

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第4739509号
(P4739509)

(45) 発行日 平成23年8月3日(2011.8.3)

(24) 登録日 平成23年5月13日(2011.5.13)

(51) Int.Cl.
F 1
FO1D 5/18 (2006.01)

FO1D 5/18

請求項の数 5 外国語出願 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2000-381145 (P2000-381145)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成12年12月15日 (2000.12.15)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(65) 公開番号	特開2001-234702 (P2001-234702A)		GENERAL ELECTRIC CO
(43) 公開日	平成13年8月31日 (2001.8.31)		MPANY
審査請求日	平成19年12月13日 (2007.12.13)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
(31) 優先権主張番号	09/466155	(74) 代理人	100137545
(32) 優先日	平成11年12月18日 (1999.12.18)		弁理士 荒川 聡志
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(72) 発明者	チンーパン・リー
			アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナテ
			イ、キャマーゴ・パインズ、12番
		審査官	稲葉 大紀
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コリオリ・タービュレータ動翼

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

タービン動翼（10）であって、
根元部（22）から先端部（24）へ翼長方向へ延び、前縁および後縁（26、28）の間で翼弦方向へ延びる正圧側壁および負圧側壁（16、18）；
を備え、
前記側壁は、前記前縁および後縁の間で翼幅方向に離間して配置され、冷却媒体（34）を流すために流路（32）を形成するよう、前記根元部と先端部との間で翼長方向に延び且つ翼弦方向に離間する複数の隔壁（30）により相互に連結され；
前記動翼の前記流路は、前記正圧側壁（16）が、前記流路における対向する負圧側壁（18）よりも前記前縁（26）に軸方向において近い部分を多く有し、前記流路が前記前縁（26）から前記後縁（28）に向かって翼幅方向にオフセットするよう捩れを有するオフセット流路（32a、b、h、k）を含み、前記オフセット流路の少なくとも1つは、翼長方向に離間し、冷却媒体をタービュレータに沿って前記オフセット流路内のコリオリの流れと同一方向に指向させるために、全て前記後縁（28）に向かって前記根元部（22）の方向へ傾いており且つ前記隔壁（30）間で連続している傾斜タービュレータ（38）の列を有し；
前記タービュレータ（38）は、前記隔壁（30）間で直線状に延び、
前記タービュレータ（38）は、前記正圧側壁および負圧側壁（16、18）の両方に沿って前記オフセット流路（32a、b、k）の内側に配置され、

10

20

前記流路（３２）は、前記オフセット流路の前方に配置され、前記前縁（２６）に整列された別の流路（３２ｃ、ｄ、ｅ、ｇ）を更に備え、
前記整列された流路（３２ｃ、ｄ、ｅ、ｇ）は、前記正圧側壁および負圧側壁（１６、１８）に沿って前記整列された流路内に配置された、前記タービュレータの対からなるシェブロン（４４）の列を備え、
前記タービュレータの対からなるシェブロン（４４）の列は、前記先端部（２４）に向かって半径方向外側へ先細となる正圧側シェブロンの列と、前記根元部（２２）に向かって半径方向内側へ先細となる負圧側シェブロンの列とを含む
ことを特徴とするタービン動翼（１０）。

【請求項２】

前記オフセット流路（３２ａ）は、前記冷却媒体を前記先端部（２４）に向けて上側へ流すために、前記根元部（２２）近傍に下部入口（４０）を含むことを特徴とする請求項１に記載の動翼。

【請求項３】

前記オフセット流路（３２ｂ）は、前記冷却媒体を前記根元部（２２）に向けて内側へ流すために、前記先端部（２４）近傍に上部入口（４２）を含むことを特徴とする請求項１に記載の動翼。

【請求項４】

前記先端部から見て、前記タービン動翼（１０）の回転軸（１４）と前記負圧側壁（１８）がなす角として定められる前記動翼の捩れ角（Ａ）が、４５度より大きいことを特徴とする請求項１に記載の動翼。

【請求項５】

前記オフセット流路における前記動翼の捩れ角（Ａ）は、約７０度であることを特徴とする請求項４に記載の動翼。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、概してガスタービンエンジンに関し、さらに詳細には、かかるエンジンに使用されるタービン動翼に関する。

【０００２】

【従来の技術】

ガスタービンエンジンにおいて、空気は圧縮機で加圧された後に燃焼器で燃料と混合され点火されて高温燃焼ガスを発生する。ガスはタービンに導かれてエネルギーが抽出され、圧縮機に動力を供給し飛行中の航空機を推進するためファンに動力を供給する等の有用な仕事を生成する。

【０００３】

高圧タービンは最初に燃焼器から燃焼ガスを受取り、また支持用ディスクから半径方向外側へ延びるタービン動翼列に続く固定タービンノズルを含んでいる。このノズルはエーロfoil・静翼を含み、これは協働するエーロfoil動翼に燃焼ガスを向ける。

