

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第4876206号
(P4876206)

(45) 発行日 平成24年2月15日(2012.2.15)

(24) 登録日 平成23年12月9日(2011.12.9)

(51) Int.Cl.
F 1
FO1D 5/14 (2006.01)

FO1D 5/14

請求項の数 9 外国語出願 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2006-33272 (P2006-33272)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成18年2月10日 (2006.2.10)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(65) 公開番号	特開2006-291949 (P2006-291949A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタディ、リバーロード、1 番
(43) 公開日	平成18年10月26日 (2006.10.26)	(74) 代理人	100137545
審査請求日	平成21年2月9日 (2009.2.9)		弁理士 荒川 聡志
(31) 優先権主張番号	11/106,198	(74) 代理人	100105588
(32) 優先日	平成17年4月14日 (2005.4.14)		弁理士 小倉 博
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100129779
			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、1 2 番
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 三日月形斜面付きタービン段

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

対応するプラットフォーム（16）に一体形に接合されかつ円周方向に間隔を置いて配置されてそれらの間に燃焼ガス（12）を流すためのそれぞれの流路（30）を形成した中実翼形部（14）の列を備え、
前記翼形部（14）の各々が、対向する前縁及び後縁（24、26）間で翼弦にわたり軸方向に延びる凹面形正圧側面（20）と円周方向に対向する凸面形負圧側面（22）とを備え、
前記プラットフォーム（16）の各々が、前記前縁及び後縁（24、26）間で延びる対応するフィレット（40）に沿って前記正圧側面（20）に隣接するその三日月形斜面（32）を備え、
前記斜面（32）が、前記フィレット（40）に沿って半径方向外向きに凸状でありかつ前記前縁及び後縁（24、26）から前記翼形部（14）の翼弦中央部付近の最大高さの頂部（36）までその高さが増大しており、
前記斜面（32）が各々、前記頂部（36）から円周方向外向きに延びかつ前記前縁及び後縁（24、26）との間に間隔を置いて配置された凸状膨出部（44）を含むことを特徴とする低圧タービン段。

【請求項 2】

前記プラットフォーム（16）が、隣り合う翼形部（14）間で前記流路（30）を円周方向に分割する軸方向分割線（38）を備え、

前記斜面（３２）が、前記正圧側面（２０）から円周方向に前記対応する分割線（３８）に向かってその高さが減少することを特徴とする請求項１記載のタービン段。

【請求項３】

前記プラットフォーム（１６）が各々、前記斜面（３２）がそこから前記正圧側面（２０）に向かってその高さが増大する基準外表面（３４）を備え、

前記斜面（３２）が、前記前縁及び後縁（２４、２６）付近で終端しかつそこで前記外表面（３４）に滑らかに連続することを特徴とする請求項２記載のタービン段。

【請求項４】

前記斜面（３２）が、前記頂部（３６）と前縁及び後縁（２４、２６）との間で前記正圧側面（２０）から円周方向外向きに凹状でありかつ前記頂部（３６）から前記前縁及び後縁（２４、２６）に向かってほぼ対称に発散していることを特徴とする請求項３記載のタービン段。

10

【請求項５】

前記斜面（３２）が、前記前縁及び後縁（２４、２６）間で前記基準外表面（３４）から前記フィレット（４０）まで滑らかであることを特徴とする請求項４記載のタービン段。

【請求項６】

前記基準外表面（３４）が、前記前縁及び後縁（２４、２６）の周りに及び前記頂部（３６）の背後の前記翼形部（１４）の負圧側面（２２）に沿って延びることを特徴とする請求項４記載のタービン段。

【請求項７】

20

前記プラットフォーム（１６）の各々が、前記基準外表面（３４）から前記頂部（３６）の背後の前記翼形部（１４）の対応する負圧側面（２２）までその深さが増大する浅い皿形部（４２）をさらに含むことを特徴とする請求項４記載のタービン段。

【請求項８】

前記皿形部（４２）が、半円形であり、前記正圧側面（２０）側の対応する頂部（３６）の背後の前記負圧側面（２２）側に中心をもち、かつ前記前縁及び後縁（２４、２６）の手前において前記基準外表面（３４）で終端することを特徴とする請求項７記載のタービン段。

【請求項９】

前記翼形部（１４）の各々が、その遠位先端端部に一体形に接合された先端シュラウド（２８）をさらに備え、前記プラットフォーム（１６）が、前記前縁（２４）から後縁（２６）まで前記シュラウド（２８）に向かって外向きに傾斜することを特徴とする請求項４記載のタービン段。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、総括的にはガスタービンエンジンに関し、より具体的には、ガスタービンエンジンにおけるタービンに関する。

【背景技術】

40

【０００２】

ガスタービンエンジンでは、空気が、圧縮機内で加圧され、燃焼器内で燃料と混合されて高温燃焼ガスを発生する。タービン段は、燃焼ガスからエネルギーを抽出して圧縮機に動力を供給すると同時に、さらにターボファン式航空機エンジン用途では上流ファンに動力を供給し、或いは船舶及び産業用途では外部駆動シャフトに動力を供給する。

【０００３】

高圧タービン（ＨＰＴ）は、燃焼器の直ぐ後に続き、支持ロータディスクから半径方向外向きに延びる回転する第１段タービンロータブレードの列内に燃焼ガスを吐出する固定タービンノズルを含む。ＨＰＴは、ロータブレード及び対応するタービンノズルの１つ又はそれ以上の段を含むことができる。

50

【0004】

HPTに後続して、一般的にロータブレード及び対応するタービンノズルの複数段を含む低圧タービン（LPT）が配置される。

【0005】

各タービンノズルは、ベーンを支持する弓形バンドの形態をした半径方向外側及び内側端壁を有するステータベーンの列を含む。それに対応して、タービンロータブレードは、半径方向内側端壁又はプラットフォームに一体形に接合された翼形部を備え、この半径方向内側端壁又はプラットフォームは次に、支持ロータディスクの周辺部に形成されたダブテールスロット内に個々のブレードを取付ける対応するダブテールによって支持される。環状シュラウドが、特にHPT内の各タービン段におけるロータ翼形部の半径方向外側先端を囲む。LPTにおいては、シュラウドは一般的に、翼形部先端と一体形に形成される。

