

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5898841号
(P5898841)

(45) 発行日 平成28年4月6日 (2016.4.6)

(24) 登録日 平成28年3月11日 (2016.3.11)

(51) Int.Cl.

F I

FO1D 9/02 (2006.01)

FO1D 5/18 (2006.01)

FO2C 7/18 (2006.01)

FO1D 9/02 1 O 2

FO1D 5/18

FO2C 7/18 A

請求項の数 8 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2010-289321 (P2010-289321)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成22年12月27日 (2010.12.27)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(65) 公開番号	特開2011-140951 (P2011-140951A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州 1 2 3
(43) 公開日	平成23年7月21日 (2011.7.21)		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12月24日 (2013.12.24)		番
(31) 優先権主張番号	12/683, 133	(74) 代理人	100137545
(32) 優先日	平成22年1月6日 (2010.1.6)		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
前置審査		(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】 タービンエンジン翼形部の内部空洞内における熱伝達の強化

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

翼形部（10）であって、当該翼形部が、
前縁（12）、後縁（14）、負圧側面（16）及び正圧側面（18）と、
該翼形部内で半径方向に延びる複数の内部冷却空洞（20、22、24）と、
該翼形部の正圧及び負圧側面の少なくとも1つの内部表面（30）上に形成された複数の
渦発生体と
を含んでおり、
前記複数の内部冷却空洞の1つ（24）が前記後縁に沿って延び、前記後縁（14）に
は、該後縁に沿って延びる複数の冷却媒体流出アパーチャ（26）が設けられ、前記複数の
渦発生体が、前記複数の内部冷却空洞（24）の1つ内で半径方向に間隔を置いた状態
で前記複数の冷却媒体流出アパーチャ（26）にほぼ平行にかつ該複数の冷却媒体流出ア
パーチャ（26）に隣接して前記後縁（14）に沿って延びるように配置され、
前記複数の渦発生体の少なくとも一部が、各々、
前記内部表面（30）に対しほぼ垂直な後部アベックス（62）と、
前記内部表面（30）に対しほぼ垂直な第1の三角形側部表面（58）と、
前記後部アベックス（62）に向けて傾斜し且つ収束する内向き第2の三角形側部表面（
60）と、
前記第1及び第2の側部表面（58、60）によって側方形形成された上向き傾斜三角形状
流入ランプ表面（54）と、

10

20

を備える渦発生体（４６）である、
翼形部。

【請求項２】

前記複数の渦発生体の少なくとも一部が、各々、
前記内部表面（３０）に対しほぼ垂直な後部アベックス（３８）と、
該後部アベックス（３８）に収束する一对の内向き傾斜三角形側部表面（３６）と、
該一对の内向き傾斜三角形側部表面（３６）によって側方形成された上向き傾斜三角形形状
流入ランプ表面（３４）と、
を備える渦発生体（３２）である、請求項１記載の翼形部。

【請求項３】

前記複数の渦発生体（３２）が、それぞれ該翼形部の正圧及び負圧側面の両方の内部表面
上に形成された第１及び第２の群を含み、各前記群が、単一又は複数列の渦発生体を含む
、請求項１又は２に記載の翼形部。

【請求項４】

前記複数の渦発生体（３２）が、前記内部表面（３０）上に単一又は複数縦列として配
置される、請求項１乃至３のいずれか１項に記載の翼形部。

【請求項５】

該翼形部の正圧側面（１８）上の前記第１の群が、該翼形部の負圧側面（１６）上の前
記第２の群とほぼ半径方向に整列している、請求項３又は４に記載の翼形部。

【請求項６】

該翼形部の正圧側面（１８）上の前記第１の群が、該翼形部の負圧側面（１６）上の前
記第２の群と半径方向に千鳥配置されている、請求項３又は４に記載の翼形部。

【請求項７】

前記複数の渦発生体（３２）の少なくとも１部が、各々、１以上の三角形形状リブ（６８
）を含む、請求項１乃至６のいずれか１項に記載の翼形部。

【請求項８】

前記複数の渦発生体（３２）の少なくとも１部が、各々、１以上のウェッジ状構成要素
（８８）を含む、請求項１乃至７のいずれか１項に記載の翼形部。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、ガスタービン翼形部に関し、より具体的には、翼形部の内部空洞内における
熱伝達の強化に関する。

