

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4958527号  
(P4958527)

(45) 発行日 平成24年6月20日 (2012.6.20)

(24) 登録日 平成24年3月30日 (2012.3.30)

(51) Int.Cl. F I  
**FO1D 5/18 (2006.01)** FO1D 5/18  
**FO2C 7/18 (2006.01)** FO2C 7/18 A

請求項の数 5 外国語出願 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2006-328707 (P2006-328707)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成18年12月5日 (2006.12.5)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(65) 公開番号	特開2007-154893 (P2007-154893A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタデイ、リバーロード、1番
(43) 公開日	平成19年6月21日 (2007.6.21)	(74) 代理人	100137545
審査請求日	平成21年11月26日 (2009.11.26)		弁理士 荒川 聡志
(31) 優先権主張番号	11/294, 218	(74) 代理人	100105588
(32) 優先日	平成17年12月5日 (2005.12.5)		弁理士 小倉 博
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100129779
前置審査			弁理士 黒川 俊久
		(72) 発明者	チン・パン・リー
			アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナッティ、カマルゴ・パインズ・レーン、12番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ジグザク冷却式のタービンプレード

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

支持ダブテイル(20)と接合されたプラットホーム(18)に根部(30)で接合されたエーロフォイル(16)を備え、

前記エーロフォイル(16)が、前記エーロフォイルの圧力側壁(22)に沿って内側に、かつ前記エーロフォイルの前縁で第2のインピンジメント回路(6~7)の翼弦方向後方に部分的に配置され、対向する吸引側壁(24)に沿って内側に配置された第3のシア回路(8~12)の横方向後方に配置されているジグザグに曲がった第1の回路(1~5)を備える3つの独立した冷却回路を有し、

前記第1の回路が、前記圧力および吸引側壁(22、24)を架橋する中央フローチャネル(2)と交番する前記圧力側壁(22)に沿った複数の側部フローチャネル(1、3)を備え、

前記エーロフォイル(16)は、前記エーロフォイル(16)の前記根部(30)から外側先端部(32)へ翼幅方向に延びる前記3つの回路の対応するフローチャネル(1~12)を画定する複数のリブ(36)を備え、かつ、

前記3つの回路のそれぞれが、前記エーロフォイル(16)の最大の幅内で前記前縁(26)の後方で互いに直接グループ化された、対応する取入フローチャネル(1、6、8)と、前記側壁(22、24)を通る各排出孔(44、50)とを備え、前記取入チャネルが、冷却空気(38)を受けするために、前記プラットホーム(18)およびダブテイル(20)を通過してその底部へ延び、

前記リブ(36)が、外側接点(40)で前記側壁(22、24)を接合し、内側接点(42)で互いに接合するためにそこから内側へ延びており、かつ前記中央チャンネル(2、4)が、対応する内側接点と外側接点(40、42)との間の前記側部チャンネル(1、3、5)と流体的に連絡して接合し、

前記リブ(36)が、対応する外側接点(40)で前記側壁(22、24)を接合するために外向きに対で斜めに延び、かつ対応する内側接点(42)で互いに接合するために前記側壁(22、24)から内向きに延び、

前記曲がった回路(1~3)が、中央第2のチャンネル(2)によってさらに追従され、やはり前記圧力側壁(22)の内側に配置された側部の第3のチャンネル(3)によってさらに追従される、前記圧力側壁(22)の内側に配置された側部の第1のチャンネル(1)を備えるスリーパス回路で構成されており、

前記中央チャンネル(2、4)が、前記外側接点(40)のうちの2つによって対向する側壁(22、24)と接合され、かつ前記内側接点(42)のうちの2つによって互いに接合された前記リブ(36)のうちの4本によって画定される

ことを特徴とする、タービンプレード(14)。

【請求項2】

前記中央チャンネル(2、4)が、前記側壁(22、24)を架橋するほぼダイヤモンド形状を有し、

前記側部チャンネル(1、3)が、前記外側接点(40)を架橋する底辺と、前記内側接点(42)の頂点を備える三角形形状を有する請求項1記載のブレード。

【請求項3】

前記曲がった回路(1~5)が、前記第3のチャンネルをさらに追従する中央の第4のチャンネル(4)と、前記第4のチャンネル(4)をさらに追従する側部の第5のチャンネル(5)をさらに備える5パス回路(1~5)で構成されている請求項2記載のブレード。

【請求項4】

前記第2の回路が、前記エーロfoil(16)内部から前記前縁(26)をインピンジメント冷却するために、孔開きリブ(36)によって分離された2つのフローチャンネル(6、7)を備える請求項3記載のブレード。

【請求項5】

前記第3の回路が、前記第2の回路(6~7)と前記後縁(28)との間に前記第1の回路(1~5)の横方向および翼弦方向後方に配置された5つのフローチャンネル(8~12)を備え、

前記第3の回路内の前記リブ(36)が、前記吸引側壁(24)との接合部で冷却シア孔(48)の対応する列を備える請求項4記載のブレード。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は一般に、ガスタービンエンジン、より具体的にはタービンエーロfoilの冷却に関する。

【背景技術】

【0002】

ガスタービンエンジンでは、空気が、圧縮機内で圧縮され、高温の燃焼ガスを発生させるために燃焼器内で燃料と混合される。エネルギーが、低圧タービン(LPT)によってさらに追従される高圧タービン(HPT)内のガスから抽出される。HPTは圧縮機を駆動し、LPTは、典型的なターボファン航空機エンジンの用途で上流のファンを駆動する。