10

【0006】

ステータベーン及びロータブレードは、対向する前縁及び後縁間で翼弦にわたり軸方向に伸びるほぼ凹面形の正圧側面とほぼ凸面形の負圧側面とを含む対応する翼形部を有する。隣り合うベーン及び隣り合うブレードは、それらの間に半径方向内側及び外側の端壁によって境界付けられた対応する流路を形成する。

【0007】

作動中、燃焼ガスは、燃焼器から吐出され、ステータベーン間及びロータブレード間に形成されたそれぞれの流路を通して軸方向下流方向に流れる。ベーン及びブレード並びにそれらの間の対応する流路の空気力学的外形は、燃焼ガスからのエネルギー抽出を最大にし、次にそのエネルギーでブレードがそれから延びているロータを回転させるように精密に構成される。

20

【0008】

ベーン及びブレード翼形部の複雑な3次元（3D）構成は、作動の効率を最大にするように調整され、翼長にわたり翼形部に沿って半径方向に変化すると同時に前縁及び後縁間で翼形部の翼弦に沿って軸方向に変化する。従って、翼形部表面上及び対応する流路内における燃焼ガスの速度及び圧力分布もまた変化する。

【0009】

従って、燃焼ガス流路における望ましくない圧力損失は、全タービン効率における望ましくない低下に対応する。例えば、燃焼ガスは、それらの間の流路内で対応するベーン及びブレードの列に流入し、必然的に翼形部のそれぞれの前縁において分割される。

30

【0010】

流入燃焼ガスのよどみ点の位置は、各翼形部の前縁に沿って延び、また対応する境界層は、全体で各流路の4つの側面を境界付ける各翼形部の正圧及び負圧側面並びに各半径方向外側及び内側端壁に沿って形成される。境界層内では、燃焼ガスの局所的速度は、端壁及び翼形部表面に沿ったゼロから境界層が終わる位置の燃焼ガス内の無拘束速度まで変化する。

【0011】

タービン圧力損失の1つの一般的な原因は、燃焼ガスがその移動中に翼形部前縁の周りで分割された時に生じる馬蹄形渦の形成である。全圧力勾配は、翼形部の前縁と端壁との接合部における境界層流内で生じる。翼形部前縁におけるこの圧力勾配は、端壁付近の各翼形部の対向する側面上を下流方向に移動する1対の逆方向回転する馬蹄形渦を形成する。

40

【0012】

これら2つの渦は、各翼形部の対向する正圧及び負圧側面に沿って後方に移動し、それら側面に沿った異なる圧力及び速度分布のために異なる挙動を示す。例えば、コンピュータ解析では、負圧側面渦が端壁から離れるように翼形部後縁に向かって移動し、次に翼形部後縁の後方で該翼形部後縁から後方に流れる正圧側面渦と相互作用することを示している。

50

【0013】

正圧及び負圧側面渦の相互作用は、翼形部の翼長中央部領域付近で発生し、全圧力損失及び対応するタービン効率の低下を引き起こす。これらの渦はまた、乱流を引き起こし、端壁の望ましくない加熱を増大させる。

【0014】

タービンロータブレードとそれらの一体形根元プラットフォームとの接合部並びにノズルステータベーンとそれらの外側及び内側バンドとの接合部において馬蹄形渦が形成されるので、タービン効率の対応する損失及び対応する端壁構成部品の付加的な加熱が生じる。

【特許文献1】米国特許第4194869号公報

10

【特許文献2】米国特許第5397215号公報

【特許文献3】米国特許第5954475号公報

【特許文献4】米国特許第6017186号公報

【特許文献5】米国特許第6283713号公報

【特許文献6】米国特許第6338609号公報

【特許文献7】米国特許第6341939号公報

【特許文献8】米国特許第6354797号公報

【特許文献9】米国特許第6419446号公報

【特許文献10】米国特許第6511294号公報

【特許文献11】米国特許第6561761号公報

20

【特許文献12】米国特許第6669445号公報

【特許文献13】米国特許第6837679号公報

【特許文献14】スイス特許第229266号公報

【特許文献15】フランス特許第1602965号公報

【非特許文献1】Harvey et al, "Non-Asymmetric Turbine End Wall Design: Part 1 Three Dimensional Linear Design System," ASME 99-GT-337, June 1999, pp: 1-9

【非特許文献2】U. S. Patent Application No.11/010,688; filed 12/13/2004, "Fillet Energized Turbine Stage," Ching-Pang Lee [GE158088]

【非特許文献3】U. S. Patent Application No.11/022,121; filed 12/24/2004, "Scalloped Surface Turbine Stage," A. Tam et al [GE161855]

30

【非特許文献4】U. S. Patent Application No.11/035,866; filed 01/10/2005, "Funnell Fillet Turbine Stage," C. Lee et al [GE162846]

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0015】

従って、馬蹄形渦の影響を低減するような改良型タービン段を提供することが望ましい。

【課題を解決するための手段】

【0016】

タービン段は、対応するプラットフォームに接合されてそれらの間に流路を形成した翼形部の列を含む。各翼形部は、対向する正圧及び負圧側面を備えかつ対向する前縁及び後縁間で翼弦にわたり延びる。各プラットフォームは、翼形部の正圧側面に沿って前縁及び後縁から該翼形部の翼弦中央部に向かってその高さが増大する三日月形斜面を含む。

40

【0017】

好ましい例示的な実施形態に従って、添付図面と関連して行った以下の詳細な記載において本発明をその更なる目的及び利点と共に一層具体的に説明する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