【０００４】

静翼と動翼とは中空でありその中に様々な冷却回路を含んでおり、そこでは空気が圧縮機から分流されて冷却媒体として使用されて静翼および動翼を熱的に保護する。静翼と動翼との冷却方法は、根元部から先端部、および前縁と後縁との間のエーロfoil周りの様々な冷却要求に起因して極めて複雑である。

【０００５】

典型的にエーロfoilは、該エーロfoilの前縁、中央翼弦および後縁領域を別々に冷却するようエーロfoilの翼幅に沿って半径方向に延びる軸方向に間隔をおいて配置された幾つかの冷却回路を含んでいる。

【０００６】

冷却回路を通して導かれる冷却媒体は、熱伝達対流によってエーロfoil内の熱を除去

10

20

30

40

50

し、典型的に冷却媒体は、エーロフォイルの正圧側壁および負圧側壁を通り、エーロフォイル外側面を流れる高温燃焼ガスに対して該外側面を断熱する膜冷却孔を通して吐出される。

【 0 0 0 7 】

内部熱伝達は、冷却媒体流を乱して局所的に熱伝達を高めるタービュレータを形成する、ピンまたは直線的なリブをエーロフォイルの側壁に沿って設けることで高めることができる。タービュレータとしては、冷媒流れ方向に直交する種々の形状と方向性があり、さらに異なる回路の個々の冷却媒体通路に対する要求に応じて傾いている。

【 0 0 0 8 】

タービン動動翼は運転中に回転するので、この冷却は冷却媒体に加わる回転力に起因して更に複雑になる。例えば、コリオリの力は動翼を通して流れる冷却媒体に作用してその冷却能力に影響を与える。典型的な半径方向に延びる冷却通路において、そこを通る主冷却媒体の主要方向は、典型的な多流波状冷却回路に見られるように、動翼の根元部から先端部へ半径方向外側へ向くか、または動翼の先端部から根元部へ半径方向内側へ向くかのいずれかである。

10

【 0 0 0 9 】

典型的な直線状のタービュレータは、エーロフォイルの翼弦に沿って指向し、冷却媒体流の半径方向に対して略直交していてもよく、またはそれに対して傾いていてもよく、それ相応に異なる性能を果たす。しかし、どちらの場合もタービュレータは有効でありエーロフォイル内面に沿って冷却媒体を局所的に移動させて熱伝達を高める。

20

【 0 0 1 0 】

しかし、コリオリの力はタービュレータの冷却性能に影響を与える。コリオリの力は、各々の半径方向流路を通る外側方向または内側方向に向く冷媒流れの半径方向速度と、ロータディスクの軸方向の中心線軸周りの翼回転速度とのベクトル積に基づいて、冷却媒体に該冷媒の半径方向流れに直交する方向へ作用する。従って、冷却媒体に作用するコリオリの力は、内側方向の流路と外側方向の流路とではそれぞれ反対方向に作用する。

【 0 0 1 1 】

しかし、両方の例において、コリオリの力是一对のコリオリ渦を発生させるのに有効であり、渦は各々の半径方向流路において、半径方向に指向する冷却媒体の一次流れ場に対する二次流れ場として、逆回転している。従って、各々の通路は、対応する軸方向前方のコリオリ渦と軸方向後方のコリオリ渦とを成長させ、流路の内側通路と外側通路中とで異なる回転方向に互いに逆回転する。

30

【 0 0 1 2 】

Lee による米国特許第 5,797,726 号において、コリオリ渦と協働してタービン動動翼内部の熱伝達冷却を高めるための、シェブロン (chevron) とも呼ばれるタービュレータ対が開示されている。シェブロンは、動動翼の正圧側壁および負圧側壁に沿って異なって指向され、各々の冷却通路における対のコリオリの渦と協働し、それと反対方向ではなく隣接するコリオリ渦と同じ方向に冷却媒体をシェブロンに沿って局所的に指向する。このようにして、シェブロン自身における局所的な三次流れの影響は二次のコリオリの渦から減じられるのではなく付加され、流れのよどみを防いで動翼内部の熱伝達冷却を高める。

40

【 0 0 1 3 】

【 発明が解決しようとする課題 】

タービン・エーロフォイルの複雑さとコリオリの力の方向的な影響からみて、タービン動動翼タービュレータ設計の一層の改善が望まれる。

【 0 0 1 4 】

【 課題を解決するための手段 】

タービン動動翼にタービュレータを配置する方法は、動翼前縁から円周方向にオフセットした半径方向流路に傾斜タービュレータを配置することを含む。全ての傾斜タービュレータは、動翼の後縁に向かって半径方向内側に傾斜し、冷却媒体をタービュレータに沿って

50

オフセットした通路内部のコリオリ流れと同じ方向に指向する。特定の実施形態において、タービュレータ・シェブロンはまた、動翼前縁に対して軸方向に整列された半径方向流路内に配置され、その中でコリオリ流れに合致する。