【背景技術】

【０００２】

ガスタービン構成要素は、該構成要素を厳しい環境から保護するためには能動冷却を必
要とするような高温で作動する。従来から、ガスタービンエンジン構成要素は、加圧空気
によって或いは幾つかの場合には複合蒸気／ガスサイクルからの利用可能な蒸気によって
冷却されてきた。しかしながら、冷却目的での加圧空気の使用は、エンジン性能及び効率
の低下という代償を払うことになる。従って、冷却媒体流量を減少させながら、構成要素
温度を厳しい要件の範囲内に維持する方法を確定するという困難な課題が依然として存在
している。

【０００３】

従来から、ガスタービン構成要素の温度は、対流冷却及び断熱皮膜により要件の範囲内
に維持されてきた。冷却媒体及び内部金属表面間の対流熱伝達を強化するために、幾つか
の方法が適用されている。中でも、ピン・フィンバンク及びタービュレータが、広く使用
されている。このことに関して、境界層の高さ（厚さ）が発達しかつ成長するにつれて熱
伝達が低下することが知られている。ピン・フィンバンク及びタービュレータは、境界層
内に途絶を生じさせ、それにより境界層を再スタートさせるのを可能にする。再スタート

10

20

30

40

50

により境界層高さが大きく減少するので、再スタートを導入する前における熱伝達に比較して、その熱伝達が増大する。幾つかのピン・フィンバンク及びタービュレータを付加することによって、平滑表面と比較して、全体熱伝達が増大する。そのような熱伝達増強装置は、特許文献に詳しく説明されている。例えば、米国特許第6464462号には、バケットの後縁上においてスプリッターリップを使用して熱伝達を増大させるようにすることが説明されている。米国特許第6406254号には、ノズルの後縁上においてタービュレータを使用することが説明されており、また米国特許第5609466号には、ノズルの後縁上においてピン・フィンバンクを使用することが説明されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【0004】

【特許文献1】米国特許第6464462号明細書

【特許文献2】米国特許第6406254号明細書

【特許文献3】米国特許第5609466号明細書

【特許文献1】米国特許第7334760号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

タービンエンジン翼形部内部における、特に内部後縁空洞のような翼形部の密閉アクセス困難領域におけるより有効な熱伝達強化メカニズムに対する必要性が依然として存在している。

20

【課題を解決するための手段】

【0006】

1つの例示的であるが非限定的な実施形態では、タービンエンジン翼形部を提供し、本翼形部は、前縁、後縁、負圧側面及び正圧側面と、該翼形部内で半径方向に延びる複数の内部冷却空洞と、該翼形部の正圧及び負圧側面の少なくとも1つの内部表面上に形成された複数の渦発生体とを含み、複数の内部冷却空洞の1つは、後縁に沿って延び、後縁には、該後縁に沿って延びる複数の冷却媒体流出アパーチャが設けられ、複数の渦発生体は、複数の内部冷却空洞の1つ内で半径方向に間隔を置いた状態で複数の冷却媒体流出アパーチャにほぼ平行にかつ該複数の冷却媒体流出アパーチャに近接して延びるように配置される。

30

【0007】

別の態様では、タービンエンジン翼形部を提供し、本翼形部は、前縁、後縁、負圧側面及び正圧側面と、該翼形部内における内部冷却空洞と、内部冷却空洞内において負圧側面及び正圧側面の少なくとも1つの内部表面上に形成された複数の渦発生体とを含み、複数の渦発生体は、少なくとも1つの冷却空気渦を時計方向又は反時計方向に放出するような形状になっている。