図1に示すのは、2つの例示的な第1段LPTタービンロータブレード10であり、これらタービンロータブレード10は、ガスタービンエンジンの対応するタービン段にお

50

るその完全列内で互いに円周方向に隣接している。上述したように、燃焼ガス12は、従来型の燃焼器（図示せず）内で形成され、最初にHPT段を通り、次いでLPTブレード10の列を通して軸方向下流方向に吐出され、これらブレード10が、燃焼ガスからエネルギーを抽出してその上に該ブレードが取付けられている支持ロータディスク（図示せず）を駆動する。

【0019】

タービン段は、完全なブレード列を備え、各ブレードは、その根元端部において対応する半径方向内側端壁又はプラットフォーム16と一体形に接合された対応する翼形部14を有する。各プラットフォームは次に、従来通りにロータディスクの周辺部に対応するタービンブレードを支持するように構成された対応する軸方向挿入式ダブテール18と一体形に接合される。

10

【0020】

各翼形部は、対向する前縁及び後縁24、26間で翼弦にわたり軸方向に延びるほぼ凹面形の正圧側面20と円周方向に又は横方向に対向するほぼ凸面形の負圧側面22とを含む。前縁及び後縁は、翼形部の根元から先端まで翼長にわたり半径方向に延びる。

【0021】

図1に示す例示的なブレード10は、低圧タービン内で使用するように構成され、そのLPT翼形部14は、高圧タービンの一般的に短い翼形部よりも半径方向翼長が比較的長い。LPT翼形部14は、一般的に内部冷却されないもので一般的には中実であり、それらの中実の半径方向断面は、図1及び図2に示すように、根元から先端まで何らの内部空隙又はチャンネルも有しないが、HPT翼形部は、その内部冷却のために中空である。

20

【0022】

図1に示すように、各翼形部14は、その遠位先端端部に一体形に接合された先端シュラウド28を備え、隣り合う先端シュラウドが、完全なLPTロータブレード列の周りに完全なセグメント式環状シュラウドを形成する。

【0023】

LPT構成において、プラットフォーム16は一般的に、各ブレードの前縁24から後縁26まで先端シュラウド28に向かって半径方向外向きにかつ後方に傾斜している。各翼形部の半径方向翼長又は高さは一般的に、前縁から後縁まで傾斜したプラットフォームに沿って軸方向下流方向に増大する。

30

【0024】

図1及び図2に示す例示的なタービンブレードは、作動中に燃焼ガス12からエネルギーを抽出すようになったあらゆる従来型の構成の翼形部、プラットフォーム及びダブテールを有することができる。上述したように、プラットフォーム16は、翼形部の根元端部に接合され、燃焼ガス12のための半径方向内側流れ境界面を形成する。

【0025】

ブレードは、ロータディスク周辺部の周りに列の形態で取付けられ、隣り合う翼形部14は、円周方向又は横方向に間隔を置いて配置されて作動中にそれらの間に燃焼ガス12を軸方向下流方向に流すための流路30を形成する。

【0026】

40

従って、図1及び図2に示すタービン段内の各翼形部間流路30は、1つの翼形部の正圧側面20と、次の隣接する翼形部の負圧側面22と、隣り合うプラットフォーム16の対応する正圧側及び負圧側部分と、完全なタービンブレード列内の翼形部の半径方向外側先端端部に配置された半径方向外側先端シュラウド28とによって形成されかつ境界付けられる。

【0027】

「背景技術」の項で上述したように、燃焼ガス12は、作動中に対応する流路30を通して流れ、必然的に個々の翼形部14によって分割される。高速度の燃焼ガスは、対応する翼形部前縁24において円周方向に分割され、この前縁においてよどみ圧力が生じ、また翼形部の対向する正圧及び負圧側面に沿って対応する境界層が形成される。

50

【0028】

さらに、燃焼ガスはまた、プラットフォームとの接合部において翼形部前縁の周りでガスが分割される時に、個々のブレードプラットフォーム16に沿っても境界層を形成する。

【0029】

従って、ブレードプラットフォームに沿った分割燃焼ガスの流れは、図1に示すように、1対の逆方向回転する馬蹄形渦を生じ、これらの渦は、各翼形部の対向する正圧及び負圧側面に沿って流路を通して軸方向下流方向に流れる。これらの馬蹄形渦は、境界層内に乱流を引き起こし、また翼形部の翼長中央部領域に向かって半径方向外向きに移動して、全圧の損失を引き起こし、タービン効率を低下させる。

10

【0030】

図1に示す例示的なタービンロータ段は、一般的な方式で燃焼ガスからエネルギーを抽出してファンに動力を供給するための第1段LPTRロータとして特別に設計されたようなあらゆる従来型の構成を有することができる。「背景技術」の項で上述したように、流入燃焼ガス12は、翼形部前縁24に沿って分割されて対応する流路30を軸方向に通って下流方向に流れる。

【0031】

正圧側面20の凹面形輪郭及び負圧側面22の凸面形輪郭は、燃焼ガスからのエネルギー抽出を最大にするために異なる速度及び圧力分布を生じるように特別に構成される。また、プラットフォーム16は、燃焼ガスの境界面になる半径方向内側端壁を形成し、ガスはさらに、周り囲む先端シュラウド28によって半径方向外側も境界付けられる。

20

【0032】

この構成では、プラットフォームと前縁との接合部において流入する燃焼ガスは、翼形部の対向する正圧及び負圧側面に沿って流路を進む馬蹄形渦の影響を受ける。上述したように、これらの渦は乱流を引き起こし、タービン段の空気力学的効率を低下させ、プラットフォームの熱伝達加熱を増大させる。

【0033】

従って、図1に始めに示したプラットフォーム16は、馬蹄形渦の強さを減少させるような燃焼ガスの境界面となる傾斜した流れ表面を有するように特殊な形状に構成される。傾斜プラットフォームの例示的な構成は、基準軸対称プラットフォームからの共通高さのアイソクライン（等斜褶曲）を有する状態で図1にその全体を示している。また図2は、アイソクラインを平面図でより詳細に示す。