【 0 0 1 5 】

【発明の実施の形態】

本発明の好適かつ例示的な実施形態と他の目的および利点は、添付の図面との関連でなされる以下の詳細な説明で、更に具体的に説明されている。

【 0 0 1 6 】

図 1 の軸方向の側面図には複数の例示的タービン動動翼 1 0 の 1 つが示されており、支持用回転ディスク 1 2 から半径方向外側に延びている。ディスクは部分的に示されており、軸方向の中心線つまり回転軸 1 4 を含み、運転中ディスクと動翼とが軸周りに回転する。

10

【 0 0 1 7 】

動翼の外側部分は、一体のダブテール 1 0 b から半径方向外側に延びるエーロfoilを形成し、ダブテールは動翼をディスク周囲の相補的な軸方向ダブテール・スロット内で半径方向に保持するよう従来の方法で形成されている。

【 0 0 1 8 】

図 1 および図 2 に示すように、動翼エーロfoilは、全体的に凹形の正圧側壁 1 6 と、円周方向または横方向に対向する全体的に凸形の負圧側壁 1 8 とを含む。図 1 に示すように、2つの側壁は、対応する一体ブラットフォームにおいてエーロfoilの内側境界を画定する根元部 2 2 から半径方向外側の先端部 2 4 まで、放射軸 2 0 に沿って長手方向に延びる。側壁は、エーロfoil全長に沿って半径方向に延び、対応する前縁と後縁 2 6 、2 8 との間で軸方向に翼弦方向に延びる。

20

【 0 0 1 9 】

また、側壁は、前縁と後縁との間で円周方向または横方向に隔てて配置され、翼弦方向に離間して配置される複数の一体的な壁つまり隔壁 3 0 によって相互に連結されており、隔壁は、根元部と先端部との間で翼幅方向へ長手方向に延び、一般的にそこを流れる冷却媒体 3 4 に関する接頭記号 3 2 により識別される、対応する半径方向流路を形成する。冷却媒体は、運転中に動翼を冷却するよう従来の方法で圧縮機（図示せず）から分流される加圧空気の一部である。

【 0 0 2 0 】

流路 3 2 は、内部対流によって動翼を冷却するために冷却媒体を流すように、あらゆる従来の方法を用いて 1 つまたはそれ以上の冷却回路に形成できる。図 1 および図 2 に示す例示的な実施形態において、流路 3 2 は、翼弦中央領域の 5 つの通路の波状冷却回路であり、半径方向流路 3 2 a - 3 2 e の順次連続する形態で従来同様に配置されている。第 1 通路 3 2 a において、冷却媒体は動翼の根元部から先端部へ半径方向外側へ流れ、第 2 通路 3 2 b において、冷却媒体は翼先端部の下方で反転して先端部から根元部へ半径方向内側に流れる。この順序は第 3 通路 3 2 c、第 4 通路 3 2 d および第 5 通路 3 2 e において、冷却媒体の方向で外側および内側方向へ交互に繰り返される。

30

【 0 0 2 1 】

前縁冷却回路は、隣接の供給通路 3 2 g による衝突冷却で供給される前縁流路 3 2 f を含む。また、後縁冷却回路は、隣接する供給チャネル 3 2 k による衝突冷却で供給される後縁チャネル 3 2 h を含む。

40

【 0 0 2 2 】

種々の冷却回路は如何なる従来構造でもよく、動翼は典型的に対応する流路から正圧側壁と負圧側壁とを流れて延びる数列の膜冷却孔 3 6 を含み、冷却媒体はここを流れて動翼の外部表面に沿って吐出され膜冷却をもたらす。

【 0 0 2 3 】

図 2 に示すように、この例示的な実施形態において、動翼は相当量の捩れを有し、後縁 2 8 は、前縁 2 6 から円周方向または横方向にオフセットしており、動翼の円周方向の回転の際に前縁に先行する。図 2 に示すように上から見た場合、動翼の捩れは負圧側壁 1 8 と

50

回転軸 1 4 との間の捩れ角 A で表すことができる。動翼の捩れは、従来の方法で空気力学的な理由で設けられ、ある設計において制限してもよく、図 2 の実施形態のような他の設計においては極めて重要である。

【 0 0 2 4 】

動翼捩れの 1 つの影響は、前縁から後縁に向かって 1 つまたはそれ以上の流路が円周方向または横方向にオフセットされることである。図 2 に示す例示的な実施形態において、流路 3 2 b は僅かな部分が前縁 2 6 からオフセットし；流路 3 2 a は大部分が前縁からオフセットし；後縁チャネル 3 2 k と 3 2 h とは前縁から完全にオフセットし、この順にオフセット量が大きくなっている。

【 0 0 2 5 】

対応して、残りの 5 つの通路 3 2 c、3 2 d、3 2 e、3 2 g、3 2 f は、相互に且つ前縁とほぼ軸方向へ整列している。

【 0 0 2 6 】

それぞれの流路 3 2 は、正圧側壁および負圧側壁 1 6、1 8 によって円周方向に境界が定められ、その間を延びる隔壁 3 0 によって軸方向または翼弦方向に境界が定められているが、動翼の捩れを被る流路は、回転軸 1 4 に対して斜めの方向性をもっている。オフセットした 4 つの通路 3 2 a、b、h、k の斜めの方向性は、軸方向に整列された 5 つの通路 3 2 c、d、e、g、f とは対照的に内部対流冷却に著しく影響を及ぼす。

