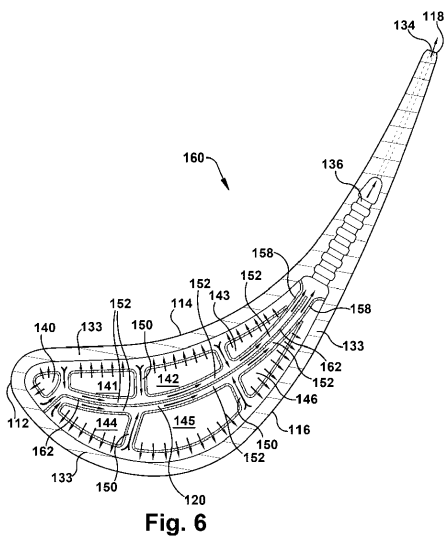
【図 2】



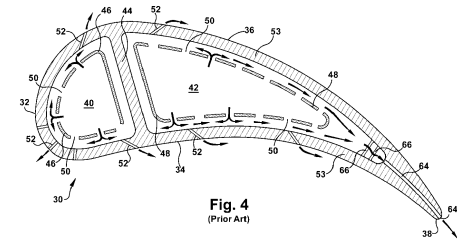
【図 3】



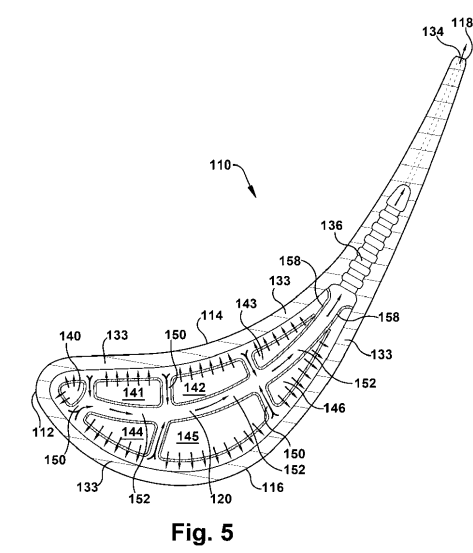
【図 6】



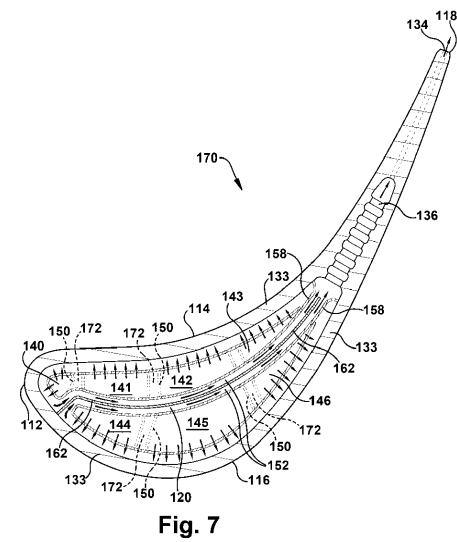
【図 4】



【図 5】



【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 ジェームス・イー・トンプソン

アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、シンプソンヴィル、イールグラス・コート、413番

審査官 寺町 健司

(56)参考文献 特開平06-093801 (JP, A)

特開2008-274906 (JP, A)

特開2001-214706 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F01D 5/12-18, 22-24, 28-32

F01D 9/00-11/10

F02C 7/18