

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7271093号
(P7271093)

(45)発行日 令和5年5月11日(2023.5.11)

(24)登録日 令和5年4月28日(2023.4.28)

(51)国際特許分類

F I

F 0 1 D 5/18 (2006.01) F 0 1 D 5/18

F 0 2 C 7/18 (2006.01) F 0 2 C 7/18 A

請求項の数 9 外国語出願 (全14頁)

(21)出願番号	特願2018-104177(P2018-104177)	(73)特許権者	390041542
(22)出願日	平成30年5月31日(2018.5.31)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(65)公開番号	特開2019-23462(P2019-23462A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州 1 2
(43)公開日	平成31年2月14日(2019.2.14)		3 4 5、スケネクタデイ、リバーロード
審査請求日	令和3年5月21日(2021.5.21)		、1 番
(31)優先権主張番号	15/615,876	(74)代理人	100105588
(32)優先日	平成29年6月7日(2017.6.7)		弁理士 小倉 博
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)	(74)代理人	100129779
			弁理士 黒川 俊久
		(74)代理人	100113974
			弁理士 田中 拓人
		(72)発明者	マーク・アンドリュース・ジョーンズ
			アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・
			2 9 6 1 5、グリーンヴィル、メイルス
			トップ：マリオン、ガーリントン・ロー
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ターボ機械ロータブレード

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ターボ機械（10）用のロータブレード（100）であって、当該ロータブレード（100）が、
少なくとも1つの冷却通路（142）を画定する翼形部（114）であって、前縁（124）から後縁（126）まで延びるキャンパーライン（136）をさらに画定する翼形部（114）と、
前記翼形部（114）に結合した先端シュラウド（116）と
を備えており、
前記先端シュラウド（116）及び前記翼形部（114）が、前記少なくとも1つの冷却通路（142）に流体結合したコア（162）を画定しており、前記コア（162）が複数の出口開口（160）を備えていて、前記複数の出口開口（160）の各々が、前記先端シュラウド（116）の外面に画定された開口部（161）を備えており、
前記複数の出口開口（160）のうちの第1の出口開口（160'）が、冷却流体（180）を、該第1の出口開口（160'）の開口部（161'）を通して、前記後縁（126）における前記キャンパーライン（136）と平行な方向と15度以内の方向（182）で排気するように方向付けられており、前記複数の出口開口（160）のうち第2の出口開口（160''）が、冷却流体（180）を、該第2の出口開口（160''）の開口部（161''）を通して、前記後縁（126）における前記キャンパーライン（136）と平行な方向から15度より大きい方向（192）で排気するように方向付けられており、前記コ

ア（１６２）が、前記先端シュラウド（１１６）内に画定される本体空洞（１５６）を備えており、前記複数の出口開口（１６０）の各々が前記本体空洞（１５６）と流体連通しており、前記コア（１６２）が、前記先端シュラウド（１１６）内に画定される中央プレナム（１５４）をさらに備えており、前記中央プレナム（１５４）が、前記少なくとも１つの冷却通路（１４２）と流体連通しているとともにクロスオーバー開口（１５８）を介して前記本体空洞（１５６）とも流体連通している、ロータブレード（１００）。

【請求項２】

前記第１の出口開口（１６０'）が、複数の第１の出口開口（１６０'）である、請求項１に記載のロータブレード（１００）。

【請求項３】

前記第１の出口開口（１６０'）の開口部（１６１'）が、前記先端シュラウド（１１６）の非ラジアル面に画定されている、請求項１又は請求項２に記載のロータブレード（１００）。

【請求項４】

前記非ラジアル面が後縁面（１７２）である、請求項３に記載のロータブレード（１００）。

【請求項５】

前記第１の出口開口（１６０'）が、冷却流体（１８０）を、前記第１の出口開口（１６０'）の開口部（１６１'）を通して、前記後縁（１２６）における前記キャンパーライン（１３６）と平行な方向と５度以内の方向（１８２）で排気するように方向付けられている、請求項１乃至請求項４のいずれか１項に記載のロータブレード（１００）。