【0003】

HPTは、最初に、最高温度の燃焼ガスを燃焼器から受け入れ、その適切な使用寿命を確実にするために適切に冷却されなければならない。タービンステージは、そこから燃焼

10

20

30

40

50

ガスを最初に受け入れ、ガイドするために燃焼器の出口に配置されたタービンステータノズルを備える。ノズルは、外帯と内帯との間に装着された中空の静翼の列を備える。

【0004】

ノズル翼は、燃焼ガスを、支持ロータディスクから半径方向外向きに延びるタービンの動翼の第1ステージを通して方向付ける。各タービンブレードは、その上を燃焼ガスが流れるエーロfoilを備え、エーロfoilの根元に配置されたプラットホームによって画定されている。プラットホームは、支持ロータディスクの周縁内に形成された対応するダブテイルスロット内の個々のタービン翼に装着された支持ダブテイルと接合される。

【0005】

静翼および動翼の両方は、中空であり、動作中、高温の燃焼ガスによって発生される高い熱荷重に対してこれらの構成要素を冷却するために、圧縮機から抽気された圧縮空気を通すための対応する冷却回路をその中に備える。

10

【0006】

ノズル翼およびタービンブレードの対応するエーロfoil形状は、その特殊化された空気力学的性能のために異なる。また、翼およびブレードは、ステータノズルおよびロータディスク内でのそれらの異なる動作のために異なるように構成され、異なるように装着される。

【0007】

したがって、ノズル翼および動翼に対するタービンエーロfoil冷却の従来技術は、その様々な形状にわたってその冷却性能を最大にするために、翼とブレードとの間の基本的な差異およびガスタービンエンジン内でのそれらの動作環境に対処するには、極めて込み入っており、複雑かつ難解である。

20

【0008】

ノズル翼およびタービンブレードの両方の典型的なエーロfoilは、ほぼ凹型の圧力側と、対向する前縁と後縁との間に翼弦方向に延び、かつその長手方向翼幅を横切って半径方向に延びる、対向するほぼ凸型の吸引側とを備える。各ノズル翼は、その対向する半径方向端部で、対応する外帯および内帯に装着されている。各タービンブレードは、そのダブテイル端部で、ロータディスクの周縁に装着され、エーロfoilの半径方向外側先端部が、周囲のタービンシュラウドに密接して自由に延びている。

【0009】

したがって、ノズル翼およびタービンブレードは、それを通して流される制限された圧縮器抽気の冷却性能を最大にするために、その異なる形状および異なる動作環境のために、その中に異なる冷却回路を必要とする。また、タービンブレードは、冷却空気への遠心力、および回転中のブレードを内側に転向させる二次的な流れの方向による二次的なコリオリ力を導入する、動作中の回転という追加の厄介な問題を経験する。

30

【0010】

それにもかかわらず、ノズル翼およびタービンブレードは、半径方向に延びる流通路、熱伝達のための内部攪拌器、圧力側壁または吸引側壁、またはその両方を覆って複数の半径方向の行または列に配置された膜冷却孔、および使用済みの冷却空気を排出するための追加の後縁排出口などの、類似の冷却装置を共有している。

40

【0011】

膜冷却は、周囲の高温の燃焼ガスから保護するためにエーロfoilの外部表面を覆う熱的に絶縁する空気ブランケットを提供する薄膜内で、エーロfoilの内部から冷却空気が排出される、一般的な冷却操作である。

【0012】

対応するエーロfoilの内側で、インピンジメント冷却技術が、エーロfoilの外側で見出される高い熱荷重に対して、エーロfoilの内部表面の選択された位置をインピンジメント冷却するために提供されてもよい。また、エーロfoil内の様々な冷却回路は、その前縁と後縁との間の、異なる圧力側壁および吸引側壁に沿ったエーロfoilの異なる部分のために特に専用の独立な回路で通常構成される。

50

## 【 0 0 1 3 】

対応するフローチャンネルを画定するエーロfoil内の内側分割リブが、フローチャンネルを通して流される冷却空気によってそれ自体冷却される。エーロfoilの圧力側壁および吸引側壁は、外部の高温の燃焼ガスを直接受け、このことがこれらを上昇した温度で動作させる。

## 【 0 0 1 4 】

逆に、内側リブは、側壁自体によって外部の燃焼ガスから保護され、かなり低い温度で動作する。

## 【 0 0 1 5 】

したがって、エーロfoilの外側側壁と、それらの内側リブの異なる動作温度は、それらの間に異なる温度をそれに対応して生じさせ、さらに熱応力を生じさせる。

10

## 【 0 0 1 6 】

ノズル翼およびタービンブレードの両方は、このような異なる熱応力、ならびに燃焼ガス自体の圧力による追加の応力を受ける。また、タービンブレードは、動作中ブレードを回転させることによる遠心応力を追加で受ける。

## 【 0 0 1 7 】

したがって、タービンノズル翼および動翼の設計は、対向する圧力および吸引側に実質上わたって、その前縁と後縁との間の翼弦方向、および長手方向翼幅にわたる半径方向の両方で変動する温度および応力分布により、かなり複雑である。

## 【 0 0 1 8 】

また、温度および応力もまた、各エーロfoil内で様々なフローチャンネルおよび流路を画定するその中の対応するリブに沿って各タービンエーロfoilの内部で複雑な分布で変動する。

