(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第5475974号
(P5475974)
(45)発行日　平成26年4月16日(2014.4.16)　(24)登録日　平成26年2月14日(2014.2.14)

(51)Int.Cl.　　F I
F01D 5/18 (2006.01)　　F01D 5/18
F01D 9/02 (2006.01)　　F01D 9/02　102
F02C 7/18 (2006.01)　　F02C 7/18　A

請求項の数 6　(全 8 頁)

(21)出願番号　特願2008-240171 (P2008-240171)
(22)出願日　平成20年9月19日 (2008.9.19)
(65)公開番号　特開2009-85219 (P2009-85219A)
(43)公開日　平成21年4月23日 (2009.4.23)
審査請求日　平成23年9月8日 (2011.9.8)
(31)優先権主張番号　11/863,744
(32)優先日　平成19年9月28日 (2007.9.28)
(33)優先権主張国　米国 (US)

(73)特許権者　390041542
ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
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
(74)代理人　100137545
弁理士　荒川　聡志
(74)代理人　100105588
弁理士　小倉　博
(74)代理人　100129779
弁理士　黒川　俊久
(72)発明者　ロナルド・スコット・バンカー
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、ロウ・ロード、１３５４番

最終頁に続く

(54)【発明の名称】デュアル旋回流メカニズムを使用したタービン翼形部凹面形冷却通路及びその方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
凹面形冷却流路を有する前縁（１０）を含むタービン翼形部であって、前記凹面形冷却流路の前端（１４）が該流路を隣接する領域（１６，１８）に分割しており、前記タービン翼形部が、前記隣接する領域の一方内に配置された第１の複数のタービュレータ（２０）と、前記隣接する領域の他方内に配置された第２の複数のタービュレータ（２０）とを含んでいて、第１及び第２の複数のタービュレータ（２０）が前記前端（１４）の両側で冷却流の方向に対して鈍角をなしており、第１の複数のタービュレータ（２０）及び第２の複数のタービュレータ（２０）の一方が他方よりも前端（１４）に近接しており、第１及び第２の複数のタービュレータが、前記前端に沿って再結合される対向旋回ストリームとして冷却流を分流させかつ所望の熱伝達及び圧力損失を生じさせるように互いに対して配置され、第１及び第２の複数のタービュレータ（２０）が、破断及び互い違いシェブロン構成として配置されている、タービン翼形部。
【請求項２】
前記鈍角が１２０°～１５０°の範囲にある、請求項１記載のタービン翼形部。
【請求項３】
前記鈍角が１３５°である、請求項２記載のタービン翼形部。
【請求項４】
第１及び第２の複数のタービュレータ（２０）が、前記冷却流を分流させかつ前記所望の熱伝達及び圧力損失を生じさせるような寸法及び形状である、請求項１乃至請求項３の