【請求項６】

前記第２の出口開口（１６０''）が、複数の第２の出口開口（１６０''）である、請求項１乃至請求項５のいずれか１項に記載のロータブレード（１００）。

【請求項７】

前記第２の出口開口（１６０''）の開口部（１６１''）が、前記先端シュラウド（１１６）の非ラジアル面に画定されている、請求項１乃至請求項６のいずれか１項に記載のロータブレード（１００）。

【請求項８】

前記非ラジアル面が前縁面（１７０）である、請求項７に記載のロータブレード（１００）。

【請求項９】

前記非ラジアル面が正圧面（１７４）又は負圧面（１７６）のうちの１つである、請求項７に記載のロータブレード（１００）。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本開示は、概して、ターボ機械に関する。より詳細には、本開示は、ターボ機械用のロータブレードに関する。

【背景技術】

【０００２】

ガスタービンエンジンは、一般に、圧縮機セクション、燃焼セクション、タービンセクション、および排気セクションを含む。圧縮機セクションは、ガスタービンエンジンに流入する作動流体の圧力を徐々に増加させ、この圧縮された作動流体を燃焼セクションに供給する。圧縮された作動流体および燃料（例えば、天然ガス）は、燃焼セクション内で混合され、燃焼チャンバ内で燃焼されて、高圧および高温の燃焼ガスを生成する。燃焼ガスは、燃焼セクションからタービンセクションに流れ、そこで膨張して仕事を発生させる。例えば、タービンセクションにおける燃焼ガスの膨張は、例えば発電機に接続されたロータシャフトを回転させて、電気を発生させることができる。次いで、燃焼ガスは、排気セクションを介してガスタービンから排気される。

10

20

30

40

50

【0003】

タービンセクションは、一般に、複数のロータブレードを含む。各ロータブレードは、燃焼ガスの流れの中に配置された翼形部を含む。この点で、ロータブレードは、タービンセクションを通して流れる燃焼ガスから運動エネルギーおよび／または熱エネルギーを抽出する。あるロータブレードは、翼形部の半径方向外側の端部に結合された先端シュラウドを含んでもよい。先端シュラウドは、ロータブレードを越えて漏出する燃焼ガスの量を低減する。フィレットが翼形部と先端シュラウドとの間の移行部となってもよい。

【0004】

ロータブレードは、一般に極端に高温の環境で動作する。このように、ロータブレードの翼形部および先端シュラウドは、様々な通路、空洞、および開口を画定することができ、これらを通して冷却流体が流れることができる。しかしながら、様々な通路、空洞、および開口の従来の構成は、ロータブレードの耐用年数を制限し、高価で時間を要する製造プロセスを必要とする。さらに、場合によっては、このような従来の構成は、高温ガス流の乱れをもたらし、空力性能を低下させることがある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】米国特許7946816号明細書

【発明の概要】

【0006】

本技術の態様および利点は、その一部を以下の説明に記載しており、またはその説明から明らかになり、または本技術の実施により学ぶことができる。

【0007】

一実施形態によれば、ターボ機械用のロータブレードが提供される。ロータブレードは、少なくとも1つの冷却通路を画定する翼形部を含み、翼形部はさらに、前縁から後縁まで延びるキャンバーラインを画定する。ロータブレードはさらに、翼形部に結合された先端シュラウドを含み、先端シュラウドおよび翼形部は、少なくとも1つの冷却通路に流体結合されたコアを画定し、コアは複数の出口開口を含み、複数の出口開口の各々は先端シュラウドの外面に画定された開口部を含む。複数の出口開口の第1出口開口は、冷却流体を、第1出口開口の開口部を通して、後縁のキャンバーラインに対して平行な方向と15度以内の方向に排気するように方向付けられている。複数の出口開口の第2出口開口は、冷却流体を、第2出口開口の開口部を通して、後縁のキャンバーラインに対して平行な方向より15度より大きい方向に排気するように方向付けられている。