30

【0034】

最新のコンピュータ流体力学を使用して、馬蹄形渦を弱めかつそれに対応してタービン効率を向上させるようにプラットフォームの特殊な3D外形を検討しかつ定めた。図1及び図2に示すプラットフォーム16の各々は、基準ゼロ（0）面を定めるその他の点では従来型のプラットフォームの基準軸対称外表面34に対して流路30内に上向き（+）に隆起した局所的三日月形又は三日月斜面32を含む。

【0035】

翼形部14の具体的な寸法及び間隔は、特定のエンジン設計及びそれを通して流れる質量流量に合わせて選択される。翼形部の弓形側壁は一般的に、円周方向にそれらの間で前縁から後縁まで軸方向下流方向に収束する流路30を形成する。

40

【0036】

図2に示すように、各翼形部は、その対応する三日月形状を形成する比較的大きな角度のキャンバを有する。それに対応して、プラットフォーム斜面32は、該斜面の位置が翼形部の正圧側面20の大半部分に沿っているために、三日月形状を有する。また、等しい高さのアイソクラインもまた、それらアイソクラインが翼形部正圧側面20で終わった状態での対応する三日月形状を呈する。

【0037】

1つの翼形部の後縁は一般的に、隣接する翼形部の負圧側面の翼弦中央部付近における

50

その垂直方向交差点に沿って最小流れ面積のスロート部を形成する。そのスロート部の最小流れ面積を含む流路 30 の流れ面積は、所定のエンジン用途に対して予め選択され、従ってプラットフォーム 16 によって形成された半径方向内側端壁及び先端シュラウド 28 によって形成された半径方向外側端壁の両方によって調整される。

【0038】

従って基準プラットフォーム面 34 は、タービン段の円周の周りの円弧によって形成された従来型の軸対称表面として都合良く定めることができ、また図 2 に示すゼロ基準高さとして使用することができる。従って、プラットフォーム斜面 32 は、ゼロ基準平面又は表面から半径方向外向きにその高さが隆起（+）し、その翼形部の根元端部との接合部において翼形部の半径方向翼長を局所的に減少させる。

10

【0039】

図 2 及び図 3 に示すように、プラットフォーム斜面 32 は、該斜面が各翼形部の正圧側面と接合する時に、その半径方向高さつまり基準外表面 34 に対する高さ A が増大する。図 2 は、基準表面 34 上方の等しい高さ（+）のアイソクラインを示しており、これらアイソクラインは、その大きさが直線的に増大し、それらに対して任意の数値 1～9 を割り当てている。

【0040】

図 2 に示す斜面 32 の各々は、翼形部の翼弦中央部付近に配置された最大高さのピーク又は頂部 36 を備え、この頂部は最大の大きさ 9 に相当しており、例示的な実施形態では約 5.2 mm とすることができる。翼形部 14 の LPT 構成及びその比較的大きなキャンバを考慮すると、頂部 36 は、対向する前縁及び後縁ではなくて翼形部の翼弦中央部領域に近接して、つまり翼形部の翼弦中央部から翼弦長さの約 ±10% 以内に設置される。

20

【0041】

図 2 に示す例示的な実施形態では、プラットフォーム斜面 32 のアイソクラインは、斜面が、頂部 36 から正圧側面 20 に沿ってほぼ対称に、かつ隣り合う翼形部間でのその円周方向の広がりに沿って翼形部の前縁及び後縁 24、26 に向かって外向きに発散していることを示している。

【0042】

図 2 の上面図及び図 3 の半径方向断面図に示すプラットフォーム 16 は、該プラットフォームの対応する円周方向端縁部によって形成された対応する軸方向分割線 38 を有し、これらの軸方向分割線 38 は、隣り合う翼形部 14 の対向する正圧及び負圧側面間に形成された対応する流路 30 を円周方向に分割する。

30

【0043】

それに対応して、プラットフォーム斜面 32 の各々は、円周方向に各翼形部の正圧側面 20 から対応する分割線 38 に向かって円周方向にその高さが減少する。従って、個々のプラットフォーム斜面には、プラットフォームの周縁部付近で始まり翼形部の正圧側面に対して上向きに滑らかに連続する、プラットフォーム外表面内の局所的高所部が形成される。

【0044】

図 2 及び図 3 はまた、斜面 32 がそこから正圧側面 20 に向かってその高さが増大する基準外表面 34 を示す。この基準外表面 34 は、何ら斜面を付加しない状態での一般的な低圧タービンの従来型の軸対称又は円筒形表面であることになる。

40

【0045】

図 2 は、翼形部正圧側面 20 の三日月形又は凹面形外形に従ったプラットフォーム斜面 32 の三日月形状又は輪郭を最も良く示している。各斜面 32 は、軸方向に前縁及び後縁 24、26 付近で終端し、そこで基準外表面 34 に滑らかに連続するのが好ましい。

【0046】

それに対応して、各斜面 32 はまた、対応する軸方向分割線 38 において又はその付近において円周方向に終端するのが好ましい。このようにして、プラットフォーム斜面 32 の全体構成は、頂部の平面内においては円周方向に比較的大きな幅を有し、また斜面が終

50

端しかつプラットフォームの基準外表面に滑らかに連続する翼形部の対向する前縁及び後縁に向かっては軸方向に幅が減少する三日月形である。

【0047】

翼形部正圧側面に沿ったプラットフォーム斜面32の好ましい位置及び構成を使用して、さらに以下に説明するように、馬蹄形渦の強さを減少させかつタービン効率を向上させる利点を得ることができる。各三日月形斜面32は、具体的なLPT設計を馬蹄形渦の悪影響を低減するように特別に調製又は構成することができる。最新のコンピュータ解析により、この斜面設計の利点を最大にするように斜面設計を反復することが可能になる。

【0048】

図3は、プラットフォーム斜面の頂部を通る半径方向断面図であり、斜面が翼形部正圧側面20から分割線におけるその終端部まで円周方向外向きに凹状であるのが好ましいことを示している。図3はまた、頂部36と該頂部の両側の前縁及び後縁24、26との間のその他の軸方向位置における斜面の同様な凹状断面も表しており、これらの断面は、その位置における寸法が減少している。