20

## 【 0 0 1 9 】

したがって、個々のタービンエーロfoilの耐久性および寿命が、外側および内側の両方でエーロfoilの複雑な形状の至るところで示される最高温度および最大応力によって制限される、このことは、ガスタービンエンジン内での延長された動作での熱疲労損傷の蓄積に至る。

【特許文献1】米国特許第5 1 5 6 5 2 6号公報

【特許文献2】米国特許第5 1 6 5 8 5 2号公報

【特許文献3】米国特許第5 2 4 6 3 4 0号公報

【特許文献4】米国特許第5 3 5 6 2 6 5号公報

【特許文献5】米国特許第5 3 8 7 0 8 5号公報

【特許文献6】米国特許第5 4 8 4 2 5 8号公報

【特許文献7】米国特許第5 5 9 1 0 0 7号公報

【特許文献8】米国特許第5 6 0 3 6 0 6号公報

【特許文献9】米国特許第5 6 6 0 5 2 4号公報

【特許文献10】米国特許第5 6 9 0 4 7 2号公報

【特許文献11】米国特許第5 7 0 4 7 6 3号公報

【特許文献12】米国特許出願第1 0 / 8 2 4 2 8 3号

【特許文献13】米国特許第5 8 1 3 8 3 5号公報

【特許文献14】米国特許第5 8 2 9 3 3 7号公報

【特許文献15】米国特許第5 9 6 7 7 5 2号公報

【特許文献16】米国特許第6 1 2 6 3 9 6号公報

【特許文献17】米国特許第6 1 6 8 3 8 1号公報

【特許文献18】米国特許第6 1 8 3 1 9 8号公報

【特許文献19】米国特許第6 8 3 2 8 8 9号公報

【特許文献20】米国特許第2 0 0 5 / 0 1 1 1 9 7 7 A 1号

【特許文献21】米国特許第2 0 0 5 / 0 2 2 6 7 2 6 A 1号

【発明の開示】

30

40

50

**【発明が解決しようとする課題】****【0020】**

したがって、タービンエーロフォイルの冷却構成を、その耐久性および寿命をさらに改善するためにさらに改善することが望ましい。

**【課題を解決するための手段】****【0021】**

タービンエーロフォイルは、翼幅方向に延び、リブによって分離されるフローチャンネルを画定するために離隔された圧力側壁および吸引側壁を備える。側部チャンネルが、一方の側壁に沿って配置され、リブによって対向する側壁から離隔されており、中央チャンネルが側壁を架橋する。側部および中央チャンネルは、側壁からの中央チャンネル内へ熱を伝達するために、それらの間で交番するジグザグに曲がった冷却回路内に配置されている。

10

**【0022】**

本発明を、好ましい例示的な実施形態に従って、そのさらなる目的および利点とともに、添付の図面と相俟って以下の詳細な説明でより具体的に説明する。

**【発明を実施するための最良の形態】****【0023】**

図1に示されているのは、ガスタービンエンジンのHPT内の第1ステージのために特に構成されたタービン動翼14である。ブレードは、エーロフォイル16と、プラットホーム18と、さらに単体鋳造または一体鋳造で互いに一体に接合された支持ダブテイル20とを備える。

20

**【0024】**

ダブテイル20は、タービンロータディスク(図示せず)の周縁の対応するダブテイルスロット内にブレードを装着するように構成された、対応する突出部または舌部を備える従来型の軸入型形状を有する。

**【0025】**

エーロフォイル16は、ほぼ凹状の圧力側壁22と、円周方向に対向する、ほぼ凸状の吸引側壁24とを備える。図2に追加で示されるように、2つの側壁は、対向する前縁と後縁26、28の間に翼弦軸方向に延びており、エーロフォイルとプラットホームとの接合部で、根部30から翼幅半径方向に、半径方向外側の先端部32へ延びている。

**【0026】**

動作中、燃焼ガス34が、エンジン内の燃焼器(図示せず)内で発生され、支持ロータディスクの周縁に装着されたタービンブレード14の全ての列のエーロフォイル16にわたって流れるように、第1ステージタービンノズル(図示せず)を通して排出される。エネルギーが、支持タービンロータを回転させるために、タービンエーロフォイル16によって燃焼ガスから抽出され、これがエンジンの圧縮器(図示せず)をさらに回転させる。

30

**【0027】**

図1および2は、エーロフォイルの内側に半径方向翼幅に延び、かつ対応する壁またはリブ36によって分離されている複数の冷却フローチャンネル1~12を画定するために、タービンエーロフォイルの対向する側壁22、24が、前縁と後縁との間で横方向に離隔されることを示している。圧縮された冷却空気38が、2つの側壁の外部表面上を流れる燃焼ガス34による熱荷重に対して動作中ブレードを冷却するために、圧縮器から適切に抽気され、タービンブレードを通して対応するフローチャンネル内へ通される。

40

**【0028】**

その圧力および吸引側の全体にわたって、根部から先端部へ、かつ前縁と後縁との間で、エーロフォイルの異なる部分を優先的に冷却するために、中空のエーロフォイルを複数のフローチャンネル1~12に分割するために、内側リブ36が、根部から先端へエーロフォイルの長手方向翼幅にわたって半径方向に、ならびに圧力および吸引側壁22、24の間で横方向にまたは横に延びている。様々なリブ36が、エーロフォイルの対向する側壁を架橋するために協働し、強化されたその冷却とともに、中空のエーロフォイルの構造的な一体性を提供する。

50

## 【0029】

より具体的には、図2で断面図で示されているエーロフォイルの様々なフローチャンネルは、圧力すなわち左側の側壁22の内部表面の直接内側にすなわちそれに沿って配置され、リップ36の対応するものの所で対向する吸引すなわち右側の側壁24から横方向に離隔されている、側部チャンネル1、3、5を備える。