【0008】

別の実施形態によれば、ターボ機械用のロータブレードが提供される。ロータブレードは、少なくとも1つの冷却通路を画定する翼形部を含み、翼形部はさらに、前縁から後縁まで延びるキャンバーラインを画定する。ロータブレードはさらに、翼形部に結合された先端シュラウドを含み、先端シュラウドは、正圧面、負圧面、前縁面、および後縁面を含み、翼形部と共に、少なくとも1つの冷却通路に流体結合されたコアを画定し、コアは複数の出口開口を含み、複数の出口開口の各々は先端シュラウドの外面に画定された開口部を含む。複数の出口開口のうちの第1出口開口の開口部は、後縁面に画定され、複数の出口開口のうちの第2出口開口の開口部は、正圧面、負圧面、または前縁面のうち1つに画定されている。第1出口開口は、冷却流体を、第1出口開口の開口部を通して後縁のキャンバーラインに対して平行な方向と15度以内の方向に排気するように方向付けられている。第2出口開口は、冷却流体を、第2出口開口の開口部を通して、後縁のキャンバーラインに対して平行な方向から15度よりも大きい方向に排気するように方向付けられている。

【0009】

本技術のこれらの特徴、態様、および利点、ならびに他の特徴、態様、および利点は、以下の説明および添付の特許請求の範囲を参照して、よりよく理解されよう。添付の図面

は、本明細書に組み込まれ、本明細書の一部を構成するものであるが、本技術の実施形態を例示し、説明とともに本技術の原理を説明する働きをする。

【００１０】

当業者に向けた、本技術の最良の様態を含む本技術の十分かつ実施可能な開示が、添付の図面を参照しつつ、本明細書に説明される。

【図面の簡単な説明】

【００１１】

【図１】本開示の実施形態による例示的なガスタービンエンジンの概略図である。

【図２】本開示の実施形態による例示的なロータブレードの正面図である。

【図３】本開示の実施形態による例示的な翼形部の断面図である。

10

【図４】本開示の実施形態による、図３に示される翼形部の代替的な断面図である。

【図５】本開示の実施形態によるロータブレードの上面図である。

【図６】本開示の実施形態によるロータブレードの断面図である。

【発明を実施するための形態】

【００１２】

本明細書および図面における符号の反復使用は、本技術の同じまたは類似の特徴もしくは要素を表すことを意図している。

【００１３】

次に、本技術の実施形態を詳細に参照し、その１以上の実施例を添付図面に示す。詳細な説明では、図面の特徴を参照するために、数字および文字の符号を用いる。図面および明細書内の同様のまたは類似の符号は、本技術の同様のまたは類似の部材を指すために用いている。本明細書において、「第１」、「第２」、および「第３」という用語は、１つの構成要素と別の構成要素とを区別するために交換可能に用いることができ、個々の構成要素の位置または重要性を示すことを意図しない。用語「上流」および「下流」は、流体経路における流体の流れに対する相対的な方向を指す。例えば、「上流側」は流体が流れてくる方向を示し、「下流側」は流体が流れていく方向を示す。

20

【００１４】

各実施例は、本技術の説明のために提供され、本技術を限定するものではない。実際、本技術の範囲または趣旨を逸脱することなく、本技術に修正および変更が可能であることは、当業者には明らかであろう。例えば、一実施形態の一部として図示または説明される特徴は、別の実施形態で用いることができ、さらに別の実施形態をもたらすことができる。したがって、本技術は、添付の特許請求の範囲およびその等価物の範囲に入るこのような修正および変更を包括することが意図されている。

30

【００１５】

産業用または陸上用のガスタービンが本明細書に示され説明されているが、本明細書に示され説明される本技術は、特許請求の範囲に特に明記されない限り、陸上および／または産業用ガスタービンに限定されない。例えば、本明細書に説明される技術は、航空ガスタービン（例えば、ターボファン等）、蒸気タービン、および海洋ガスタービンを含むが、これらに限定されない任意の種類のターボ機械に使用することができる。

【００１６】

40

ここで図面を参照すると、図面全体にわたって同一の符号は同じ要素を示しており、図１はガスタービンエンジン１０を概略的に示している。本開示のガスタービンエンジン１０は、ガスタービンエンジンである必要はなく、蒸気タービンエンジンまたは他の適切なエンジン等の任意の適切なターボ機械であってもよいことを理解されたい。ガスタービンエンジン１０は、入口セクション１２、圧縮機セクション１４、燃焼セクション１６と、タービンセクション１８、および排気セクション２０を含む。圧縮機セクション１４およびタービンセクション１８は、シャフト２２によって結合されてもよい。シャフト２２は、単一のシャフトであってもよいし、シャフト２２を形成するために互いに結合された複数のシャフトセグメントであってもよい。