【0049】

図3及び図4に示す凹状斜面32は、その外側周縁部において該凹状斜面がそこから延びるプラットフォームに滑らかに連続し、また対応する弓形又は凹形フィレット40に沿って対応する翼形部正圧側面20に隣接している。小さなフィレット40は、前縁及び後縁24、26間の斜面の軸方向範囲全体に沿って、各プラットフォーム斜面と対応する翼形部正圧側面との間に滑らかな移行部を形成する。

【0050】

図4に最も良く示すように、斜面32の各々はまた、フィレット40に沿って軸方向に凸状であり、対向する前縁及び後縁24、26からそれらの軸方向間の最大高さの頂部36までその高さが増大する。

【0051】

図4～図6は、プラットフォーム斜面32の表面外形をより良く示すために、コンピュータで作成した格子パターンを重ね合せたプラットフォーム斜面32の好ましい実施形態を示す。図4は、斜面32の中央頂部36の両側において斜面32がほぼ対称であることを示している。図5及び図6は、翼形部正圧側面に沿って斜面32が滑らかに連続し、かつ対向する前縁及び後縁において斜面32が終端することを示している。

【0052】

図4～図6は、コンピュータ流体力学解析によって作成した例示的な実施形態を示しており、この実施形態では、プラットフォーム斜面32は、プラットフォームの基準外表面におけるその外縁部から翼形部の正圧側面上のフィレット40まで、前縁及び後縁24、26間の斜面の全範囲にわたって滑らかである。

【0053】

図2にさらに示すように、プラットフォーム斜面32は、プラットフォームの前方側においては前縁24の直ぐ手前で終端し、またプラットフォームの後方側においては後縁26の直ぐ手前で終端する。従って斜面は、前縁及び後縁の両方においてその高さが減少して基準外表面34に戻る。

【0054】

図1に示す例示的なLPTブレード10は、重量及びコストを低減するために一般的なより高い剛率のLPTよりも比較的低い剛率を有し、完全列内により少ない数のブレードを有する。しかしながら、ブレードの数が少ないことにより、各ブレードは燃焼ガスからより多くのエネルギーを抽出することが必要であり、従ってこのことにより、各翼形部においてより大きなキャンバと揚力性能とが必要になる。

【0055】

ブレードの数を減少させると、ブレード間の円周方向間隔又はピッチが増大し、それに応じて半径方向内側プラットフォーム16及び半径方向外側先端シュラウド28によって形成された半径方向端壁の空気力学的影響が増大する。

【0056】

空気力学的設計において翼形部の揚力性能を表すのに、通常のツバイフェル（Zweifel）数が使用される。ツバイフェル数は、隣り合う翼形部間の円周方向間隔、翼形部の軸方向幅、前縁及び後縁に沿った翼形部の半径方向高さ並びに前縁及び後縁における相対的流入及び流出角度の関数である。

【0057】

最新の従来型タービン段においては、ツバイフェル数は1.0に等しい。タービンプレードの数が減少するにつれて、ツバイフェル数は、高揚力タービンの場合には1.25まで、また超高揚力タービンの場合には1.35まで増大する。タービン段における低剛率及び高ツバイフェル数は、各ブレードプラットフォームの表面積を増大させ、従って全タービン効率に対する表面積の影響を増大させる。

10

【0058】

図2に示す例示的なタービン段は、低い剛率と1.0よりも大きい高いツバイフェル数とを有し、それに応じて大きなブレードプラットフォーム16を有する。プラットフォーム斜面32は、翼形部正圧側面における空気力学的利点を得るために軸方向分割線までのプラットフォーム表面積の大部分にわたって使用することができる。

【0059】

また各プラットフォームはさらに、翼形部の対向する側の隆起した斜面32を補完するために、各翼形部の負圧側面22に沿って浅い凹部又は皿形部42を含むことができる。皿形部42は、図3に示すように、対応する軸方向分割線38付近の基準外表面34から最大高さの対応する頂部36の直ぐ背後の翼形部14の対応する負圧側面22までその深さBが増大する。

20

【0060】

各ブレードプラットフォーム内の個々の皿形部42は、半円形であり、かつ正圧側面20の対応する頂部36の背後の負圧側面22側に中心をもつのが好ましい。各皿形部42はまた、該皿形部42の両側で対応する前縁及び後縁24、26から間隔を置いてつまり前縁及び後縁24、26の手前において基準外表面34で終端する。

【0061】

図2に示すように、皿形部は、基準外表面よりも下方に深さ（-）が増大する4つのアイソクラインによって表され、皿形部の最大深さは、この実施形態では頂部の最大高さの約半分、つまり約 $+9/2$ よりも小さい約 -4 である。言い換えると、皿形部は、斜面の高所部と比べて比較的浅く、作動中に両者が協働して馬蹄形渦の悪影響を低減するようにして、それに対応して特にプラットフォーム端壁におけるタービン効率を増大させる。

30

【0062】

図7～図9に示すのは、LPT段の別の実施形態であり、この実施形態では、タービンロータブレード10は、通常の剛率値及び1.0のツバイフェル数を有する列の形態で配置される。この構成では、上述した前の実施形態と比べて個々の列内のタービンプレードの数がより多いことにより、それに対応して各ブレードの個々のプラットフォーム16の表面積は減少する。従って、軸方向分割線38は、個々の翼形部の対向する正圧及び負圧側面に対してより近接して配置され、その中にプラットフォーム斜面32を配置することができる表面積が減少する。

40

【0063】

第2の実施形態の図7～図9は、第1の実施形態の図1～図3に対応しており、その異なるタービン段は、反対方向に回転することになることを理解されたい。図1は、タービン段の時計方向の回転に対する矢印を示し、他方図7は、タービン段の反時計方向の回転に対する矢印を示しており、対応する翼形部14は、互いの鏡像になっている。

