

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4666729号
(P4666729)

(45) 発行日 平成23年4月6日(2011.4.6)

(24) 登録日 平成23年1月21日(2011.1.21)

(51) Int.Cl. F I
FO I D 5/18 (2006.01) FO I D 5/18

請求項の数 12 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2000-221873 (P2000-221873)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成12年7月24日 (2000. 7. 24)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(65) 公開番号	特開2001-55901 (P2001-55901A)		GENERAL ELECTRIC CO
(43) 公開日	平成13年2月27日 (2001. 2. 27)		MPANY
審査請求日	平成19年7月19日 (2007. 7. 19)		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	09/360923		クタデイ、リバーロード、1番
(32) 優先日	平成11年7月26日 (1999. 7. 26)	(74) 代理人	100137545
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 荒川 聡志
		(72) 発明者	ブハヌ・マハサムドラム・レディ
			アメリカ合衆国、マサチューセッツ州、ボ
			ックスフォード、チャンドラー・ロード、
			33番
		審査官	粟倉 裕二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 耐塵性にすぐれたエーロフォイル冷却構造

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

タービンロータブレード(10)のタービンエーロフォイル(12)であって、
第1側壁(22)および第2側壁(24)が前縁(26)および後縁(28)で互いに接
合され、根元(32)から先端(34)まで長さ方向に延在し、そして根元および先端間
にピッチライン(36)を有し、
前記両側壁が前記前縁および後縁間で離間されて両者間に冷却材を流すための内部冷却回
路(38)を画定し、
前記後縁(28)に沿って、前記第1側壁(22)を貫通する、長さ方向に間隔をあけて
配置された1列の射出スロット(40)が前記冷却回路と流通関係に配置されて冷却材を
後縁に向けて吐き出し、
幾つかの複数のスロット(40)が前記ピッチライン(36)と先端(34)との間に配
置されて前記ピッチラインに対し異なる正の鋭角の射出角度(E)で傾斜し、また幾つか
の複数のスロット(40)が前記ピッチライン(36)と根元(32)との間に配置され
て前記ピッチラインに対し0°又は正の角度(E)で傾斜する、
タービンエーロフォイル(12)。

【請求項 2】

前記射出スロット(40)の射出角が先端(34)からピッチライン(36)まで減少
する、請求項1に記載のエーロフォイル。

【請求項 3】

10

20

ピッチライン(36)と根元(32)の間の射出スロットの射出角がピッチライン(36)より外側での射出角より小さい、請求項2に記載のエーロfoil。

【請求項4】

前記射出スロット(40)の射出角が先端(34)から根元(32)まで順次減少する、請求項2又は3に記載のエーロfoil。

【請求項5】

前記射出角がスロット毎に順次均一に減少する、請求項4に記載のエーロfoil。

【請求項6】

根元(32)に近い射出スロット(40)の射出角が最小で、先端(34)に近い射出スロット(40)の射出角が最大である、請求項3に記載のエーロfoil。

10

【請求項7】

前記最小射出角が鋭角で、スロット(40)を根元(32)から長さ方向外向きに傾斜させる、請求項6に記載のエーロfoil。

【請求項8】

前記最大射出角が10°で、最小射出角が2°で、射出角が先端(34)から根元(32)まで1°ずつ減少する、請求項7に記載のエーロfoil。

【請求項9】

前記冷却回路(38)が蛇行状で、冷却材を射出スロット(40)に供給する最終パスを後縁(28)近くに有し、追加のパスを最終パスから前方に有する、請求項3に記載のエーロfoil。

20

【請求項10】

さらに、前記後縁(28)に沿って前記第1側壁(22)に配置された発散トラフ(44)の列を備え、前記射出スロットがそれぞれ対応するトラフに流通関係で配置され冷却材をそのトラフに吐き出す、請求項9に記載のエーロfoil。