【 0 0 2 7 】

図 1 に示すように、冷却媒体 3 4 はまず最初に、各々の流路を通して半径方向外側または半径方向内側のいずれかに流される。運転中に動翼 1 0 は回転軸 1 4 の周りを回転し、流路はそこを通る冷却媒体の一次流れの境界を定め、閉じこめるので、半径方向の流れは、冷却媒体流の半径方向速度と動翼の回転速度とのベクトル積の方向のコリオリの力を受ける。コリオリの力の方向は、冷却媒体の速度ベクトルに対して直交する。外側に向かう流路における冷却媒体速度ベクトルは、内側に向かう流路における速度ベクトルとは逆なので、対応するコリオリの力の方向も逆である。

【 0 0 2 8 】

コリオリの力の影響は、上流へ流れる流路と下流に流れる流路とでは異なる各々の流路の二次の流れ場を持ち込むことである。図 2 に示す実質的に閉じられた流路内のコリオリの二次流れは、一対の逆回転の渦 3 4 a として観察される。各々の流路の対のコリオリ渦は、典型的に軸方向前方と軸方向後方の渦として互いに軸方向に整列している。

【 0 0 2 9 】

二次流れの渦は逆回転し、その回転の方向は上流への流路と下流への流路で異なる。例えば、図 2 に示す下流への流路 3 2 b において、後方の渦は時計方向に回転し、前方の渦は反時計方向に回転する。上流への流路 3 2 c において、後方の渦は反時計方向に回転し、前方の渦は時計方向に回転する。

【 0 0 3 0 】

本発明によれば、タービュレータの性能と内部冷却とを高めてそこでの性能低下を回避するよう従来のタービュレータを別の方法で選択的に導入して、捩れた構造の動翼を補うようコリオリ渦の性質を利用できる

より詳細には、図 1 および図 2 に示すタービン動動翼中にタービュレータが配置される改良された方法は、1 つまたはそれ以上の対応する列の傾斜タービュレータ 3 8 を、円周方向にオフセットした通路 3 2 a、b、h、k の少なくとも 1 つに配置することを含み、通路内の全ての傾斜タービュレータは、根元部 2 2 および後縁 2 8 に向けて半径方向内側に傾き、つまり傾斜しており、各々のオフセットした通路内の渦 3 4 a からのコリオリの流れと同方向にタービュレータに沿って冷却媒体を導く。

【 0 0 3 1 】

1 つの例示的なオフセットした通路 3 2 a は、図 3 により詳細に示されている。例示的な流路における動翼の捩れ A は、前縁近傍で軸方向に整列された通路に対して流路を時計方向に捩りまたは斜めに方向づけする。図 3 には対のコリオリ渦 3 4 a が示されており、そ

10

20

30

40

50

これらの相対位置は軸方向に前後している。上流への流路 3 2 a で反時計方向に回転する後方コリオリ渦は、図示のように右から左への流れ方向において負圧側壁 1 8 上の傾斜タービュレータと局所的に交わることに留意されたい。同様に前方コリオリ渦は、上流への流路 3 2 a で時計方向に回転して、右から左への流れ方向において正圧側壁 1 6 上の傾斜タービュレータ 3 8 と局所的に交わる。

【 0 0 3 2 】

従って、傾斜タービュレータ 3 8 は、対応するコリオリ渦を補うよう特別に構成され傾斜されており、傾斜タービュレータはコリオリ渦の性能に直接影響を与え、一次冷却媒体流が外向きか内向きのいずれかであるオフセットした通路内の二次コリオリ流れと同じ方向であり、対応するタービュレータに沿う三次の局所的冷却媒体流 3 4 b を助長して導くようになっている。

10

【 0 0 3 3 】

傾斜タービュレータ 3 8 の例示的な実施形態は、負圧側壁 1 8 に関する図 4 と、協働する正圧側壁 1 6 に関する図 5 の側面図に示されている。各々のタービュレータ 3 8 は直線状であり、軸方向に対応する前方隔壁と後方隔壁 3 0 との間を延びることが好ましく、隔壁は軸方向に流路 3 2 a の境界を定める。各々のタービュレータは、鋭角な傾斜角 B で傾斜もしくは傾いており、動翼後縁に向かうタービュレータの軸方向後方端部は、前縁に向かうタービュレータの軸方向前方端部に対して半径方向内側に位置している。各々のタービュレータ 3 8 は 2 つの隔壁 3 0 の間で連続していることが好ましい。別の実施形態（図示せず）において、所望のタービュレータ構造と傾斜に全体的に影響を与えるよう配列しつつ、個々のタービュレータを軸方向にセグメント化してもよい。