【００１７】

50

タービンセクション１８は、一般に、複数のロータディスク２６（そのうちの１つを図示する）を有するロータシャフト２４と、ロータディスク２６から半径方向外側に延び、ロータディスク２６に相互接続されている複数のロータブレード２８と、を含む。各ロータディスク２６は、タービンセクション１８を通して延びるロータシャフト２４の一部に結合されてもよい。タービンセクション１８は、ロータシャフト２４およびロータブレード２８を周方向に取り囲む外側ケーシング３０をさらに含み、それによりタービンセクション１８を通る高温ガス経路３２を少なくとも部分的に画定する。

【００１８】

運転中、空気または別の作動流体が入口セクション１２を通して圧縮機セクション１４に流れ、ここで空気が徐々に圧縮されて、燃焼セクション１６内の燃焼器（不図示）に加圧空気が提供される。加圧空気は燃料と混合され、各燃焼器内で燃焼されて燃焼ガス３４を生成する。燃焼ガス３４は、高温ガス経路３２に沿って燃焼セクション１６からタービンセクション１８に流れる。タービンセクションにおいて、ロータブレード２８は、燃焼ガス３４から運動エネルギーおよび／または熱エネルギーを抽出し、それによってロータシャフト２４を回転させる。次いで、ロータシャフト２４の機械的回転エネルギーを用いて、圧縮機セクション１４に動力を供給し、および／または電気を発生させることができる。タービンセクション１８から出た燃焼ガス３４は、その後排気セクション２０を介してガスタービンエンジン１０から排気される。

【００１９】

図２は、ロータブレード２８の代わりにガスタービンエンジン１０のタービンセクション１８に組み込むことができる例示的なロータブレード１００の図である。図示するように、ロータブレード１００は、軸方向Ａ、半径方向Ｒ、および周方向Ｃを画定する。一般に、軸方向Ａは、シャフト２４（図１）の軸方向中心線１０２に平行に延び、半径方向Ｒは軸方向中心線１０２にほぼ直交して延び、周方向Ｃは軸方向中心線１０２の周りにほぼ同心状に延びる。ロータブレード１００はまた、ガスタービンエンジン１０（図１）の圧縮機セクション１４に組み込まれてもよい。

【００２０】

図２に示すように、ロータブレード１００は、ダブテール１０４、シャンク部分１０６、およびプラットフォーム１０８を含むことができる。より詳細には、ダブテール１０４はロータブレード１００をロータディスク２６に固定する（図１）。シャンク部分１０６は、ダブテール１０４に結合し、ダブテール１０４から半径方向外側に延びている。プラットフォーム１０８は、シャンク部分１０６に結合し、シャンク部分１０６から半径方向外側に延びている。プラットフォーム１０８は半径方向外面１１０を有し、半径方向外面１１０は一般に、タービンセクション１８（図１）の高温ガス経路３２を通して流れる燃焼ガス３４の半径方向内側の流れ境界として機能する。ダブテール１０４、シャンク部分１０６、およびプラットフォーム１０８は吸気ポート１１２を画定することができ、吸気ポート１１２は、冷却流体（例えば、圧縮機セクション１４からの抽気）がロータブレード１００に入ることを可能にする。図２に示す実施形態では、ダブテール１０４は、軸方向挿入クリスマスツリー型ダブテールである。あるいは、ダブテール１０４は、任意の適切な種類のダブテールであってもよい。実際に、ダブテール１０４、シャンク部分１０６、および／またはプラットフォーム１０８は、任意の適切な構成を有することができる。

【００２１】

ここで図２～図４を参照すると、ロータブレード１００は、翼形部１１４をさらに含む。特に、翼形部１１４は、プラットフォーム１０８の半径方向外面１１０から半径方向外側に、先端シュラウド１１６まで延びている。なお、翼形部１１４は、根元１１８（すなわち、翼形部１１４とプラットフォーム１０８との間の交点）でプラットフォーム１０８に結合する。翼形部１１４は、正圧面１２０、およびその反対側の負圧面１２２を有する（図３）。正圧面１２０と負圧面１２２とは、燃焼ガス３４の流れの中に向けられた翼形部１１４の前縁１２４において互いに接合されているか相互接続されている（図１）。正圧面１２０と負圧面１２２とは、前縁１２４から下流側に離れている翼形部１１４の後縁