いずれか１項記載のタービン翼形部。
【請求項５】
前記凹面形冷却流路並びに第１及び第２の複数のタービュレータ（２０）が鋳造可能である、請求項１乃至請求項４のいずれか１項記載のタービン翼形部。
【請求項６】
前記凹面形冷却流路が半円形である、請求項１乃至請求項５のいずれか１項記載のタービン翼形部。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、タービン翼形部構造に関し、より具体的には、翼形部前縁凹面形内部表面内のタービュレータ構成に関する。
【背景技術】
【０００２】
一般的に、あらゆる冷却式ガスタービン翼形部において、内部冷却の度合を高めることが望まれている。あらゆるそのような翼形部の前縁冷却通路は、翼形部で最も高い熱負荷を受け、そのため最も程度の高い内部冷却を必要とする。この必要性は、Ｇｅｎｅｒａｌ Ｅｌｅｃｔｒｉｃ社のH型システムタービン（登録商標）の蒸気冷却式バケットのような閉回路冷却式翼形部において、特に顕著である（この必要性は、全ての冷却式タービンに対して当てはまるが）。高い熱伝達率、熱伝達の均一性及びさらに低い摩擦係数をも可能にする解決法が、絶え間なく探し求められている。あらゆる解決法はまた、好ましくはインベストメント鋳造法によって製造加工できなけなければならない。
【０００３】
開回路空冷式タービン翼形部では、解決法には一般的に、より低い内部熱伝達を補償するために翼形部前縁におけるフィルム冷却を高めること、或いは十分な圧力ヘッドが使用できる場合には凹面形前縁通路内への衝突熱伝達を高めることが含まれる。壁面噴流噴射による旋回冷却は、もう１つの解決法である。閉回路冷却式翼形部では、解決法は一般的に、凹面形表面上のタービュレータの限られた形態で展開される。
【０００４】
閉回路冷却の現行の技術における主要な解決法は、横断反復型タービュレータの使用であり、すなわちこの場合には、タービュレータは、通路の長手方向軸線に対してほぼ垂直に配置される。図１は、横断タービュレータ３を含む凹面形冷却通路２の従来技術のレイアウトを示す。図２は、冷却通路の凹面形形状を示す端面図である。タービュレータ３が横断型でありかつその各々が連続ストリップである場合には、それらタービュレータは、混合するために流れを妨害することによって従来型の方法で作用する。従来型の方法は、高い熱伝達及び高い摩擦係数につながる。このケースは、翼形部前縁の凹面形形状に関係がない場合である。
【０００５】
図３に示すように流れに対してタービュレータ３を傾斜させることが提案されている。図３の４５度の傾斜形態のように流れに対してタービュレータ３を傾斜させるが、タービュレータ３が依然として凹面形部分内部で連続形態である場合には、流れの一部分は、表面近くでタービュレータ３に追従するように逸らされて半円形形状通路２内に旋回流を形成する。これが、高い熱伝達係数をもたらしながら実質的に摩擦係数を低下させる働きをする。しかしながら、熱伝達の均一性は、高くない。また、この幾何学的形状は、タービュレータ３が凹面形表面全体にわたって連続傾斜しているので、インベストメント鋳造プロセスに適していない。タービュレータ３の鋳造形状におけるバラツキは大きくなり、望ましくないタービュレータの領域が、偏って生じ或いは大きな寸法になる。
【特許文献１】米国特許第５１９７８５２号明細書
【特許文献２】米国特許第５３２８３３１号明細書
【特許文献３】米国特許第６６１１１９７号明細書

【特許文献４】米国特許第５６６０５２５号明細書
【特許文献５】米国特許第５８２２８５３号明細書
【特許文献６】米国特許第６０００９０８号明細書
【特許文献７】米国特許第６１７４１３３号明細書
【特許文献８】米国特許第６１８３１９７号明細書
【特許文献９】米国特許第６２６１０５４号明細書
【特許文献１０】米国特許第６３８６８２７号明細書
【特許文献１１】米国特許第６４２７３２７号明細書
【特許文献１２】米国特許第６４３５８１４号明細書
【特許文献１３】米国特許第６５０４２７４号明細書
【特許文献１４】米国特許第６５０６０１３号明細書
【特許文献１５】米国特許第６５０６０２２号明細書
【特許文献１６】米国特許第６５８９０１０号明細書
【特許文献１７】米国特許第６６４４９２１号明細書
【特許文献１８】米国特許第６６８１５７８号明細書
【特許文献１９】米国特許第６６９５５８２号明細書
【特許文献２０】米国特許第６７２２１３４号明細書
【特許文献２１】米国特許第７０１１５０２号明細書
【特許文献２２】米国特許第７０６６７１６号明細書
【特許文献２３】米国特許第７０８６８２９号明細書
【特許文献２４】米国特許第７１０４０６７号明細書
【特許文献２５】米国特許第７１２１７９６号明細書
【特許文献２６】米国特許第７１３４８４２号明細書
【特許文献２７】米国特許第７１４７４３９号明細書
【特許文献２８】米国特許第７１６３３７６号明細書
【特許文献２９】米国特許第７１８６０９１号明細書
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００６】
従って、摩擦損失がより低い状態で高い熱伝達を生じさせると共にインベストメント鋳造法で鋳造可能なタービュレータの配置を備えた前縁構造を提供することは、望ましいと言える。
【課題を解決するための手段】
【０００７】
例示的な実施形態では、タービン翼形部は、凹面形冷却流路を有する前縁を含む。凹面形冷却流路の前端は、該流路を隣接する領域に分割する。本タービン翼形部は、隣接する領域の一方内に配置された第１の複数のタービュレータと、該隣接する領域の他方内に配置された第２の複数のタービュレータとを含む。第１及び第２の複数のタービュレータは、前端に沿って再結合される対向旋回ストリームとして冷却流を分流させかつ所望の熱伝達及び圧力損失を生じさせるように互いに対して配置される。
【０００８】
別の例示的な実施形態では、タービン翼形部は、冷却流の方向に対して対角で隣接する領域の各々内に配置された複数のタービュレータを含み、該タービュレータは、前端に沿って再結合される対向旋回ストリームとして冷却流を分流させかつ所望の熱伝達及び圧力損失を生じさせるような互いに対する位置に置かれ、またそのようにするような寸法及び形状にされる。
【０００９】
さらに別の例示的な実施形態では、凹面形冷却流路を有するタービン翼形部前縁を構成する方法であって、本方法は、第１の複数のタービュレータ及び第２の複数のタービュレータを備えた凹面形冷却流路を鋳造する段階を含み、その場合に、第１及び第２の複数の