## 【0030】

それに対応するように、フローチャンネルはまた、吸引側壁24の内部表面の直接内側にすなわちそれに沿って配置され、内側リップ36の対応するものの所で対向する圧力側壁22から横方向に離隔された、追加の側部チャンネル8、9、10を備える。

## 【0031】

右側および左側の側部チャンネルは、エーロフォイルのその各側壁から一部のみ延びており、2つの側壁の間の中央に配置された翼形中心線の近傍でエーロフォイルの内側を終点とする。ハーフサイズの側部チャンネルが、いくつかのフローチャンネルを通して冷却空気38を流すために、圧力および吸引側壁22、24の両方を架橋する1つまたは複数のかなり大きな、すなわちフルサイズの中央または中心チャンネル2、4と協働する。

## 【0032】

たとえば、いくつかのフローチャンネルが、異なる熱荷重および遠心応力下で異なるようにエーロフォイルの異なる部分を冷却するように特に構成された、いくつかの独立した冷却回路内に構成されてもよい。第1の冷却回路内では、側部および中央部、すなわち中央チャンネル1~5が、側壁の熱を、燃焼ガスから中央チャンネル2、4内へ伝達するために、側部チャンネルと中央チャンネルの間に横方向に交番する横方向にジグザグに曲がった冷却回路で流れ内に配置される。

## 【0033】

通常、タービンエーロフォイルの凹状の圧力側壁22が、燃焼ガスから最大の熱荷重を受け、したがってそれに対応する高い温度で動作する。ジグザグに曲がった冷却回路1~5は、高温の圧力側壁から横方向に熱を優先的に伝導して逃がし、一方で、内側リップと外側圧力側壁との間の温度差を減少させ、かつタービンブレードの耐久性および寿命を強化するために、ジグザグに曲がった冷却回路内の冷却空気を優先的に流すために、仕切りリップ36のそれに対応する横方向にジグザグの形状を使用している。

## 【0034】

また、ジグザグに曲がった冷却回路は、回路のいくつかのフローチャンネルの内部でのその冷却効率を改善するために、曲がった回路を通して流されている冷却空気に作用しているコリオリカと優先的に協働する。

## 【0035】

図2は、異なるフローチャンネル1~12を分離するために側壁と一体に接合された多数のリップ36の好ましい形状を示している。特に、リップ36は、圧力および吸引側壁22、24を対応する外側の接合部または接点40で接合し、対応する内側の接合部または接点42で互いに接合するために側壁から横方向内向きに延びている。いくつかの内側接点42が、図2に示されており、対向する側壁22、24の間で離隔されたエーロフォイルの翼形中心線にほぼ沿って配置されている。

## 【0036】

2つの例示的な中央チャンネル2、4が、冷却および熱応力の相補する利点を提供するために、対応する内側および外側接点40、42の間で例示的な右側の側部チャンネル1、3、5を流体的に連絡して接合する。

## 【0037】

たとえば、外側接点40が、対応する側壁と直接接合され、側壁からエーロフォイルの内部への横方向内側に効果的な熱伝導経路を提供し、そこで冷却空気がフローチャンネル内で循環される。内側接点42が、外部の熱荷重源から遠く離されてエーロフォイルの中心に配置される。また、中央チャンネル2、4は、対応する側部チャンネル1、3、5、8~10によって外部側壁から大部分で分離される。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 8 】

図 1 および 2 に示された好ましい実施形態では、左側側部チャンネル 1、3、5 が、動作中燃焼ガスから高い熱荷重を受けるエーロfoilの前縁と後縁との間の主要な部分すなわち長さで、圧力側壁 2 2 の内側に直接配置されている。

## 【 0 0 3 9 】

それに対応するように、ジグザグに曲がった冷却回路は、中央の第 2 のチャンネル 2 によってさらに追従され、この中央の第 2 のチャンネル 2 も圧力側壁の内側に配置された側部の第 3 のチャンネル 3 によってさらに追従される、圧力側壁 2 2 の内側に配置された側部の第 1 のチャンネル 1 を備える、スリーパス回路で構成される。

## 【 0 0 4 0 】

エーロfoilの圧力側のジグザグに曲がった冷却回路は、第 3 のチャンネル 3 をさらに追従する中央の第 4 のチャンネル 4 と、第 4 のチャンネル 4 をさらに追従する側部の第 5 チャンネル 5 とをさらに備える、好ましくはファイブパス回路でさらに構成される。このようにして、冷却空気が、圧力側壁内の複合された横方向および半径方向に循環する曲がった経路内を前縁と後縁との間で後方へ流れるとき、5 本のフローチャンネル 1 ~ 5 が、エーロfoilの対向する側壁間の隣合わせの鋭いジグザクの横方向の転向、ならびにエーロfoilの先端部および根部の半径方向の鋭い転向を有する、対応するファイブパスのジグザグに曲がった冷却回路を画定するために、端部間で流体的に連絡して接合される。

## 【 0 0 4 1 】

5 本の曲がったチャンネル 1 ~ 5 が、図 1 に側面図で示されており、根部 3 0 と先端部 3 2 との間でエーロfoilの半径方向翼幅全体にわたって延びている。5 本のフローチャンネル内の対応するリブ 3 6 は別法として、冷却空気の主方向が半径方向外向きから半径方向内向きへ、およびその逆へ変化する、様々なチャンネルの間の対応する流れの転向を提供するために、エーロfoil先端のすぐ下方およびプラットホームのすぐ上方を終点とする。