【0008】

さらに別の態様では、翼形部を提供し、本翼形部は、前縁、後縁、負圧側面及び正圧側面と、該翼形部内における内部冷却空洞と、内部冷却空洞内において負圧側面及び正圧側面の少なくとも1つの内部表面上に形成された複数の渦発生体とを含み、複数の渦発生体は、少なくとも1つの半径方向に延びる列として配置されかつ少なくとも1つの冷却空気渦を時計方向又は反時計方向に放出するような形状になっており、複数の渦発生体は各々、完全デルタウイング、半デルタウイング、リブウイングレット、リブウイングレット対及びウェッジ形状から成る群から選択された構成を有する。

40

【0009】

次に、下記に特定する図に関連して、本発明を説明する。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】その中に形成された内部空洞を示す、タービン翼形部の断面図。

50

【図 2】本発明の例示的であるが非限定的な実施形態を組入れた、図 1 に示すタービン翼形部の後縁部分の拡大詳細図。

【図 3】冷却流に曝された表面上における渦発生体の使用によって形成された渦の概略図。

【図 4】別の例示的であるが非限定的な実施形態による、タービン翼形部の空洞の内部表面上で使用する同種の渦発生体の簡略概略図。

【図 5】さらに別の例示的であるが非限定的な実施形態による、タービン翼形部の空洞の内部表面上で使用する別の同種の渦発生体の簡略概略図。

【図 6】さらに別の例示的であるが非限定的な実施形態による、タービン翼形部の空洞の内部表面上で使用する別の同種の渦発生体の簡略概略図。

【発明を実施するための形態】

【0011】

最初に図 1 を参照すると、タービンエンジン翼形部 10 は一般的に、前縁 12、後縁 14、並びにそれぞれ前縁と後縁との間で延びる凸面形負圧表面及び凹面形正圧表面 16、18 を含む。翼形部 10 内には、内部空洞 20、22 及び 24 を形成して、主として該翼形部を通る冷却媒体（一般的には空気であるが、時には蒸気又はその他の流体であることもある）の流れを可能にしかつ制御する。「開放」冷却回路構成では、冷却空気は、図 2 で最も良く分かるように後縁 14 に沿って設置された後縁空洞 24 及び複数の流出アパーチャ 26 を介して翼形部 10 から流出する。

【0012】

本発明の例示的であるが非限定的な実施形態によると、後縁流出アパーチャ 26 に隣接又は近接させて翼形部 10 の内部対面表面 28、30 の 1 つ又は両方上に渦発生体を設けて、後縁空洞内における熱伝達を増強するようにすることができる。

【0013】

例示的な実施形態では、複数の渦発生体 32 は、図 2 及び図 3 に示す「デルタウィング」の形態とすることができる。この実施例では、「完全」デルタウィング渦発生体 32 は、ほぼ垂直な後部アベックス 38 に収束した一対の内向き傾斜側部表面 36 によって側方形成された上向き傾斜三角形状流入ランプ表面 34 を備えるように形成される。渦発生体 32 は、例えば流入ランプ表面が流れ矢印 40 で示した冷却流に対面する状態で、後縁空洞 24 の内部表面 30 上に配置される。図 2 では、渦発生体は、後縁 14 に平行でありかつ流出アパーチャ 26 に近接しまた対向つまり対面内部表面 28、30 の両方上に配置された列として示している。図 3 に示すように、各渦発生体 32 は、該渦発生体の後方に逆方向回転する渦 42、44 の対を生成して、境界層が成長するのを防止し、従って後縁空洞 24 内における熱伝達を強化する。

【0014】

図 4 は、図 3 をさらに詳しく説明するものであり、図 2 及び図 3 の「完全」デルタウィング構成の変形形態によって側方形成された渦発生体 32 を示している。渦発生体 32 の左側（冷却媒体流の方向に見て）には、その各々が該渦発生体 32 の本質的に左半分から成る一対のほぼ同一の「半」デルタウィング渦発生体 46 及び 48 が配置され、一方、渦発生体 32 の右側には、該渦発生体 32 の本質的に右半分から成る別の対のほぼ同一の「半」デルタウィング渦発生体 50、52 が配置される（便宜上、渦発生体 32 上に中心線を示して、「完全」デルタウィング渦発生体を分割して左及び右「半」デルタウィング渦発生体を形成する方法を図示している。）。より具体的には、流入ランプ表面 34 は、分割されてそれぞれの渦発生体 46、48 上に対向して対面する直角三角形流入ランプ表面 54 及び 56 を形成して、該渦発生体 46、48 の各々の一側部がほぼ垂直（1 つの垂直側部を参照符号 58 で示している）であり、一方、残りの側部（その 1 つを参照符号 60 で示している）は、それぞれの後部アベックス 62、64 に向けて傾斜しかつ収束するようになる。「半」渦発生体 50、52 は、本質的に「半」渦発生体 46、48 の鏡像になっている。使用中に、冷却空気は、流れ矢印 66 で示した方向に翼形部の後縁に接近し、様々な流入ランプ表面 34、54 及び 56（並びに「半」デルタウィング渦発生体 50、