20

【 0 0 3 4 】

図 4 は、負圧側壁 1 8 内の上流への冷却媒体 3 4 を示し、冷却媒体は反時計方向に回転する後方コリオリ渦をもたらし、渦は本質的に傾いたタービュレータ 3 8 と協働して冷却媒体を乱し、局所的にタービュレータの流れ 3 4 b を負圧側に沿って後方コリオリ渦と略同一方向に指向する。

【 0 0 3 5 】

同様に図 5 は正圧側壁 1 6 内の上流への冷却媒体 3 4 を示し、対応するコリオリ渦は時計方向に回転する。傾斜タービュレータ 3 8 は、選択的に傾いており、タービュレータの流れ 3 4 b を正圧側壁に沿って前方コリオリ渦と同方向に局所的に乱して指向する。

30

【 0 0 3 6 】

図 4 および図 5 に示すように、上流への流路 3 2 a 内の対向する正圧側壁および負圧側壁上の傾斜タービュレータ 3 8 の 2 つの列は、約 3 0 度から約 6 0 度であってもよい同じ傾斜角 B をもつことが好ましい。対向するタービュレータは、所望であれば互いに半径方向に整列していてもよく、半径方向にオフセットしていてもよい。

【 0 0 3 7 】

また、傾斜タービュレータ 3 8 は、境界を定める隔壁 3 0 の間の流路内の対応する側壁の軸方向の範囲全体に亘って同一の傾斜をもつことが重要である。流路 3 2 a での動翼の相当大きな捩れ角 A に起因して、後方コリオリ渦は主として負圧側壁 1 8 にのみ隣接し、前方コリオリ渦は主として正圧側壁 1 6 にのみ隣接する。

40

【 0 0 3 8 】

図 2 に示すように、捩れ角 A は流路から流路へ動翼後縁 2 8 に向かって大きくなるので、後方コリオリ渦は負圧側壁でその影響が大きくなり、正圧側壁でその影響が小さくなり、同様に前方コリオリ渦は正圧側壁でその影響が大きくなり、負圧側壁でその影響が小さくなる。

【 0 0 3 9 】

オフセットした流路内部の傾斜タービュレータ 3 8 と、その中で発達したコリオリ渦との好ましい配列の重要性は、図 4 を参照して更に明らかにできる。図示の傾斜タービュレータ 3 8 が、1 2 0 - 1 5 0 度の傾斜角 B で反対に傾斜する場合、局所的なコリオリ渦の方向は、図示のように左側に向かわず図 4 の右側に向かう冷却媒体のタービュレータに沿っ

50

た局所的な乱れと反対方向になる。その後、傾斜タービュレータによってもたらされる局所的な流れは、局所的なコリオリ渦の流れと反対になり、局所的な冷却媒体の速度が遅くなり、それに応じて局所的に熱伝達率が小さくなる。

【 0 0 4 0 】

しかし、図 4 に示す好適な実施形態において、傾斜タービュレータは冷却媒体を局所的にコリオリ渦と同じ方向に指向し、その速度は付加的で熱伝達率が局所的に大きくなる。

【 0 0 4 1 】

図 1 に示される例示的な上流への流路 3 2 a は、翼根元部 2 2 近傍の下側入口 4 0 を含み、従来の方法でダブテール 1 0 b を通して冷却媒体 3 4 を受取る。その後冷却媒体は、流路 3 2 a を通って翼先端部 2 4 に向かって外側へ導かれる。傾斜タービュレータ 3 8 は、後縁に向かって半径方向内側に傾斜しており、前述のようにコリオリ渦と選択的に協働する。

10

【 0 0 4 2 】

また、図 1 に示される第 2 流蛇行流路 3 2 b は、図 2 に示すように大きな捩れを受けるので、そこにも傾いた傾斜タービュレータ 3 8 を備えることが好ましい。しかし、本実施形態において、流路 3 2 b は、第 1 通路流路 3 2 a からの冷却媒体 3 4 を半径方向内側方向に再指向する、逆曲げ形状の上側入口 4 2 を含む。上側入口 4 2 は、翼先端部 2 4 近傍に配置されており、冷却媒体を翼根元部 2 2 に向けて半径方向内側に流す。図 4 および図 5 に示すように、2 つの通路 3 2 a および 3 2 b の同様に傾いた傾斜タービュレータ 3 8 は、この通路中に発生する対応するコリオリ渦と協働して、同様の方法で運転中の熱伝達冷却を高める。

20

【 0 0 4 3 】

大きな捩れを有する最初の 2 つの蛇行流路 3 2 a、b を形成する対応する隔壁 3 0 には孔がないことが好ましく、これにより強力なコリオリ渦が発生し、協働する傾斜タービュレータによって補われる。また、後縁供給通路 3 2 k は大きな捩れを受け、同様に傾斜タービュレータ 3 8 を含むことができる。