【請求項11】

前記第1側壁(22)がほぼ凹状の加圧側壁であり、前記第2側壁(24)がほぼ凸状の吸引側壁である、請求項10に記載のエーロfoil。

【請求項12】

前記射出スロット(40)は、面積一定な楕円スロットであることを特徴とする、請求項1乃至11のいずれか1項に記載のエーロfoil。

30

【発明の詳細な説明】

【0001】

【技術分野】

この発明は、一般にガスタービンエンジンに関し、特にタービンブレードの冷却に関する。

【0002】

【発明の背景】

ガスタービンエンジンでは、空気を圧縮機で加圧し、燃焼器で燃料と混合し、点火して、高熱な燃焼ガスを発生する。燃焼ガスは下流に複数のタービン段に流れ、これらのタービン段は燃焼ガスからエネルギーを抽出し、圧縮機にパワーを供給するとともに、有用な仕事、具体的には飛行中の航空機を推進するためにファンにパワーを生成する。

40

【0003】

タービンステータベーンおよびロータブレードは、対応する中空なエーロfoilを含み、これらのエーロfoil内に圧縮機から抽出した空気を冷却材として循環させる。エーロfoilの内部には、半径方向または長さ方向に延在し、冷却材を流す1つ以上の冷却回路が設けられている。エーロfoilの冷却効率を高めるために、熱伝達を増加する種々の特徴手段が組み込まれている。

【0004】

各エーロfoilは、ほぼ凹状の加圧側壁とこれと対向したほぼ凸状の吸引側壁とを軸線方向に対向する前縁および後縁で互いに接合した構成である。燃焼ガスは両側壁に沿って

50

下流に流れるが、熱入力または負荷の量は両側壁で異なる。したがって、作動効率を向上させるため、内部冷却回路をエーロフォイルの異なる冷却要求に合致するように設計している。

【0005】

冷却材をエーロフォイルから吐き出すのに、種々の穴（アパーチャ）、たとえば、加圧側壁および吸引側壁に沿った長さ方向の複数列に配置された膜冷却ホールや、1列の後縁穴またはスロットを通して吐き出す。これらの種々の穴は、寸法が小さく、その近傍のエーロフォイルを局部的に冷却する形状に形成されている。

【0006】

冷却材を穴から吐き出す際の逆流余裕を最小にして燃焼ガスが穴に吸い込まれるのを防止し、また、対応する吹込比（blowing ratio）を各穴で制限して穴から望ましくないジェットが吐き出されるのを防止する。

10

【0007】

穴を通しての冷却材の吐き出しはその穴の冷却能力に影響し、またエンジンの全体効率に影響する。その理由は、冷却材はエーロフォイルの上を流れる燃焼ガスを混ぜり合い、その後エンジンから吐き出されるからである。吐き出し冷却材と燃焼ガスの方向および速度が相違すると、それが原因で、最小にすべき混合損失が望ましくない大きさになる。

【0008】

さらに、圧縮機から抽出した冷却材は、粉塵の微粒子を含み、これら微粒子が冷却材とともにエーロフォイル内を流通し、冷却材とともに穴を通して吐き出される。穴は小さいので、粉塵が穴に堆積すると、穴の寸法をさらに小さくし、穴を通る冷却材流れを中断し、冷却に悪影響を与えるおそれがあり、望ましくない。

20

【0009】

したがって、吐き出し穴への粉塵の堆積を防止した、冷却効率の良好なタービンエーロフォイルの開発が望まれている。

【0010】

【発明の概要】

本発明のタービンエーロフォイルでは、第1側壁および第2側壁が前縁および後縁で互いに接合され、根元から先端まで長さ方向に延在している。両側壁間に、冷却材を流すための内部冷却回路が配置されている。1列の長さ方向に間隔をあけて配置された射出スロットが前記後縁に沿って前記第1側壁に貫通し、前記冷却回路と流通関係に配置されており、冷却材を後縁に向けて吐き出す。幾つかのスロットがピッチラインと先端との間に配置され、ピッチラインから長さ方向外向きに異なる射出角度で傾斜している。また幾つかのスロットがピッチラインと根元との間に配置され、長さ方向内向きに傾斜することなく少なくとも前記ピッチラインと平行に延在する。

