

(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 1

FO 1 D 9/02 (2006.01)

FO 1 D 9/02

1 O 2

FO 1 D 5/18 (2006.01)

FO 1 D 5/18

FO 2 C 7/18 (2006.01)

FO 2 C 7/18

A

請求項の数 8 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2010-289321 (P2010-289321)  
 (22) 出願日 平成22年12月27日 (2010.12.27)  
 (65) 公開番号 特開2011-140951 (P2011-140951A)  
 (43) 公開日 平成23年7月21日 (2011.7.21)  
 審査請求日 平成25年12月24日 (2013.12.24)  
 (31) 優先権主張番号 12/683, 133  
 (32) 優先日 平成22年1月6日 (2010.1.6)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

前置審査

(73) 特許権者 390041542  
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー  
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州 123  
 45、スケネクタディ、リバーロード、1  
 番  
 (74) 代理人 100137545  
 弁理士 荒川 智志  
 (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ペックス(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、  
前記後部アペックス(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ペックス(38)と、  
該後部アペックス(38)に収束する一対の内向き傾斜三角形側部表面(36)と、  
該一対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、单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)上に单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】

30

【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)が発達しつ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

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、パケットの後縁上においてスプリッタリブ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ことができ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ことができ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ことができる別の同種の渦発生体の簡略概略図。 10

#### 【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）の流れを可能にしつつ制御する。「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チャ26を介して翼形部10から流出する。 20

##### 【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つ又は両方上方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「デルタウイング」の形態とすることができます。この実施例では、「完全」デルタウイング渦発生体32は、ほぼ垂直な後部アペックス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で示した冷却流に對面する状態で、後縁空洞24の内部表面30上方に配置される。図2では、渦発生体は、後縁14に平行であります。後縁空洞24に近接した対向つまり対面内部表面28、30の両方上方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。 30

##### 【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」デルタウイ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」デルタウイング渦発生体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」デルタウイング渦発生体50、52が配置される（便宜上、渦発生体32上方に中心線を示して、「完全」デルタウイング渦発生体を分割して左及び右「半」デルタウイ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上方に對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、それぞれの後部アペックス62、64に向けて傾斜しつ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の鏡像になつていている。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」デルタウイング渦発生体50、52） 40

52上の鏡像になった流入ランプ表面)を上方に移動しつつ離れ落ちて、「完全」デルタ ウィング渦発生体32から一対の渦を放出しました「半」デルタ ウィング渦発生体46、48、50及び52かる単一の渦を放出することになる。「半」デルタ ウィング渦発生体46、48はCCW(反時計方向)放出渦を生成し、一方、「半」デルタ ウィング渦発生体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、アペックス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。

10

#### 【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つつ傾斜エッジ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ペックス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つ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。

20

#### 【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 ウィング渦発生体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、鈍いアペックスエッジ92が、冷却流に面すると同時に、下向きテープ側部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ペックスエッジ92に接近しつ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 ウィング渦発生体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

30

40

50

させることができる。

**【0019】**

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、デルタウイング、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鋳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

**【0020】**

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使用する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つ又は両方上で单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反対して及び/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。

**【0021】**

現時点でも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】**

**【0022】**

10 翼形部

12 前縁

14 後縁

16 負圧表面

18 正圧表面

20、22 内部冷却空洞

30

24 内部冷却空洞、後縁空洞

26 流出アパーチャ

28、30 内部表面

32 「完全」デルタウイング渦発生体

34 傾斜三角形状流入ランプ表面

36 傾斜側部表面

38 後部アペックス

40 流れ矢印

42、44 渦（ボルテックス）

46、48 「半」デルタウイング渦発生体

40

50、52 「半」デルタウイング渦発生体

54、56 直角三角形流入ランプ表面

58 垂直側部表面

60 傾斜側部表面

62、64 後部アペックス

66 流れ矢印

68 リブウイングレット

70 ベース

72 リーディングエッジ

74 傾斜エッジ

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】

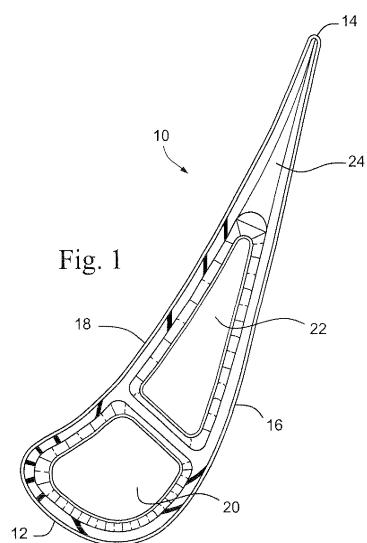


Fig. 1

【図 2】

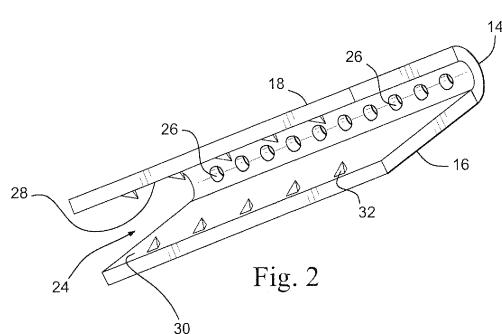


Fig. 2

【図 3】

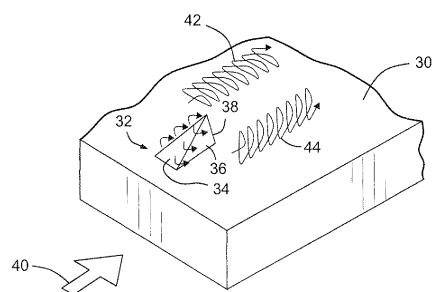


Fig. 3

【図4】

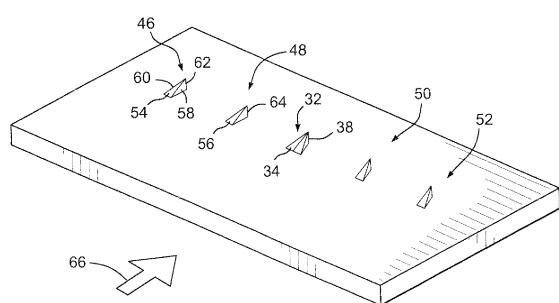


Fig. 4

【図6】

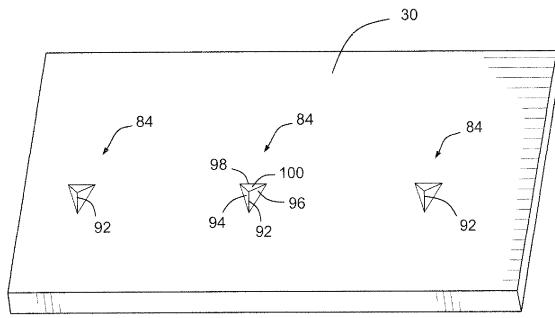


Fig. 6

【図5】

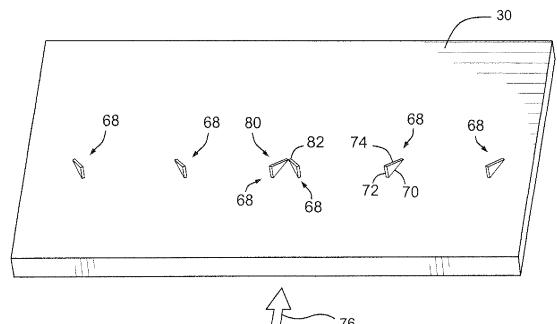


Fig. 5

---

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、ピートー・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