## 【 0 0 4 2 】

図 3 は、冷却空気 3 8 を第 1 のチャンネルから第 2 のチャンネル内へ半径方向内向きに転向させるようにフローベントに影響を与える、第 1 および第 2 のチャンネル 1、2 の間の短いリブ 3 6 の断面図を示している。

## 【 0 0 4 3 】

図 4 は、冷却空気を第 2 のチャンネルから第 3 のチャンネル内へ半径方向外向きに転向させるための別のフローベントを提供するために、プラットホーム 1 8 の平面の上方に離隔された第 2 および第 3 のチャンネル 2、3 の間の短いリブ 3 6 の開始部の断面図を同様に示している。

## 【 0 0 4 4 】

図 1、2、4 に示された第 3 のフローチャンネル 3 から、空気が再び、第 3 および第 4 のチャンネル 3、4 を分離している短いリブ 3 6 の上部に見出される対応するフローベントを通じて転向される。また、図 1 は、第 4 のチャンネル 4 から第 5 のチャンネル 5 内へ、半径方向外向きに冷却空気の方向をさらに再び変更するための、最終のフローベントを画定するためにプラットホーム 1 8 の面上方に離隔されている第 4 および第 5 のチャンネル 4、5 の間の短いリブ 3 6 の底端部を示している。

## 【 0 0 4 5 】

5 本のフローチャンネル 1 ~ 5 を画定する様々なリブ 3 6 は、5 本のフローチャンネルを連続して通る冷却空気のほぼ全てを流すように好ましくは無孔である。しかし、いずれかの従来型の形状の膜冷却孔 4 4 の様々な半径方向の行または列が、5 本のフローチャンネル 1 ~ 5 を含む様々なフローチャンネルのうちの 1 つまたは複数のための排出口を提供するために、圧力側壁 2 2 内に形成されてもよい。

## 【 0 0 4 6 】

たとえば、膜冷却孔 4 4 の列が、圧力側壁の外部表面を膜冷却するために第 1 の回路から冷却空気の一部を排出するために、第 3 のフローチャンネル 3 の後端部で圧力側壁を通

10

20

30

40

50

って延び、対応する外側接点 40 の下方で後方に傾斜される。それに加えて、膜冷却孔 44 の別の列が、この領域内の圧力側壁の追加の膜冷却を提供するために、第 5 のフローチャンネル 5 の後端部に配置され、後縁に向かって後方に傾斜される。

【0047】

第 1 の曲がった冷却回路 1 ~ 5 の顕著な利点は、その優先的な複合ジグザグ形状である。冷却空気は、圧力側壁の外部の燃焼ガスから高い熱荷重を受けるエーロフォイルの前縁 26 を直ちに追従する第 1 のチャンネル 1 を始点として、5 本のチャンネル 1 ~ 5 を通ってさらに流れる。空気が、第 1 のチャンネルの外部の圧力側壁のこの部分を冷却すると、空気はそこから熱を取り出し、それに対応して暖められる。

【0048】

外側の側部チャンネル 1 からのこの暖められた空気が、次に、普通ならば低温であるそのリブ 36 を加熱するために内側の中央チャンネル 2 内へ通される。第 2 のチャンネル 2 からの冷却空気は次に側部チャンネル 3 を通って流れ、そこで再び、圧力側壁のこの部分から熱を吸収する。暖められた冷却空気が再び、このチャンネルを画定する、普通ならば低温であるリブ 36 をさらに暖めるために、第 2 の中央チャンネル 4 へエーロフォイルの内側を通される。

【0049】

最後に、第 4 のチャンネル 4 からの冷却空気が、圧力側壁のこの領域を冷却するために第 1 の回路内の最後のチャンネル 5 を通って流れ、その後、次にそこから後方の圧力側壁の膜冷却を提供する膜冷却孔 44 の列を通して排出される。

【0050】

外側の側部チャンネル 1、3 から対応する内側の中央チャンネル 2、4 内へ横方向に冷却空気を交互に通すことによって、圧力側壁からの熱が、中央チャンネル 2、4 を包囲している内側リブ 36 を暖め、外側の圧力側壁と内側リブとの間の温度差をそれに対応して減少させるために、エーロフォイルの内部に効果的に通される。

【0051】

圧力側壁と内側リブとの間の温度差のこの減少は、金属製のエーロフォイルを横切る温度分布の非一様性を改善し、その中の熱応力をそれに対応して減少させる。

【0052】

また、タービンブレードがロータディスク上で回転し、吸引側壁 24 が圧力側壁 22 を先導するため、中央チャンネル 2、4 が、回転運動において、対応する第 1 および第 3 の側部チャンネル 1、3 をそれに対応して先導し、そこからさらにその冷却空気を受ける。冷却空気が質量を有し、動作中遠心加速度および遠心力を受けるため、空気もまた、様々な半径方向フローチャンネル 1 ~ 5 の間での冷却空気の変化する方向のベクトル積による二次的なコリオリ加速度または力を受ける。中央チャンネル 2、4 の前部位置は、これらの通路およびこれらの周囲の仕切りすなわちリブ 36 の中の冷却空気の間での熱伝達を改善するためにコリオリ力を使用する。