30

【0011】

【好適な実施態様】

以下に、本発明を図面に示す好適な実施態様について具体的に説明する。

【0012】

図1に、ガスタービンエンジン用のタービンロータブレードの1例を10で示す。ブレード10は、通常形状の一体化鋳造品として、エーロフォイル12がブラットホーム14とダブテール16に一体的に連結された構成である。ダブテール16は、ロータディスクの周囲に形成された相補形状のダブテール溝にブレードを保持する。

40

【0013】

作動にあたっては、空気18をまず圧縮機（図示せず）で加圧し、燃焼器（図示せず）で燃料と混合し、点火し、高熱な燃焼ガス20を発生し、この燃焼ガスが下流にブレード10の列を含むタービン段に流れる。エーロフォイルは中空で、圧縮空気18の一部を、作動中のブレードを冷却するための冷却材として受け取る。冷却材18はダブテールの下側に流され、ダブテール内を半径方向外向きに流れる。

【0014】

50

図 1 および図 2 に示すように、エーロfoil 1 2 は、ほぼ凹面である第 1 または加圧側壁 2 2 と、これとは横方向または円周方向に反対側のほぼ凸面である第 2 または吸引側壁 2 4 とを含み、これらの側壁は、軸線方向または翼弦方向に互いに反対側の前縁 2 6 および後縁 2 8 で互いに接合されている。

【 0 0 1 5 】

ブレードは長さ方向または半径方向軸線 3 0 を有し、エーロfoilはこの軸線に沿って長さ方向に根元 3 2 から先端 3 4 まで延在する。プラットホーム 1 4 は、作動中にエーロfoilの上に流れる燃焼ガス 2 0 の半径方向内側流路の一部を画定し、エーロfoil先端 3 4 は 1 列のブレードを取り囲む静止タービンシュラウド（図示せず）にごく近接して配置される。

10

【 0 0 1 6 】

図 1 に示すエーロfoilは、長さ方向軸線 3 0 に直交または垂直な、根元から先端までのエーロfoilの翼幅中央の半径方向断面として定義されるピッチライン 3 6 を含む。燃焼ガス 2 0 の流線数本を図 1 の加圧側壁 2 2 上に、燃焼ガスがほぼ下流に後方に向かって流れるにつれて、ピッチラインの外側では半径方向または長さ方向外向きに移行し、ピッチラインの内側では長さ方向内向きに根元に向かって移行するものとして示してある。

【 0 0 1 7 】

図 1 の立面図および図 2 の断面図に示すように、2 つの側壁 2 2 , 2 4 は前縁および後縁間で両側壁間の対応するリブまたは架橋部により互いに横方向に離間され、内部冷却チャンネルまたは回路 3 8 を画定する。内部冷却回路 3 8 は、圧縮機抽出空気 1 8 を作動中にブレードを冷却するための冷却材として流す。

20

【 0 0 1 8 】

本発明によれば、長さ方向に離間した複数の射出ホールまたはスロット 4 0 が、好ましくは後縁に沿って、加圧側壁 2 2 を翼弦方向に貫通する。射出スロット 4 0 の形状は、図 3 に具体的に示す面積一定な楕円スロットなど、適当などのようなものでもよい。射出スロットは内部冷却回路 3 8 と流通関係に配置され、冷却材をスロットから後縁に向けて吐き出す。

【 0 0 1 9 】

図 1 および図 3 に示すように、射出スロット 4 0 はそれぞれ、ピッチライン 3 6 または長さ方向軸線 3 0 への垂線に対して射出角 E だけ配向されている。この射出角 E は、射出スロットからの冷却材吐き出し方向を決める。