タービュレータは、凹面形冷却流路の前端に沿って再結合される対向旋回ストリームとして冷却流を分流させかつ所望の熱伝達及び圧力損失を生じさせるように互いに対して配置される。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１０】

図５及び図６を参照すると、タービュレータ設計は、流れ及び製造の両方において前縁１０の凹面形特性に適合するように構成される。製造については、このことは、乱流発生メカニズムを２つの隣接する領域又は半部分１６，１８に分割する分割ライン１２を翼形部前端領域１４に沿って可能にすることを意味する。このことは、凹面形領域内における傾斜タービュレータに関連する鋳造のバラツキ及び複雑性を実質的に低減又は解消する。次に、２つのタービュレータ２０の組は、バルク流れ方向（矢印Ａ参照）に対して鈍角αで設定されて、図５に示すように少なくともその一部がタービュレータ２０の方向に追従する表面近くの流れを誘発する。鈍角は、約１３５度であるのが好ましいが、その他の角度を利用して、所望の熱伝達及び圧力損失を発生させることができる。鈍角αは、１２０～１５０°の範囲にある。

【００１１】

２つの隣接するタービュレータ２０の組は、表面近くの流れが２つの対向する方向に進んで、図６に示すように２つの対向旋回流を形成するようにミラーイメージ配置として配向されるのが好ましい。通路１０が凹面形であるので、これらの対向旋回流は、冷却対象の表面から離れた位置で再結合して、次に前端領域１４に戻るように向け直され、従って全体のデュアル旋回流メカニズムを補強する。この意図的なデュアル旋回流は、流れがもはや横断タービュレータによって強制的に乱されないので非常に高い熱伝達率と非常に低い摩擦係数とをもたらす。加えて、循環が冷却流の中心部から外方に冷却対象の金属表面に向けてより低温の流れをもたらし、冷却効果をさらに高める。

【００１２】

この構成は、フィルム抽出あり又はなしの状態で、或いは衝突冷却又は壁面噴射冷却あり又はなしの状態で、を用いて又は用いないで、閉回路冷却と共に或いは空冷式開回路冷却と共に使用することができる。

【００１３】

図５に示すように、隣接する領域１６，１８内のタービュレータ２０は、互い違いの関係で又は中断Ｖ字形状（いわゆる破断シェブロン）として配置される。前端１４における隣接するタービュレータ２０の分離特性は、この領域内の熱伝達を高めるのに対して、代わりに対角の接合タービュレータは、熱伝達をより低下させることになる。破断シェブロン内において２つのタービュレータストリップ２０組を互い違いにすることは、利点を得るための必要条件ではないが、これにより、鋳造のためのより良好な設計が得られることになる。図７及び図８には、シェブロン構成（非中断Ｖ字形状）のタービュレータ２０を示している。図７では、湾曲シェブロンタービュレータ２０は、互い違いでなくかつ前端領域に沿って破断が存在しないように整列している。実際には、鋳造プロセスは、２つのタービュレータ２０の組が異なる角度になっているので、２つのダイプル間の分割ラインがこの幾何学的形状の前端一点鎖線に沿って設置されることを必要とすることになる。分離ラインは、物理的なものであるが、タービュレータ２０間にほとんど無視できるほどの小さなギャップを有することができる。図８では、タービュレータ２０はまた、互い違いではない状態で整列しているが、２つのタービュレータ２０の組間にギャップが存在して、鋳造プロセスをより容易にしている（すなわち、仕様から外れた寸法になり難くする）。