【 0 0 4 4 】

供給通路 3 2 k の後方隔壁は、小さな衝突ホールの列を含み冷却媒体を後縁流路 3 2 h にある正圧側壁内部に吐出する。隔壁孔は比較的小さく相当な圧力降下をもたらすので、供給通路 3 2 k 内にコリオリ渦をそれでも発生させることができ、その中の熱伝達冷却を高めるために傾斜タービュレータを導入することができる。

30

【 0 0 4 5 】

図 2 に示すように、後縁流路 3 2 h は、動翼の最も狭い部分に配置されるでの最も大きな動翼の捩れを受ける。制限された空間に照らして、傾斜タービュレータ 3 8 の列は、その正圧側壁内部にのみ組み込まれてもよく、その中に形成される各々のコリオリ渦と協働して冷却性を高める。通路の負圧側は、タービュレータがない平滑のままであってもよい。従って、傾斜タービュレータ 3 8 は、正圧側壁 1 6 等の後縁流路 3 2 h の動翼側壁の少なくとも 1 つに好都合に組み込むことができる。

【 0 0 4 6 】

また、オフセットした流路のいずれか 1 つで空間的に都合がつく場所では、タービュレータ 3 8 は、正圧側壁および負圧側壁沿って同一のまたは類似の後縁に向かう半径方向内側の傾斜を有する対向する列の形態で配置されるのが好ましい。

40

【 0 0 4 7 】

前述のように、傾斜タービュレータ 3 8 を、動翼の捩れに起因して動翼前縁から横方向または円周方向のオフセットを受ける流路にのみ導入するのが好ましい。例えば、動翼捩れ角 A が約 4 5 度を超え、対応するオフセットした流路の正圧側壁 1 6 と該壁上のタービュレータの大部分を同一通路の対向する負圧側壁 1 8 よりも動翼前縁 2 6 に近づけて配置する場合に傾斜タービュレータ 3 8 は好適である。このことは、図 2 において 4 つのオフセットした流路 3 2 a、b、h、k に関して示されており、ここでは正圧側壁は、この通路の対応する負圧側壁の位置から様々な大きさだけ軸方向の前方に位置している。

50

【 0 0 4 8 】

図 2 において 3 つの流路 3 2 a、b、k に示すように、そこにおける対向する正圧側壁および負圧側壁内側の対応する傾斜タービュレータ 3 8 は、軸方向に中央で互いにオーバーラップし、負圧側壁上のタービュレータは中央のオーバーラップから後縁 2 8 に向かって後方へ延び、正圧側壁上のタービュレータは中央のオーバーラップから前縁 2 6 に向かって前方に延びる。図示の例示的な実施形態において、各々のオフセットした流路の対向するタービュレータの軸方向のオーバーラップ量は、動翼の捩れ角が最大捩れ角約 7 0 度まで大きくなるにつれて減少する。

【 0 0 4 9 】

図 2 は、それ相応に大きな動翼の捩れに起因して大きくなった最も後方の流路の歪みまたは曲がり を 明確に示している。それでもやはり対応する流路の半径方向の断面は略四辺形であり、対応する対のコリオリ渦は運転中にそこに形成され、その中で軸方向で前後方向に位置する。動翼の捩れと、このことがコリオリ渦と協働することの重要性は、目に見え

10

るほどの横方向オフセットまたは捩れをもたない軸方向に整列された最も前方の流路を調べると更に明らかになる。

【 0 0 5 0 】

図 2 に示すオフセットした流路については傾斜タービュレータ 3 8 のみが望ましいが、顕著な動翼の捩れなく動翼前縁 2 6 と軸方向へ整列される 1 つまたはそれ以上の流路 3 2 c、d、e、g 中には、タービュレータ・シェブロン 4 4 のみの対応する列を配置することが更に望ましい。軸方向へ整列される流路は、前縁と整列してオフセットした流路の前方

20

に配置され、これは各々の正圧側壁および負圧側壁を、配列された各々の通路内のコリオリ渦にさす。

【 0 0 5 1 】

図 4 および図 5 には、第 3 の蛇行通路、上流への流路 3 2 c に関する、例示的なタービュレータ・シェブロン 4 4 の列がより詳細に示されている。各々のタービュレータ・シェブロン 4 4 は、対向する障壁から、冷却媒体が流れることができる各リブの共通の尾筒部の形態の頂点へ収束しまたは向かう一対のリブを含んでいる。このタービュレータ・シェブロンは、従来と同様のものであり、Lee による米国特許第 5,797,726 号に詳細に説明されており、その全ては本明細書に参照文献として組み込まれている。

【 0 0 5 2 】

シェブロン 4 4 は、正圧側壁および負圧側壁 1 6, 1 8 に沿って、通路 3 2 c 等の軸方向に整列された 1 つまたはそれ以上の流路内に配置され、冷却媒体をシェブロンに沿って流路内のコリオリ渦と同じ方向に局所的に指向する。

30

【 0 0 5 3 】

図 2 に示すように、タービュレータ・シェブロン 4 4 は、流路 3 2 c 内で両側壁に配置され、負圧側壁 1 8 上のシェブロンは、図 4 に示すように先端部に向かって半径方向外側方向に先細になり；正圧側壁 1 6 上のシェブロンは、図 5 に示すように根元部に向かって半径方向内側方向に先細になる。