30

【 0 0 2 0 】

図 1 に示すように、代表的な燃焼ガス流線はピッチライン 3 6 に対して半径方向外向きにまた半径方向内向きに移行する。したがって、幾つかの射出スロット 4 0 はピッチライン 3 6 とエーロfoil先端 3 4 との間、すなわちエーロfoilの外側部分に配置され、ピッチライン 3 6 から長さ方向外向きにそれぞれ異なる正の射出角で傾斜している。好適な実施例では、外側スロット 4 0 の射出角を鋭角とし、加圧側壁に沿う燃焼ガス流線の移行角度または傾斜とほぼ合致させ、吐き出し冷却材 1 8 がエーロfoilの外側に流れる燃焼ガスに出会う際の混合損失を小さくする。

【 0 0 2 1 】

しかし、ピッチライン 3 6 とエーロfoil根元 3 2 との間、すなわちエーロfoilの内側部分における燃焼ガス流線は半径方向内向きに移行する。内側射出スロット 4 0 をこれらの流線に合致させ混合損失を小さくするように傾斜させることができるが、このことは、冷却回路に流れる冷却空気に同伴される粉塵 4 2 を考慮すると望ましくない。

40

【 0 0 2 2 】

具体的には、図 3 に詳細に示すように、射出スロット 4 0 は冷却材 1 8 を後縁 2 8 に沿って吐き出す比較的小さな穴である。内側射出スロット 4 0 を長さ方向内向きに、したがって負の射出角 E に傾斜させると、同伴された粉塵 4 2 がスロット 4 0 に堆積し、スロットの効果を実減するおそれがあり望ましくない。

【 0 0 2 3 】

50

したがって、図1に示す外側射出スロットには正の射出角を与えるが、ピッチラインと根元の間に配置された内側射出スロットは、長さ方向内向きに傾斜させたり、負の射出角を与えたりせずに、少なくともピッチラインと平行に、すなわち少なくとも0°で延在するのが好ましい。たとえば、内側スロットの射出角を0°以上として、内側スロットの半径方向内向き傾斜を阻止するのが好ましい。このようにすれば、冷却材に同伴された粉塵は冷却回路および射出スロットの主要通路を通り、ブレードのロータ作動中に発生する遠心力で、射出スロットを通して駆動され、射出スロットにはほとんどまたはまったく堆積しない。

【0024】

図1に示すように、射出スロット40の射出角または傾斜の度合いを先端34からピッチライン36へ向け減少させ、移行する燃焼ガス流線の対応して減少する傾斜にだいたい合致させるのが好ましい。相応させて、ピッチラインと根元の間のスロットの射出角を、ピッチラインより外側のスロットの射出角より小さくするのが好ましい。このようにすれば、内側射出スロットの粉塵堆積を低減し、耐塵性冷却能力を維持しながら、内側射出スロットについての混合損失を減らすことができる。

10

【0025】

好適な実施例では、射出スロット40は、その射出角の大きさが先端34からピッチライン36まで、ついで根元32まで順次減少する。射出角の減少は順次スロット毎に均一とするのが好ましく、これにより混合損失を小さくするとともに、耐粉塵堆積性を与え、またエーロfoil後縁に射出スロットを鑄造その他の方法で簡単に製造できるようにする。

20

【0026】

また好適な実施例では、根元32のすぐ近くの根元射出スロット40の射出角を最小とし、先端34に隣接する先端射出スロット40の射出角を最大とする。最小射出角は、鋭角かつ正とするのが好ましく、最内側射出スロット40を根元から長さ方向外向きに傾斜させ、こうして有意な混合損失を生じることなく、耐塵性を確保する。

【0027】

図1に示す具体的な例では、エーロfoil先端にある最外側射出スロットの最大射出角が約10°であり、根元にある最内側射出スロットの最小射出角が約2°である。そして合計で9個の対応する射出スロットがあり、射出角は先端と根元の間でスロット毎に約1°ずつ減少する。