10

20

30

40

50

１２６においても、互いに接合されているか相互接続されている。正圧面１２０および負圧面１２２は、前縁１２４および後縁１２６を中心に連続している。正圧面１２０は、ほぼ凹状であり、負圧面１２２は、ほぼ凸状である。

【００２２】

特に図２を参照すると、翼形部１１４は、根元１１８から先端シュラウド１１６まで延びるスパン１２８を画定する。より具体的には、根元１１８は、スパン１２８の０パーセントに位置付けられ、先端シュラウド１１６は、スパン１２８の１００パーセントに位置付けられる。図２に示すように、スパン１２８のゼロパーセントは１３０で示され、スパン１２８の１００パーセントは１３２で示される。さらに、スパン１２６の９０パーセントが１３４で示される。スパン１２８に沿った他の位置も同様に定義することができる。

10

【００２３】

ここで図３を参照すると、翼形部１１４は、キャンバーライン１３６を画定する。より具体的には、キャンバーライン１３６は、前縁１２４から後縁１２６まで延びている。キャンバーライン１３６はまた、正圧面１２０と負圧面１２２との間に位置し、正圧面１２０および負圧面１２２から等距離に位置している。図示のように、翼形部１１４、より一般的にはロータブレード１００は、キャンバーライン１３６の一方の側に位置する正圧側１３８と、キャンバーライン１３６の他方の側に位置する負圧側１４０とを有する。

【００２４】

図４に示すように、翼形部１１４は、翼形部１１４を通して延びる複数の冷却通路１４２を部分的に画定してもよい。図示されている実施形態では、翼形部１１４は、５つの冷却通路１４２を部分的に画定している。しかしながら、別の実施形態では、翼形部１１４は、より多くのまたはより少ない冷却通路１４２を画定してもよい。冷却通路１４２は、吸気ポート１１２から翼形部１１４を通して先端シュラウド１１６まで半径方向外側に延びている。なお、冷却流体は、冷却通路１４２を通して吸気ポート１１２から先端シュラウド１１６に流れることができる。

20

【００２５】

上述のように、ロータブレード１００は、先端シュラウド１１６を含む。図２および図５に示すように、先端シュラウド１１６は、翼形部１１４の半径方向外側端部に結合し、ロータブレード１００の半径方向最外部を概ね画定する。なお、先端シュラウド１１６は、ロータブレード１００を越えて流出する燃焼ガス３４（図１）の量を減少させる。先端シュラウド１１６は、本明細書で論じられるように、先端シュラウド１１６の１以上の非ラジアル面を含む側面１４４を含む。先端シュラウド１１６は、半径方向外面１４６、および半径方向内面１４８をさらに含む（図６）。図２に示す実施形態では、先端シュラウド１１６は、半径方向外面１４６から半径方向外側に延びるシールレール１５２を含む。しかしながら、代替の実施形態は、より多くのシールレール１５２（例えば、２つのシールレール１５２、３つのシールレール１５２等）を備えてもよく、またはシールレール１５２をまったく含まなくてもよい。

30

【００２６】

上述したように、側面１４４は、先端シュラウド１１６の１以上の非ラジアル面を含む。これらの非ラジアル面には、例えば、前縁面１７０、後縁面１７２、正圧面１７４、および／または負圧面１７６が含まれ得る。前縁面１７０は、概して高温ガス経路３２に面し、したがってブレード１００を通して流れる燃焼ガス３４が衝突する。後縁面１７２は、概して、軸方向Ａに沿って前縁面１７０の反対にある。正圧面１７４と負圧面１７６とは、概して、周方向Ｃに沿って互いに対して反対にある。さらに、ある段内のブレード１００の周方向アレイのうち、正圧面１７４は、隣接するブレード１００の負圧面１７６に面してもよく、吸引側の面１７６は、隣接するブレード１００の正圧面１７４に面してもよい。