【0064】

それにも拘わらず、これら2つの実施形態は、互いにほぼ同様であって、両者共に翼形部の正圧側面20側にほぼ対称な三日月形斜面32を含む。

【0065】

50

しかしながら、特に翼形部の負圧側面側においてプラットフォームがより小さいことを考慮して、第1の実施形態の浅い皿形部42は、第2の実施形態では利用しない。その代わりに図8及び図9は、基準外表面34が、プラットフォームの前端部及び後端部において前縁及び後縁24、26の周りに延び、またさらに対応する軸方向分割線に沿った各翼形部の負圧側面22全体に沿って延びていることを示している。

【0066】

従ってプラットフォーム16の全負圧側面は、従来型の軸対称表面輪郭を有し、隆起した斜面32は、対応する軸方向分割線までプラットフォームの利用可能な表面積の大部分にわたって、翼形部の正圧側面側だけに導入される。図9に示すように、斜面32は、翼形部の正圧側面側のその頂部36までその高さが増大し、翼形部の対向する負圧側面側のプラットフォームは、その外表面の通常の半径方向位置を有し、この半径方向位置が、そこから斜面を半径方向外向きに測定する基準面を形成する。

10

【0067】

上述した第1の実施形態では、斜面32は、ほぼその全表面積にわたり滑らかであって、翼形部の正圧側面のフィレット40及び対応する軸方向分割線と円周方向に滑らかに連続している。これらの斜面32はまた、プラットフォームの対向する前端部及び後端部に沿って該プラットフォームの基準外表面と軸方向に滑らかに連続している。

【0068】

しかしながら、図7～図9に示す別形実施形態は、性能を高めるために滑らかな斜面32を局所的に変更することができることを示している。例えば、各斜面32はまた、頂部36から分割線に向かって円周方向外向きに延びかつ前縁及び後縁24、26との間に軸方向に間隔を置いて配置された局所的な凸状膨出部44を含むことができる。

20

【0069】

図8及び図9に示す例示的な膨出部44は、これを除けば凹状である斜面32の湾曲面における局所的な変化である。膨出部44は、斜面32の軸方向及び円周方向中央部付近に設置され、軸方向及び円周方向の両方向に凸状の輪郭を有し、その周縁部の周りで凹状斜面と滑らかに連続している。

【0070】

局所的膨出部44は、隆起斜面32と協働して、作動中に発生した馬蹄形渦の悪影響を低減し、それに対応してタービン効率を増大させるようにする。

30

【0071】

上に開示した例示的な実施形態では、個々の流路30は、1つの翼形部の正圧側面と次の隣接する翼形部の負圧側面との間に形成され、また半径方向内端部において対応する軸方向分割線38において相接した2つのプラットフォーム16の対応する部分によって境界付けられる。

【0072】

従って、1つの翼形部の正圧側面側のプラットフォーム斜面32は、隣のプラットフォームが図8に示す基準構成を有する場合であれ又は図2に示す浅い皿形部構成を有する場合であれ、該隣のプラットフォームの負圧側面側のプラットフォームと協働する。

【0073】

40

隆起又は陥凹形状部がない状態の従来型の軸対称プラットフォームと比べて上記のように変更したプラットフォームを使用して、作動中に対応するプラットフォームに沿って生じる馬蹄形渦の悪影響を低減する利点を得ることができる。これらの実施形態に示すLP Tブレードに共通しているのは、翼形部の比較的大きなキャンバであり、このことにより、翼形部の正圧側面の大半部分に沿って相補的な三日月形斜面32を導入することが可能になる。斜面の最大高さは、各翼形部の翼弦中央部領域付近に設置され、斜面は、それに対応して翼形部の前縁に向かって前方及び後縁に向かって後方の両方に向かってほぼ対称になる。

【0074】

隣り合う翼形部間の隆起斜面を使用することによって、流入する馬蹄形渦は、その斜面

50

の周りでの燃焼ガスの局所的な流線の湾曲によって、横方向にオフセットさせることができる。それに対応して、馬蹄形渦の半径方向外向きの移動は、変更したプラットフォーム外表面によって流路内で早期に阻止することができる。

【0075】

以上においては、斜面付きプラットフォームをLPTロータ段用として開示してきたが、斜面付きプラットフォームはまた、タービンノズル段にも適用することができる。タービンノズルにおいては、タービンベーンは、一般的に中心軸線の周りで軸対称円形輪郭である半径方向外側及び内側端壁又はバンド内に一体形に取付けられる。内側及び外側バンド又はプラットフォームの両方には、タービンノズルベーンの対向する端部において発生した対応する馬蹄形渦の悪影響を低減するために上に開示したのと同様な方式で斜面を設けることができる。

10

【0076】

従って斜面付きプラットフォームは、あらゆるタイプのタービンエンジンにおいてまたあらゆるタイプのタービン翼形部において空気力学的効率を高めるために使用することができる。更なる実施例としては、翼形部がロータディスクの周辺部と一体形に形成されたタービンロータブリスクが含まれる。LPTブレードは一般的に、一体形の先端シュラウドを含むので、それらのシュラウド又はプラットフォームもまた、それらが各翼形部の遠位端部と接合する場所に三日月形斜面を含むことができる。

【0077】

今や最新のコンピュータ流体力学解析は、馬蹄形渦を低減してタービン効率を増大させるための斜面付きプラットフォームの様々な置換を評価するのを可能にする。三日月形斜面の具体的な外形は、特定の設計に応じて変化することになるが、翼形部正圧側面側の斜面の形態は、特に燃焼ガスが翼形部前縁上で分割された時に生じる馬蹄形渦の悪影響を低減するためには同じままであることになる。

20

【0078】

本明細書では本発明の好ましく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、本明細書の教示からその他の変更も当業者には明らかになる筈であり、従って、全てのそのような変更は、本発明の技術思想及び技術的範囲内に含まれるものとして特許請求の範囲で保護されることが望まれる。