30

【0028】

また図1に示す好適な実施例において、冷却回路38は蛇行状であり、最終のパスまたはレッグが後縁28に隣接して長さ方向外向きに延在し、冷却材18を縦列の射出スロット40に直接並列に供給する。蛇行回路38には、ほかに第1および第2パスまたはレッグが最終または第3レッグより前に設けられている。好ましくは、第1レッグがエーロfoil前縁26のすぐ後ろに延在し、エーロfoil先端に位置する反転バンドで流れを半径方向内向きに転回し、翼弦中央に沿って半径方向内向きに延在する第2レッグに通す。つぎに、プラットホームに位置する反転バンドで冷却材を半径方向外向きに転回し、第3（最終）蛇行レッグに入れる。

40

【0029】

粉塵42は質量をもっているため、蛇行回路のいくつかのバンド間で転回する際に遠心力を受けるだけでなく、作動中にブレードが回転するのでその遠心力も受ける。したがって、冷却材18は、後縁近くの第3蛇行レッグにエーロfoilの根元から進入し、半径方向外向きに流れ、この際冷却材に同伴された粉塵42はすべて遠心作用を受ける。射出スロットを長さ方向外向きに傾斜させることにより、遠心力をうまく利用し、同伴された粉塵を、射出スロット内に滞留させることなく、射出スロットから追い出し、こうして作動中の粉塵の堆積を低減することができる。内側射出スロット40に負の射出角を与えないことで、冷却材、そしてそれに同伴される粉塵が、射出スロットに流入する際に、その主要方向を反転させることを防ぎ、こうして射出スロットへの粉塵の堆積を低減する。

50

【 0 0 3 0 】

図 1 に概略を示し、また図 3 に詳しく示すように、各射出スロット 4 0 は、後縁にすぐ隣接して縦列に配置された各トラフ 4 4 と協同する。トラフの列は加圧側壁 2 2 に後縁 2 8 に沿って配置されている。各トラフ 4 4 は最大深さの前方壁を有し、そこに対応する射出スロット 4 0 の出口端が配置されており、また射出スロットの入口はエーロフォイルを貫通して内部で冷却回路 3 8 につながっている。各トラフ 4 4 の側壁はその深さを減少させ、トラフを下流で後縁 2 8 と合流させている。各トラフの側壁は、個々の射出スロット 4 0 から射出された冷却材を分布させるように、半径方向に拡開している。

【 0 0 3 1 】

トラフ 4 4 は、それぞれの射出スロット 4 0 と協同する通常の形状とすることができる。10
 燃焼ガスからの熱負荷は加圧側壁の方が吸引側壁でより普通大きいので、射出スロットとトラフはエーロフォイルの加圧側壁 2 2 に配置するのが好ましい。

【 0 0 3 2 】

上述した射出スロットは、冷却材が射出スロットから吐き出される際の冷却材の射出角を燃焼ガス流線の局部的傾斜と適切に一致させ、こうして混合損失を低減するのに、有効利用できる。射出角を変えて、流線の角度と合致させるだけでなく、射出スロットへの粉塵の堆積も低減するのが好ましい。以上開示した特定の幾何形状から見て、負の射出角は粉塵の堆積から望ましくない。上述したように先端から根元まで異なる射出角を選択的に導入することにより、混合損失を減らすだけでなく、耐塵性を改良する。

【 0 0 3 3 】

20
 選択的に傾斜させた射出スロットは、内部冷却回路の構成が異なる他のタイプのタービンブレードにも使用できる。また、静止タービンノズルベーンは回転による遠心力を受けないが、射出スロットは静止タービンノズルベーンにも有利に使用できる。

【 0 0 3 4 】

以上、この発明の好適かつ具体的な実施例と考えられるものを説明したが、当業者には本発明の他の変更が自明である。したがって、このような変更例もすべて本発明の要旨の範囲内に包含される。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 この発明の 1 実施例によるエーロフォイル射出スロットを有するガスタービンエンジンのロータブレードの部分的断面を含む正面図である。 30