【0053】

図 2 は、いくつかのリブ 36 の、互いとの、および対向する圧力および吸引側壁との対応する接合部によって形成される内側および外側接点 40、42 の好ましい構成を示している。リブ 36 は、外側接点 40 の対応するものの所で、圧力および吸引側壁 22、24 を接合するためにエーロフォイル中心から横方向外向きに対になって斜めに延びてもよい。たとえば、2 つの外側接点 40 が、チャンネル 1、3 とチャンネル 3、5 との間の圧力側に見出され、2 つ以上の外側接点 40 が、チャンネル 8、9 とチャンネル 9、10 との間の吸引側に見出される。

【0054】

2 つの中央チャンネル 2、4 のそれぞれは、2 つの対応する外側接点 40 によって対向する側壁 22、24 に対で接合されたリブ 36 のうちの 4 本によって、対応するように画定される。各中央チャンネル 2、4 を画定する 4 本のリブ 36 もまた、翼形中心線に沿ったその対向する側面の内側接点 42 のうちの 2 つによって対で互いに接合される。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 5 】

4本のリップ36は、2つの側壁22、24を架橋するほぼダイヤモンド形状を有し、ダイヤモンド形状の四隅に2つの外側接点および2つの内側接点を有する、四辺形形状を好ましくはもたらすように、2つの中央チャンネル2、4のそれぞれを画定する。

## 【 0 0 5 6 】

それに対応するように、2つのダイヤモンド形状にされた中央チャンネル2、4にさらに供給する2つの側部チャンネル1、3が、その長底辺が側壁に沿って外側接点40を架橋し、その頂点が内側接点42に配置されている、相補的な三角形形状を有する。

## 【 0 0 5 7 】

側部チャンネル1、3、5と、協働する中央チャンネル2、4との間の仕切りリップ36の斜めの形状は、5本のチャンネル1～5の間で横方向に、好ましいジグザグのフローパスを作成すること、および外側接点40からリップを通して対応する内側接点42への直接の熱伝導を促進することを含む多くの利点を呈する。

10

## 【 0 0 5 8 】

さらに、中央チャンネル2、4は、比較的大きく、側部チャンネル1、3、5よりも大きな流面積を好ましくは有し、このことは製造中のタービンブレードの鑄造収量を改善し、熱伝達性能をさらに強化する。側部チャンネルが中央チャンネルよりも小さな流面積を有するため、冷却空気は、圧力側壁からの熱伝達および熱の引出しを増加させるために、中央チャンネル内よりも高速でそれを通して流され、一方、中央チャンネル2、4の熱伝達および冷却を、それらの温度をそれに対応して増加させ、側壁との温度差を減少させるために、減少

20

## 【 0 0 5 9 】

上記で示したように、図2に示した様々な内側リップ36は、エーロfoilの内部に複数のフローチャンネル1～12を画定するように構成され、無孔のリップによって互いに分離された3つの独立した冷却回路で一実施形態では好ましくは構成されている。上記で説明されたジグザグに曲がった回路1～5が、圧力側壁22の内側に直接配置されたエーロfoil内に配置され、前縁および後縁26、28の間で離隔された第1の回路を画定する。

## 【 0 0 6 0 】

対応するフローチャンネル6、7によって画定される第2の冷却回路が、前縁26と第1の回路1～5との間の、前縁26の所にまたは前縁26の後方に直接配置される。また、フローチャンネル8～12によって画定される第3の冷却回路が、吸引側壁24の直接内側の、第2の回路6～7の翼弦方向後方、第1の回路1～5の横方向後方に配置される。

30

## 【 0 0 6 1 】

第2の回路が、図1、2および5に示され、リップの半径方向翼幅にわたって分散されたインピンジメント孔46の列を有するリップ36の孔開きのものによって離隔された2つの平行なフローチャンネル6、7を備える。この第2のインピンジメント冷却回路6～7は、前縁26の背部側をインピンジメント冷却するために、第6のチャンネル6内に空気が供給され、インピンジメント孔46の列を通して第7のチャンネル7内へ流れる、他の点では従来型の形状を有してもよい。

40

## 【 0 0 6 2 】

第7のチャンネル7は、この回路のための排出口を提供し、好ましい実施形態で圧力および吸引側壁の両方に沿って冷却空気膜内の使用済みの冷却空気を流す、追加の膜冷却孔44の1つまたは複数の列を備えてもよい。

## 【 0 0 6 3 】

図1、2、5は、リップ36の対応するものによって翼弦方向に離隔された複数の平行なフローチャンネル8～12を備える第3の冷却回路の好ましい構成を示している。この回路内のリップ36は、いくつかのフローチャンネル内の吸引側壁の内部表面に沿ってシアで冷却空気38を通すために吸引側壁24とのリップの接合部を通して翼弦方向に延びる、冷却シア孔48の対応する鉛直方向の列を備える。

50

## 【 0 0 6 4 】

第3の冷却回路が、図2および5に最も良く示されており、第1の回路1～5の横方向および翼弦方向後方、および第2の回路6～7と後縁28との間に部分的に配置された第5のフローチャンネル8～12を備える。最初の4つのチャンネル8、9、10、11は、エーロフォイルの薄い後縁に沿ったいずれかの従来型の形状を有する後縁排出スロット50の列を通して排出する前に、第8のチャンネル8から第12のチャンネル12まで次々に同じ冷却空気をさらに通すために、それらの間の対応するリブ36内にシア孔48の対応する列を備える。