【0079】

従って、本特許によって保護されることを望むものは、特許請求の範囲に記載しかつ特定した発明である。

30

【図面の簡単な説明】

【0080】

【図1】低圧タービン段列における例示的なタービンブレードの前方から後方に見た斜視図。

【図2】プラットフォーム表面のアイソクラインを含む、線2-2に沿って取った、図1に示すブレードの平面断面図。

【図3】線3-3に沿って取った、図2に示すブレードの半径方向断面図。

【図4】線4-4に沿って取った、図2に示すブレードの正圧側面に隣接するプラットフォーム斜面の側面斜視図。

40

【図5】前縁側から見た、図4に示す翼形部正圧側面に接合したプラットフォーム斜面の別の斜視図。

【図6】表示を明確にするために翼形部の外側端部を除去した状態の、図5に示すプラットフォーム斜面の拡大斜視図。

【図7】別の実施形態によるプラットフォーム斜面を有するLPTブレードの、図1と同様の斜視図。

【図8】線8-8に沿って取った、図7に示すブレードの平面断面図。

【図9】線9-9に沿って取った、図8に示すブレードの半径方向断面図。

【符号の説明】

50

【0081】

- 10 第1段LPTタービンロータブレード
- 12 燃焼ガス
- 14 翼形部
- 16 プラットフォーム
- 18 ダブテール
- 20 正圧側面
- 22 負圧側面
- 24 前縁
- 26 後縁
- 28 先端シュラウド
- 30 翼形部間流路
- 32 プラットフォーム斜面
- 34 基準外表面
- 36 頂部
- 38 軸方向分割線
- 40 フィレット
- 42 浅い皿形部
- 44 膨出部