10

20

30

40

50

５２上の鏡像になった流入ランプ表面）を上方に移動しかつ離れ落ちて、「完全」デルタウイング渦発生体３２から一対の渦を放出した「半」デルタウイング渦発生体４６、４８、５０及び５２から単一の渦を放出することになる。「半」デルタウイング渦発生体４６、４８はＣＣＷ（反時計方向）放出渦を生成し、一方、「半」デルタウイング渦発生体５０、５２はＣＷ（時計方向）放出渦を生成することが分かるであろう。

【００１５】

図３及び図４に示す渦発生体はまた、アベックス３８、６２、６４等が冷却流と対面するように１８０°回転させることができ、その場合にも依然としてほぼ上記したように渦を放出することになることが分かるであろう。さらに、渦発生体のパターン及び配置並びにそれらのそれぞれの角度、長さ及び高さは、特定の用途に応じて渦発生と圧力損失との間の所望のバランスを達成するように変化させることができるが分かるであろう。

【００１６】

図５は、同様に翼形部後縁に近接して翼形部後縁（又はその他の）空洞内に設置することができる渦発生体の別の例示的であるが非限定的な実施例を示している。この実施例では、各渦発生体は、１つ又は２つのリブつまりウイングレット６８で構成される。各リブつまりウイングレット６８は、ベース７０及び一対のエッジ７２、７４を備えた比較的薄い直角三角形状金属片によって形成される。ベース７０は、ほぼ垂直なエッジ７２（渦発生体のリーディングエッジとも呼ばれる）が流れ矢印７６で示した冷却流に対面しかつ傾斜エッジ７４がベース７０と交差するまで下流方向に下向きに傾斜した状態で内部後縁空洞表面３０（図２）に係合させることができる。一対のリブウイングレット６８を共に使用して、該リブウイングレットがポイントつまりアベックス８２に収束した後向き対面矢じり形状渦発生体８０を形成することができる。個々のリブウイングレット６８を上記のように配置した渦発生体８０の両側部において、それらの対はそれぞれ、矢じり形状渦発生体８０から離れるように対向する方向に傾斜している。この実施形態では、冷却空気は、例えばタービン翼形部後縁空洞２４の内部表面３０上に配置されたリブウイングレットのリーディングエッジ７２に接近し、該リーディングエッジに衝突しかつリブトップエッジ７４を越えて溢れて、リブウイングレット８０の左側部にＣＷ方向の単一の渦をまたウイングレット８０の右側部にＣＣＷ方向の単一の渦を放出する。中央リブウイングレット８０を越えて溢れる冷却空気は、ＣＣＷ及びＣＷの両方向における一対の渦を放出することになる。

【００１７】

ここでも同様に、リブウイングレット６８の角度、長さ及び高さは、渦発生と圧力損失との間の所望のバランスを達成するように変化させることができる。加えて、リブウイングレットは、図５に示す配向から１８０°回転させて、上記とほぼ同様に渦を放出することができる。