【 0 0 5 4 】

最初に図 2 に示したように、両側壁のタービュレータ・シェブロンは、流路 3 2 c 中の発達した前方および後方のコリオリ渦の一方と相応に協働する。反時計方向の後方渦は、同じ方向の流れ成分を得るために負圧側シェブロンの右半分と協働し、同様に、正圧側シェブロンの右半分と協働する。同様に、時計方向前部コリオリ渦は、同じ方向の冷却媒体の流れ成分を得るために正圧側壁および負圧側壁上の左半分のシェブロンと協働する。

40

【 0 0 5 5 】

軸方向に整列される前方流路 3 2 c、d、e、g の方向が、横方向にオフセットした後部流路 3 2 a、b、h、k に対して異なることに照らして、そこではタービュレータ・シェブロンまたは傾斜タービュレータのいずれかが使用されるが、その逆はない。軸方向に整列した前方流路の前方および後方コリオリ渦は、動翼の正圧側壁および負圧側壁に同様に影響を及ぼすので、タービュレータ・シェブロン 4 4 は単独で、タービュレータとコリオ

50

り渦との間で不都合な流れのよどみを生じることなく熱伝達を最大にするのに好適である。

【 0 0 5 6 】

従って、オフセットした流路の傾斜タービュレータは、その共通の傾斜が後方コリオリ渦で流れを助長するが、前方コリオリ渦で流れを弱めるので、軸方向に整列された前方通路においては特に使用しない。2つのコリオリ渦は、前方通路では正圧側壁および負圧側壁の各々の異なる局所的方向に作用するので、単一に傾斜した傾斜タービュレータは、前方通路のコリオリ渦を補わず、熱伝達冷却能力を最大にできない。

これに対応して、前方流路のタービュレータ・シェブロン 4 4 は、同じ理由から、後方、横方向にオフセットした流路で使用しないことが好ましい。後方コリオリ渦は、負圧側壁に最大の影響を与えるが正圧側壁には殆ど影響を与えず、前方コリオリ渦は、正圧側壁に最大の影響を与えるが負圧側壁には殆ど影響を与えないので、後方通路においては単一に傾斜した傾斜タービュレータ 3 8 のみが好ましい。オフセットした後方通路にタービュレータ・シェブロンを使用してもコリオリ渦の熱伝達性能を最大にできない。

10

【 0 0 5 7 】

例えば、後方コリオリ渦が負圧側シェブロンの右半分を補っても、シェブロンの左半分の部分の性能が低下する。同様に、前方コリオリ渦が正圧側シェブロンの左半分を補っても、その右半分の部分の性能が低下することになる。

【 0 0 5 8 】

【発明の効果】

20

従って、円周方向にオフセットした流路の傾斜タービュレータと、軸方向に整列された流路のタービュレータ・シェブロンとを選択的に使用することによって、そこで発生する対応するコリオリ渦の最大性能の利点を得ることができる。つまり、傾斜タービュレータとシェブロンは、コリオリの力が引き起こす二次的な流れ循環を有する、上流への流路と下流への流路を通る冷却媒体の主流れ方向に合致する構成に特に調整される。

【 0 0 5 9 】

運転中に発生するコリオリ渦は、各々のタービュレータと協働して局所的な冷却媒体を通路の内壁に沿って連続的に循環させ、そこでの熱伝達を高める。各々のタービュレータに沿ってコリオリ渦を確実に局所的な流れと同じ方向に流すことによって、流れのよどみが低減し除去されて熱伝達冷却能力が最大になり、個々の流路の捩れや湾曲と無関係にコリオリ渦を局所的に補うことができる。

30

【 0 0 6 0 】

本発明の好適かつ例示的な実施形態であると考えられるものを説明したが、当業者には、以上の説明から本発明の他の変更を容易に考えることができる。従って、本発明の真の精神と範囲内にあるこのような全ての変更は特許請求の範囲において保護されることを求めるものである。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の例示的な実施形態による、支持用ロータディスク中に取り付けられたタービン動動翼の軸方向の部分断面側面図である。