## 【 0 0 6 5 】

図2に示されるように、ジグザグの第1の回路1～5は、第3のシア回路8～12の横方向後方に配置され、2つの中央チャンネル2、4の前端部の2つの内側接点42などの、それらと対応する内側接点を共有している。エーロフォイルの吸引側への熱荷重は、エーロフォイルの圧力側への熱荷重よりも通常小さいため、シア冷却回路8～12は、曲がった回路1～5よりも小さい冷却を提供し、その中の内側リブ36の対応する格子を通るエーロフォイルの2つの側面を横切る温度の非一様性を促進する。2つの共通の中央チャンネル2、4は、エーロフォイルの圧力側の第1の回路1～5およびエーロフォイルの吸引側の第3の回路8～12の異なる冷却能力を相補する。

## 【 0 0 6 6 】

図1および2に示された3つの回路は、好ましくは互いに独立であるため、これらはそれぞれ、好ましくは、エーロフォイル16の最大の幅すなわち瘤状の領域内に、前縁26の後方で互いに直接グループ化された、対応する取入フローチャンネル1、6、8を備える。3つの取入フローチャンネル1、6、8が、圧縮器から従来方式で圧縮された冷却空気38を受けるために、ダブテイルの底部へプラットホーム18およびダブテイル20を通して延びている。

## 【 0 0 6 7 】

3つの取入口1、6、8を通して流された比較的低温の圧縮空気38が、次に、この広幅領域内での最大の冷却効率のために前縁から翼弦長の最初の4分の1以内でエーロフォイルの最も広幅の部分で最初に受けられる。ここから、冷却空気が、エーロフォイルの前縁領域を優先的に冷却するために、第2の回路6、7を通して前方に分散される。また、空気はまた、その中に見出される交差するリブ36のネットワークの相補的な内部冷却とともにエーロフォイルの対向する圧力側および吸引側を別々に冷却するために、対応する第1の回路1～5および第3の回路8～12を通して後方に分散される。

## 【 0 0 6 8 】

3つの回路からの使用済みの冷却空気は、膜冷却孔44および後縁排出スロット50の様々な列を通して対応する側壁を通して適切に排出される。第5のチャンネル5は、後縁28から上流、および第3の冷却回路の最後の2つのチャンネル11、12の前方を終点とするため、膜冷却孔44の追加の列が、図2に示すように第1の冷却回路から展開された冷却空気膜を再活性化するために圧力側壁を通して第11のチャンネル11の後端部に配置されてもよい。

## 【 0 0 6 9 】

上記で開示されたタービンエーロフォイルは、圧縮された冷却空気38の制限された供給の冷却効率を強化することが保証された、追加の従来型の特徴を備えてもよい。たとえば、圧力側壁、または吸引側壁、またはその両方の内部に小さい隆起を備える従来型の攪拌器52が、冷却空気の熱伝達を局所的に強化するために、必要に応じてフローチャンネルの1つまたは複数に導入されてもよい。

## 【 0 0 7 0 】

好ましい実施形態では、エーロフォイルの圧力側壁上の側部チャンネル1、3、5が、圧力側壁の内部表面に沿って翼弦方向に延び、その翼幅にそって離隔された攪拌器52の列を備えてもよい。

## 【 0 0 7 1 】

10

20

30

40

50

逆に、協働する中央チャンネル 2、4 は好ましくは、その仕切りリブ 3 6 に沿って滑らかであり、いずれかの攪拌器が意図的に外されている。このようにして、チャンネル 1、3、5 内の熱伝達が増加され、一方、中央チャンネル 2、4 内の熱伝達が減少されてもよい。

【0072】

したがって、ジグザグに曲がった冷却回路の有効範囲内での圧力側壁 2 2 の冷却が局所的に増加されてもよく、一方中央チャンネル 2、4 の内側の冷却が、その周囲のリブ 3 6 の動作温度をそれに対応して上昇させるために減少されてもよい。したがって、内側リブと外側圧力側壁の間の温度差が、熱的に誘導される応力をそれに対応して減少させるために、減少され得る。

【0073】

小さい側部チャンネル 1、3、5、8 ~ 10 の優先的な導入は、エーロフォイルの各側壁の冷却を強化する。エーロフォイルの圧力側の 3 つの側部チャンネル 1、3、5 が、制限された空気の冷却性能をさらに強化するために、上記に記載した好ましいジグザグに曲がった冷却回路内のより大きな内部中央チャンネル 2、4 と協働し、圧力側壁のジグザグに曲がった冷却回路と共通の中央チャンネル 2、4 を共有する吸引側壁に沿った第 3 の回路の冷却性能によって相補される。

【0074】

図 2 に断面図で示されている複数のフローチャンネルは、従来方式のタービンブレード全体の一体鋳造で従来通りに鋳造されるにはまだ十分大きい。タービンブレードの効果的な鋳造収量を有するエーロフォイル内の 3 つの独立した冷却回路を製造するために、3 つの対応するセラミックコアが使用されてもよい。

【0075】

本発明の好ましい、および例示的な実施形態とみなされるものが本明細書で説明されてきたが、本発明の他の修正形態が、本明細書の教示から当業者に明らかであろう。また、したがって、本発明の精神および範囲内にある全てのこのような修正形態が、添付の特許請求の範囲内に確保されることが望まれる。