【００１４】

さらに、翼形部前縁通路１０は、厳密に半円形である必要はないといってもほぼ凹面形である。

【００１５】

傾斜タービュレータ２０の対向する組によって誘発された凹面形流路１０内部のデュアル旋回流は、前端領域１４における流れを２つの対向する旋回脚流（図６参照）に分離する働きをする。対向旋回流を強化することにより、高度に分離した乱流においてこれ迄生じていたエネルギー損失を低下させることによって摩擦係数が低下する。強い旋回流は、必要な高い熱伝達レベルを維持し、傾斜タービュレータ２０はまた、より多くの熱伝達面積を付加する。この図示した構成は、インベストメント鋳造法又は一体形鋳造金属部品が得られる当技術分野で公知のいくつかの方法のいずれかによるような従来型の手段によって鋳造可能である。

【００１６】

翼形部を鋳造するための例示的なプロセスは、前縁及び後縁に沿って分割した翼形部の２つの半部分すなわち正圧及び負圧側面に相当する２以上のダイプルを必要とする。タービュレータ２０の幾何学的形状は、セラミックコア及び経済的な数のダイプルによって生じた境界線よって確定される。内部冷却通路表面を形成するセラミックコア用のダイの組、及び翼形部の外部用の別のダイの組がある。各ダイの組は、２以上のダイプルを使用して同様な方式で機能する。

【００１７】

凹面形流路において、エンジンの典型的な無次元流れ条件下で実験室モデル試験を行った。試験は、非乱流通路、横断タービュレータ付き通路（図１）、連続４５度タービュレータ付き通路（図３）、及び上記実施形態の幾何学的形状について行った。結果は、それぞれ、横断タービュレータの熱伝達に少なくとも等しい（表面積が追加されるとより高い）熱伝達と、５０％減少した摩擦係数とを示した。試験がはるかに均一な熱伝達を示したこともまた、明らかである。