【００１８】

図６は、別の例示的であるが非限定的な実施形態による渦発生体構成を示している。この実施例では、タービン翼形部後縁空洞表面３０に沿って、複数のウェッジ形状渦発生体８４が配置されている。各ウェッジ形状渦発生体８４は、図３及び図４における「完全」デルタウイング渦発生体３２とほぼ同様であるが、１８０°回転され、かつより細長くない形状として形成されている。このケースでは、鈍いアベックスエッジ９２が、冷却流に面すると同時に、下向きテーパ側部９４、９６が、上方下向き傾斜及び発散上部表面１００のベースを形成した比較的幅広後部エッジ９８に向かって発散している。使用中に、冷却空気は、流れ矢印１０２で示した方向にリーディングつまりアベックスエッジ９２に接近しかつ左側及び右側に分割されて、互いに逆方向回転する渦を形成することになる。デルタウイング渦発生体３２の説明と同様に、渦発生体８４はまた、半部分として分割され、かつ所望に応じて渦発生体の配向に対応した方向に単一の渦を放出するように配置することができる。前の実施形態におけるのと同様に、ウェッジ形状渦発生体の角度、長さ及び高さは、渦発生と圧力損失との間の所望のバランスを達成するように変化させることができ、またその他の実施例に関して上記したのと同様に、渦発生体８４は、１８０°回転

10

20

30

40

50

させることができる。

【 0 0 1 9 】

全てのケースにおいて、放出渦は、境界層の境界と空洞壁つまり表面との間で流体を交換し、そのことにより次に、境界層を再付着させかつ薄くすることが可能になる。この作用は、その中に渦発生体が設置されている１つ又は複数の空洞内における熱伝達を強化する。本明細書に説明した渦発生体は、境界層の高さを減少させる点においてピン・フィンバンク及びタービュレータよりも有効であり、従って熱伝達を強化する点においてもより有効である。さらに、デルタウィング、リブタイプ又はウェッジタイプの突出部は、例えば公知のインベストメント鑄造法によって翼形部後縁のタイプの到達困難な内部空洞の表面上に製作して、開発費用及び製作時間を低減することができる。

10

【 0 0 2 0 】

しかしながら、本明細書に説明したような渦発生体の使用は、タービン翼形部における後縁空洞に限定されるものではなく、多様なタービン構成要素冷却用途で 사용할 ことができることを理解されたい。さらに、渦発生体は、特定の空洞内における対向する表面の１つ又は両方で単一又は複数列或いは縦列として採用することができる。渦発生体は、空洞内において互いに対して及び／又は対向するつまり対面する表面上の渦発生体に対して整列配置、千鳥配置又はランダム配置状態として配置することができる。

【 0 0 2 1 】

現時点で最も実用的かつ好ましい実施形態であると考えられるものに関して本発明を説明してきたが、本発明は開示した実施形態に限定されるべきものではなく、逆に、特許請求の範囲の技術思想及び技術的範囲内に含まれる様々な変更及び均等な構成を保護しようとするものであることを理解されたい。

20

【 符号の説明 】

【 0 0 2 2 】

- 1 0 翼形部
- 1 2 前縁
- 1 4 後縁
- 1 6 負圧表面
- 1 8 正圧表面
- 2 0、2 2 内部冷却空洞
- 2 4 内部冷却空洞、後縁空洞
- 2 6 流出アパーチャ
- 2 8、3 0 内部表面
- 3 2 「完全」デルタウィング渦発生体
- 3 4 傾斜三角形流入ランプ表面
- 3 6 傾斜側部表面
- 3 8 後部アベックス
- 4 0 流れ矢印
- 4 2、4 4 渦（ボルテックス）
- 4 6、4 8 「半」デルタウィング渦発生体
- 5 0、5 2 「半」デルタウィング渦発生体
- 5 4、5 6 直角三角形流入ランプ表面
- 5 8 垂直側部表面
- 6 0 傾斜側部表面
- 6 2、6 4 後部アベックス
- 6 6 流れ矢印
- 6 8 リブウィングレット
- 7 0 ベース
- 7 2 リーディングエッジ
- 7 4 傾斜エッジ