10

【図1】

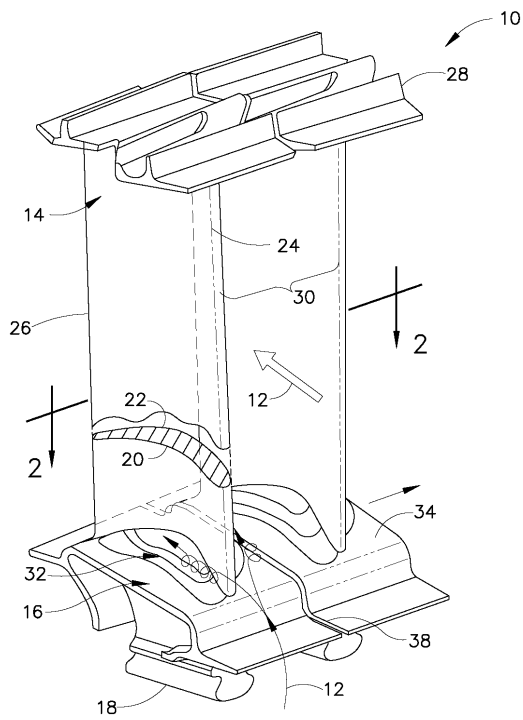


FIG. 1

【図2】

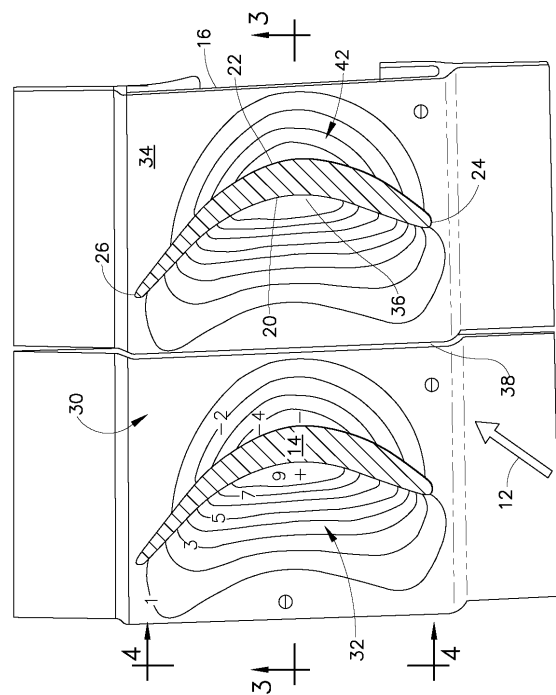


FIG. 2

【図 3】

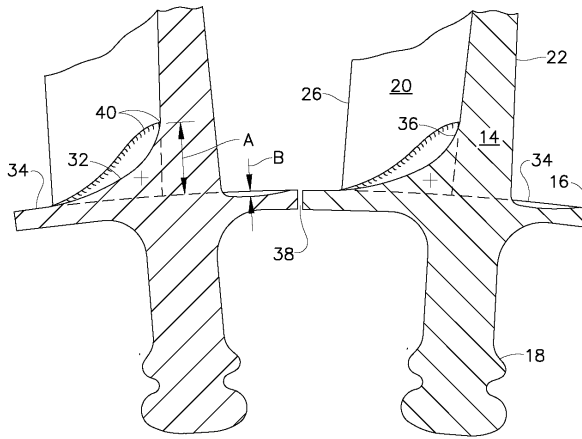


FIG. 3

【図 4】

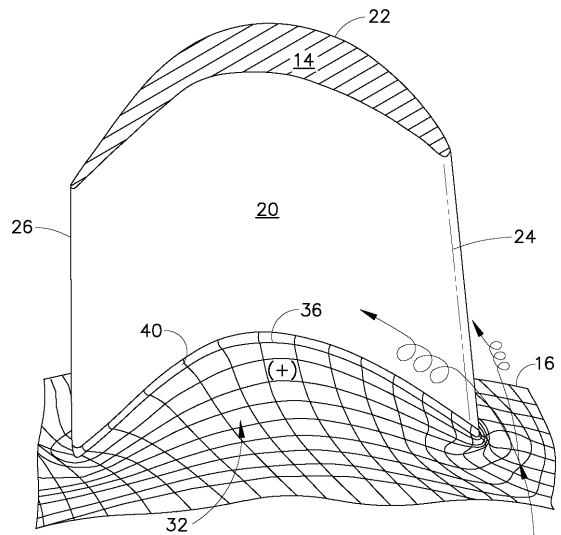


FIG. 4

【図 5】

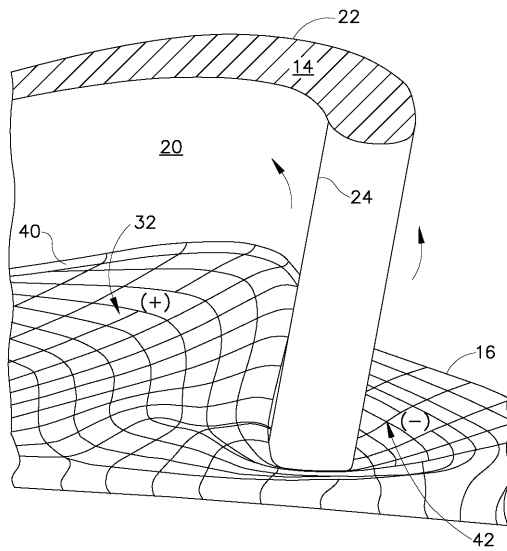


FIG. 5

【図 6】

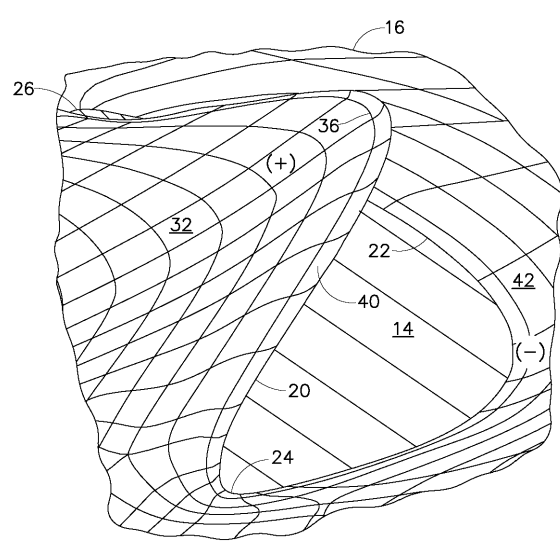


FIG. 6

【図 7】

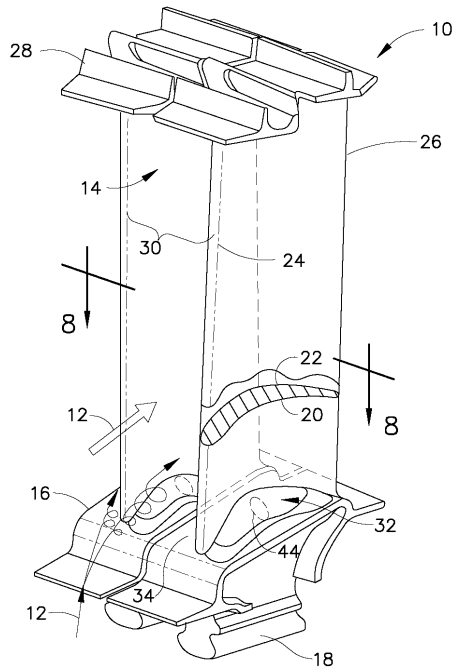


FIG. 7

【図 8】

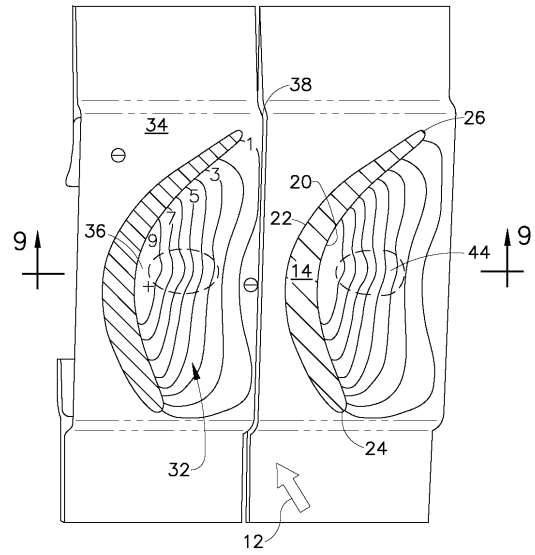


FIG. 8

【図 9】

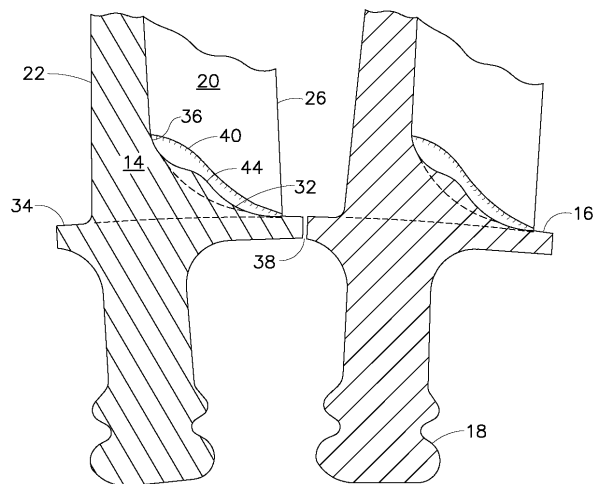


FIG. 9

フロントページの続き

- (72)発明者 アナ・タム
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、クリフトン・パーク、タナー・ロード、730番
- (72)発明者 ケビン・リチャード・カートリー
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スコットリア、ボールストン・ロード・ナンバー46、435番
- (72)発明者 スコット・ヘンリー・ラムソン
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、メナズ、ブルックサイド・アベニュー、3番

審査官 出口 昌哉

- (56)参考文献 特開平11-002101 (JP, A)
特開昭58-032903 (JP, A)
米国特許第06283713 (US, B1)
特表昭57-502074 (JP, A)
特開2002-054401 (JP, A)
特開2002-276301 (JP, A)
特開2004-278517 (JP, A)
特開平10-238307 (JP, A)
特開2006-170198 (JP, A)
米国特許第4194869 (US, A)
米国特許第5397215 (US, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F01D 5/12-5/16