【００１８】

現在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。

【図面の簡単な説明】

【００１９】

【図１】横断タービュレータを備えた従来型の冷却通路を示す図。

【図２】凹面形内部表面内におけるタービュレータの位置を示す前縁部分の端面図。

【図３】流れに対して傾斜したタービュレータを含む、図１の構造の場合の問題に対して提案した解決法を示す図。

【図４】図３の凹面形冷却流路の端面図。

【図５】別の傾斜ストリップとして配置したタービュレータを含む凹面形冷却流路を示す図。

【図６】図５に示す凹面形冷却流路の端面図。

【図７】タービュレータの別の配置を示す図。

【図８】タービュレータの別の配置を示す図。

【符号の説明】

【００２０】

１０　前縁
１２　分割ライン
１４　前端領域
１６　半部分
１８　半部分
２０　タービュレータ

【図１】

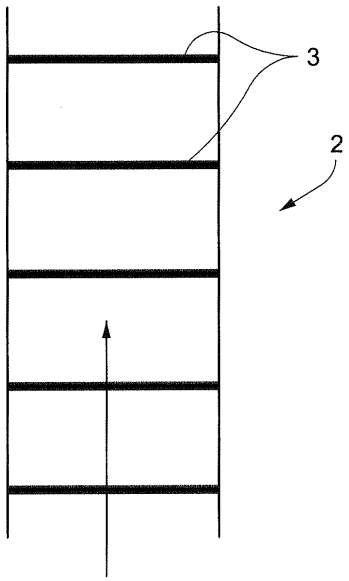


Fig. 1

【図２】

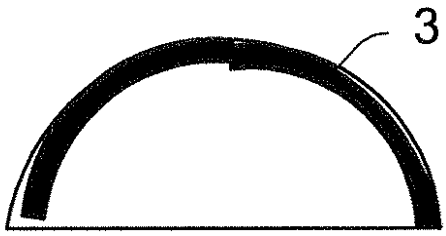


Fig. 2

【図３】

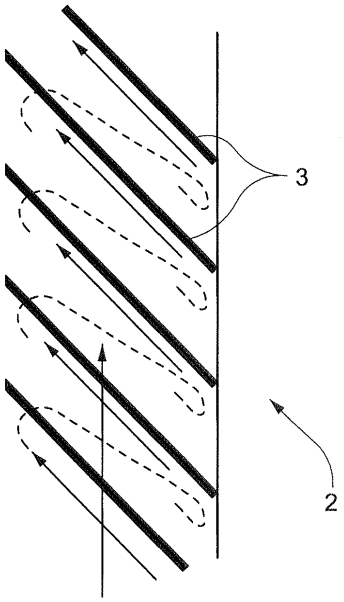


Fig. 3

【図４】

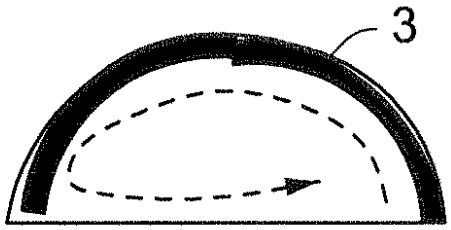


Fig. 4

【図５】

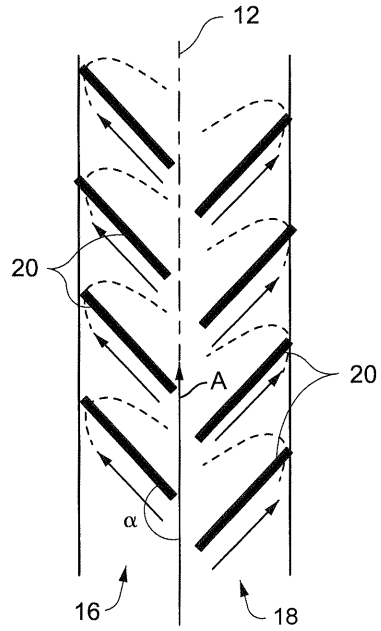


Fig. 5

【図６】

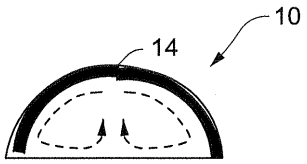


Fig. 6

【図７】

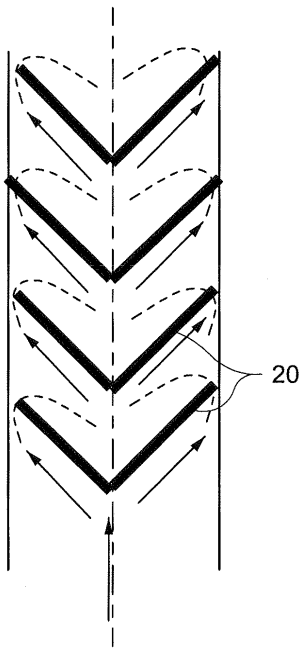


Fig. 7

【図８】

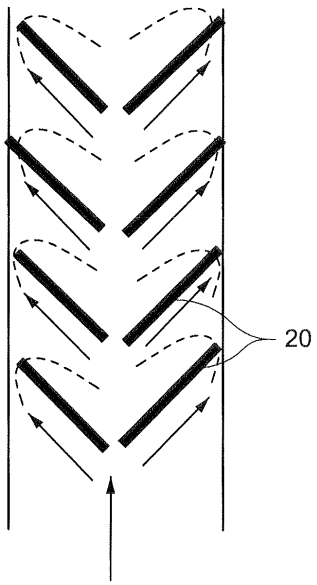


Fig. 8

フロントページの続き

(72)発明者　ゲリー・マイケル・イッツェル
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、シンプソンヴィル、クエイル・リッジ・ドライブ、２１８番

審査官　寺町　健司

(56)参考文献　特開平１１－２４１６０２（ＪＰ，Ａ）
特表２００３－５３３６２１（ＪＰ，Ａ）
特開２００８－００２４６４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｆ０１Ｄ　　１／００－１５／１２
Ｆ０１Ｄ　２３／００－２５／３６
Ｆ０２Ｃ　　１／００－９／５８
Ｆ２３Ｒ　　３／００－７／００