【図面の簡単な説明】

【0076】

【図 1】例示的な実施形態によるガスタービンエンジンタービン動翼の部分断面立面図である。

【図 2】線 2 - 2 に沿った、図 1 に示されたエーロフォイルの半径方向断面図である。

【図 3】線 3 - 3 に沿った、図 2 に示されたエーロフォイルの先端部分の立断面図である。

【図 4】線 4 - 4 に沿った、図 2 に示されたエーロフォイルの立断面図である。

【図 5】線 5 - 5 に沿った、その先端部での図 2 に示したエーロフォイルの吸引側の断面図である。

【符号の説明】

【0077】

- 1 ~ 12 フローチャンネル
- 1 4 動翼
- 1 6 エーロフォイル
- 1 8 プラットホーム
- 2 0 支持ダブテイル
- 2 2 圧力側壁
- 2 4 吸引側壁
- 2 6 前縁
- 2 8 後縁
- 3 0 根部
- 3 2 先端部
- 3 4 燃焼ガス

10

20

30

40

50

- 3 6 リブ
- 3 8 冷却空気
- 4 0 外側接点
- 4 2 内側接点
- 4 4 冷却孔
- 4 6 インピンジメント孔
- 4 8 シア孔
- 5 0 排出スロット
- 5 2 攪拌器

【図 1】

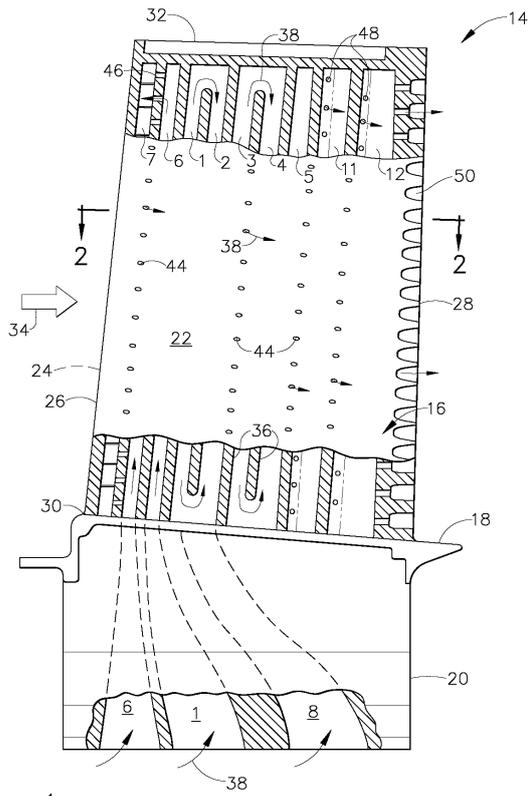


FIG. 1

【図 2】

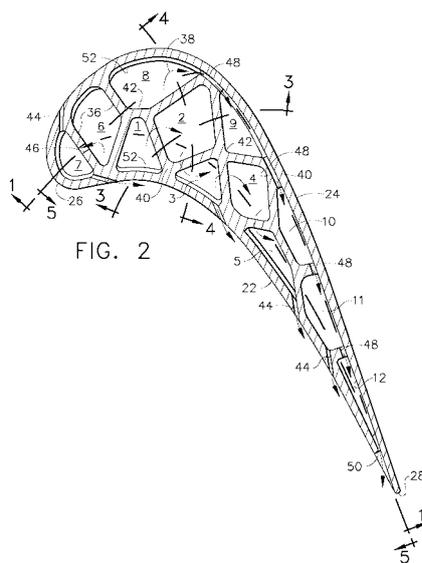


FIG. 2

【 図 3 】

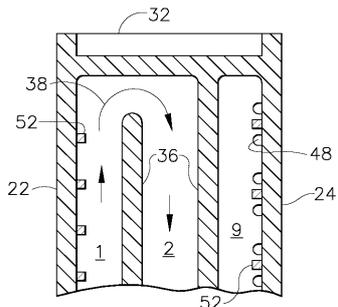


FIG. 3

【 図 5 】

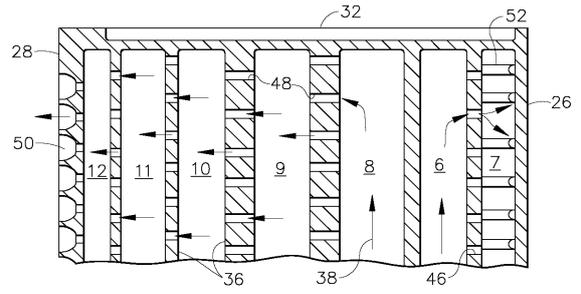


FIG. 5

【 図 4 】

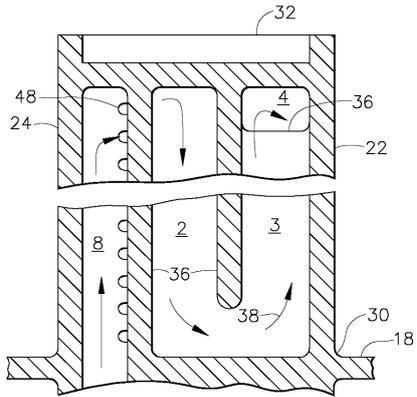


FIG. 4

---

フロントページの続き

- (72)発明者 アスピ・ラストム・ワディア  
アメリカ合衆国、オハイオ州、ラブランド、モーガンズトレース・ドライブ、10003番
- (72)発明者 スティーブン・ロバート・プラスフィールド  
アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナッティ、キャンドルリッジ・ドライブ、777番

審査官 稲葉 大紀

- (56)参考文献 特開2005-299637(JP,A)  
米国特許第05156526(US,A)  
特開2005-030387(JP,A)  
特開2005-155606(JP,A)  
特開2001-065301(JP,A)  
米国特許出願公開第2005/0226726(US,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |      |      |
|------|------|
| F01D | 5/18 |
| F02C | 7/18 |