【図 2】図 1 に示す動翼の線 2 - 2 に沿う半径方向の断面図である。

40

【図 3】図 2 の標示 3 の一点鎖線円内に示す円周方向にオフセットした半径方向流路の拡大図である。

【図 4】図 2 に示す動翼の線 4 - 4 に沿う負圧側壁内部の拡大断面側面図である。

【図 5】図 2 に示す動翼の正圧側壁内部の線 5 - 5 に沿う拡大断面図である。

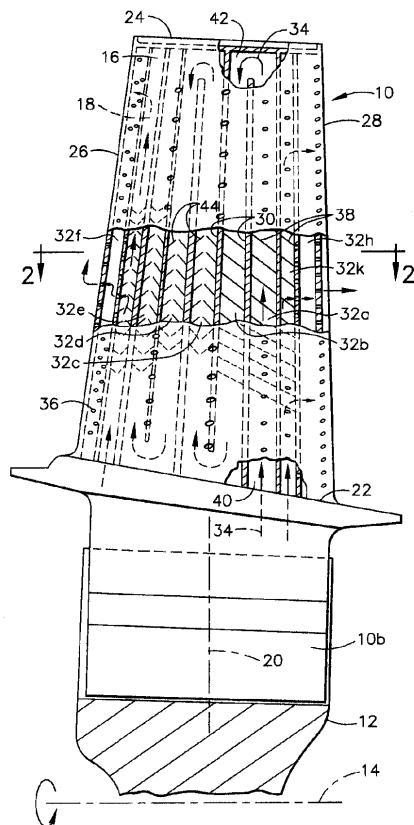
【符号の説明】

- 1 0 動翼
- 1 2 ディスク
- 1 4 軸線
- 1 6 正圧側壁
- 1 8 負圧側壁

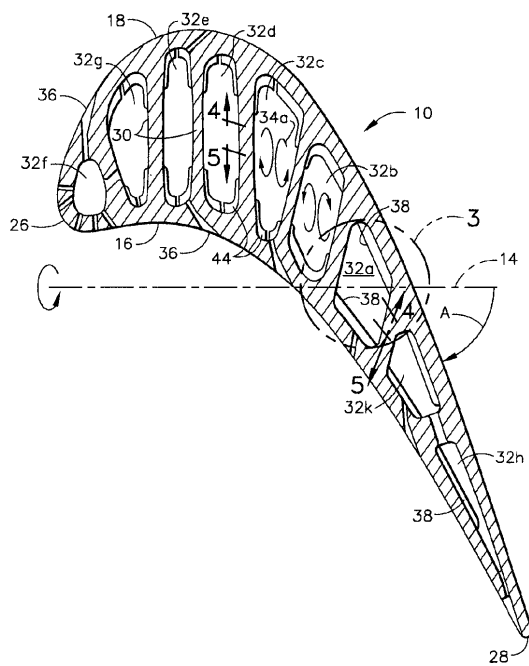
50

- 2 0 半径方向軸
- 2 2 根元部
- 2 4 先端部
- 2 6 前縁
- 2 8 後縁
- 3 0 隔壁
- 3 2 流路
- 3 4 冷却媒体
- 3 6 孔
- 3 8 傾斜タービュレータ
- 4 0 入口
- 4 2 入口
- 4 4 シェブロン

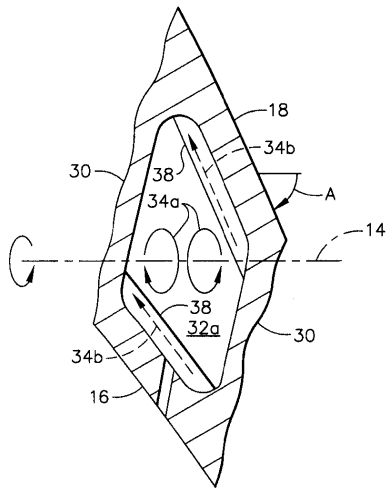
【図 1】



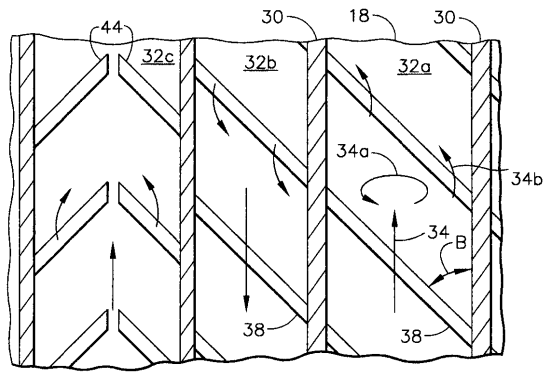
【図 2】



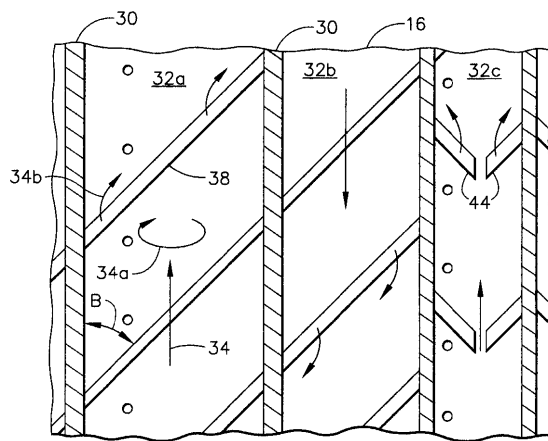
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平10-266803(JP,A)
特開平10-280905(JP,A)
特開平11-241602(JP,A)
特開平05-340201(JP,A)
特開昭48-065313(JP,A)
米国特許第05700132(US,A)
特開平10-274002(JP,A)
特開平10-306701(JP,A)
特開平10-325301(JP,A)
特開昭60-101202(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F01D 5/18