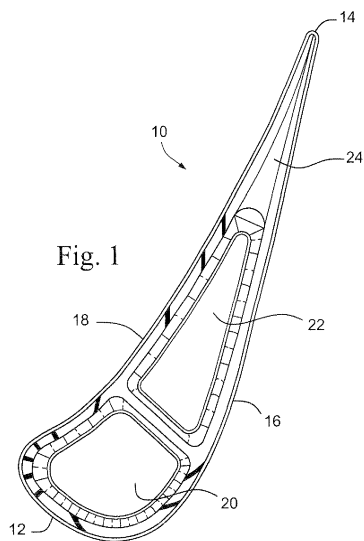
30

40

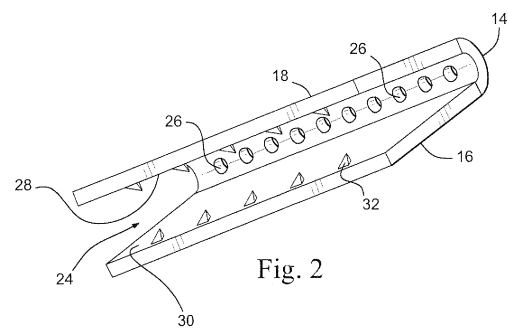
50

- 7 6 流れ矢印
- 8 0 矢じり形状渦発生体
- 8 2 アペックス
- 8 4 ウェッジ形状渦発生体
- 9 2 アペックスエッジ
- 9 4、9 6 下向きテーパ側部
- 9 8 幅広後部エッジ
- 1 0 0 上方下向き傾斜及び発散上部表面
- 1 0 2 流れ矢印

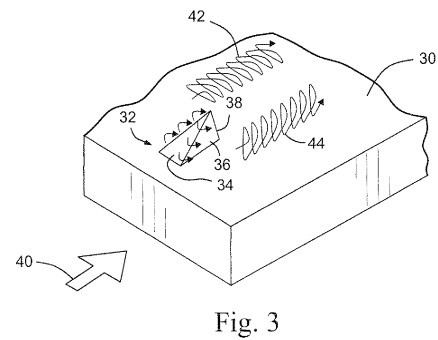
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【図4】

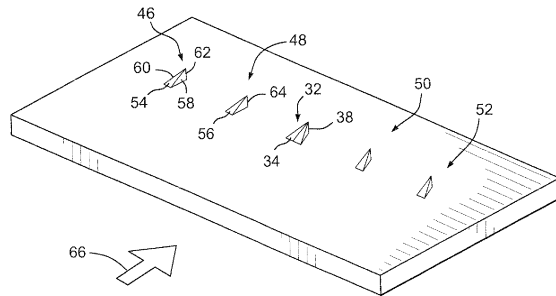


Fig. 4

【図5】

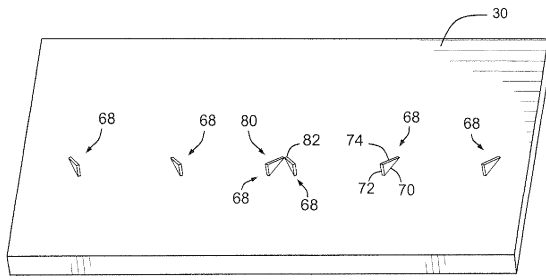


Fig. 5

【図6】

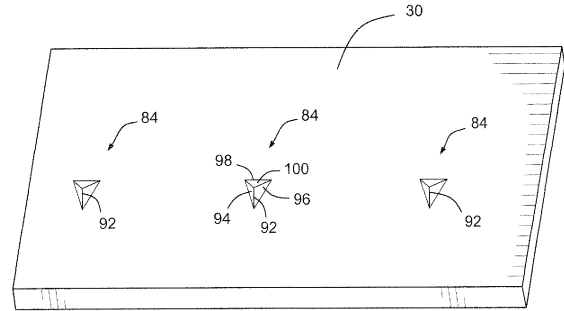


Fig. 6

フロントページの続き

(72)発明者 ジェイム・マルドナド

アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、グリーンヴィル、ガーリントン・ロード、300番、ピー
オー・ボックス648

審査官 佐藤 健一

(56)参考文献 特開2000-337102(JP,A)

米国特許第5361828(US,A)

特開平07-189603(JP,A)

米国特許第6929058(US,B2)

特開2000-345808(JP,A)

特開2000-291406(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,

9/00 - 11/00

F02C 7/18