【 図 2 】 図 1 の 2 - 2 線方向に見たエーロフォイルの半径方向に見た断面図である。

【 図 3 】 図 1 に示した射出スロットの一例の拡大図である。

【 符号の説明 】

- 1 2 エーロフォイル
- 2 2 第 1 側壁
- 2 4 第 2 側壁
- 2 6 前縁
- 2 8 後縁
- 3 2 根元
- 3 4 先端
- 3 6 ピッチライン
- 3 8 冷却回路
- 4 0 射出スロット
- 4 4 トラフ

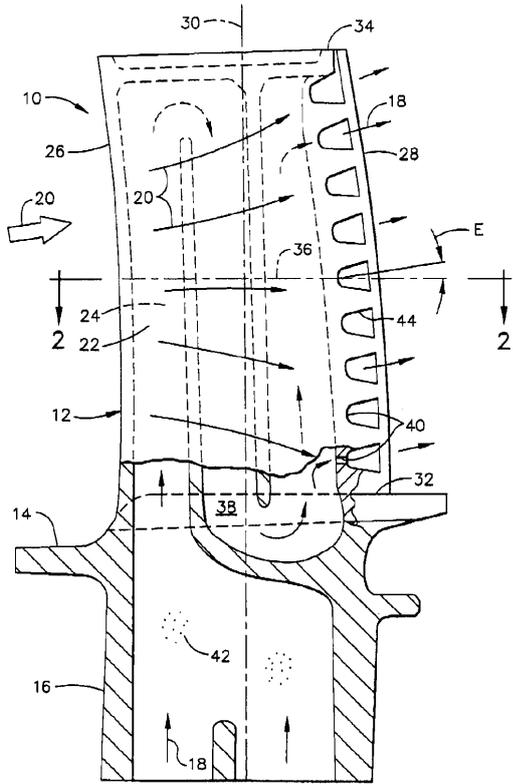
10

20

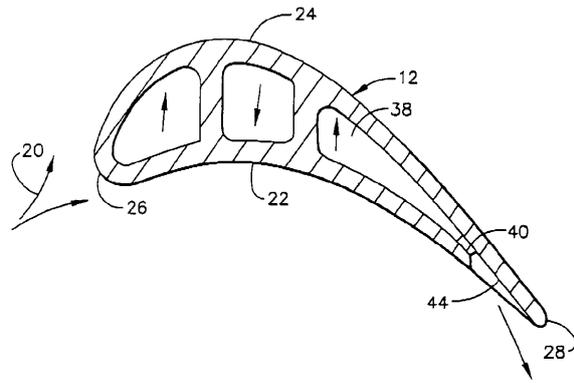
30

40

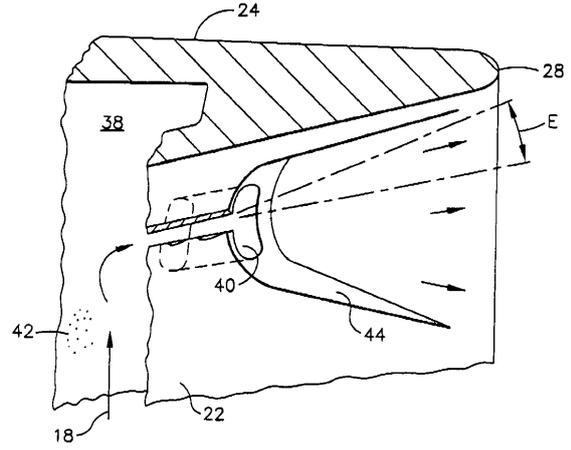
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平05 - 280301 (JP, A)
特開平09 - 195705 (JP, A)
特開平09 - 280003 (JP, A)
特表平09 - 511042 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F01D 5/18