40

【００２７】

特に図５から図６を参照すると、先端シュラウド１１６は、その冷却を助けるために、様々な通路、チャンバ、および開口を画定する。図２に示されたシールレール１５２は、

50

明瞭化のために図5では省略されている。図示されているように、先端シュラウド116は中央プレナム154を画定する。図示されている実施形態では、中央プレナム154は、冷却通路142に流体的に結合されている。先端シュラウド116はまた、本体空洞156を画定する。先端シュラウド116によって画定される1以上のクロスオーバー開口158が、中央プレナム154を本体空洞156に流体的に結合してもよい。さらに、先端シュラウド116は、本体空洞156を高温ガス経路32（図1）に流体的に結合する1以上の出口開口160を画定する。先端シュラウド116は、通路、チャンバ、および／または開口の任意の適切な構成を画定することができる。中央プレナム154、本体空洞156、クロスオーバー開口158、および出口開口160は、総括的にコア162と呼ぶ場合がある。

10

【0028】

ガスタービンエンジン10（図1）の運転中、冷却流体は、上述した通路、空洞、および開口を通して流れ、先端シュラウド116を冷却する。より具体的には、冷却流体（例えば、圧縮機セクション14からの抽気）は、吸気ポート112（図2）を通してロータブレード100に入る。この冷却流体の少なくとも一部は、冷却通路142を通して、先端シュラウド116の中央プレナム154に流れる。その後、冷却流体は、中央プレナム154からクロスオーバー開口158を通して本体空洞156に流れる。冷却流体は、本体空洞156を流れている間、先端シュラウド116の様々な壁を対流冷却する。その後、冷却流体は、出口開口160を通して本体空洞156から流出し、高温ガス経路32（図1）に流入する。

20

【0029】

図5～図6を参照すると、図示のように、先端シュラウド116は、複数の出口開口160を画定してもよい。各出口開口160は、本体空洞156を高温ガス経路32に流体的に結合することができ、したがって本体空洞156と高温ガス経路32との間で流体連通することができる。より具体的には、冷却流体は、本体空洞156から各出口開口160を通して流れ、各出口開口160から高温ガス経路32に排気され得る。各出口開口160は、例えば、本体空洞156と、先端シュラウド116の外面に画定された出口開口160の開口部161との間に延びることができる。そのような外面は、側面144、半径方向外面146、または半径方向内面148の非ラジアル面であってもよい。したがって、本体空洞156内の冷却流体は、本体空洞156から各出口開口160内に流入し、出口開口160から開口部161を通して高温ガス経路32に排気される。

30

【0030】

本明細書で論じるように、第1出口開口160'と呼ばれる1以上の出口開口160は、改善されたターボ機械10の性能を助ける、特に有利な配置を有することができる。具体的には、このような出口開口160'の開口部161'を通して排気される冷却流体を、高温ガス経路32の流れの方向に向けることができる。したがって、このような冷却流体は、付加的な推力を提供することができる。さらに、そのような向きによって、燃焼ガス34と様々な横方向角度等で相互作用するこのような排気冷却流体に起因する、高温ガス経路32内の乱れを低減することができる。したがって、空力性能が、より改善される。

【0031】

40

図示されているように、そのような1以上の第1出口開口160'の各々は、後縁126においてキャンパーライン136に平行な方向から15度以内の方向182（すなわち、後縁126におけるキャンパーライン136に対して平行な方向から15度、および後縁126においてキャンパーライン136と平行な方向を含み、これらの間にある）で、冷却流体180が出口開口160'の開口部161'を通して排気されるように方向付けられている。さらに、いくつかの実施形態では、そのような1以上の第1出口開口160'の各々は、後縁126におけるキャンパーライン136に対して平行な方向の5度以内等、および後縁126においてキャンパーライン136と平行な方向等の、後縁126においてキャンパーライン136に平行な方向の10度以内の方向182で、冷却流体180が出口開口160'の開口部161'を通して排気されるように方向付けられている。そのよう

50

な方向182は、軸方向Aによって部分的に画定され、図5に示されるような上面視平面内に画定されてもよい。図5に示すよう角度184は、キャンパーライン136に対する方向182のそのような向きを画定することができる。

【0032】

上述のように、このような開口部161'は、先端シュラウド116の外面に画定されてもよい。例示的な実施形態では、第1出口開口160'のためのそのような外面は、非ラジアル面であってもよい。例えば、例示的な実施形態では、このような非ラジアル面は、後縁面172であってもよい。しかしながら、代替的に、このような開口部161'は、他の非ラジアル面、例えば半径方向外面146または半径方向内面148に画定されてもよい。

【0033】

したがって、例示的な実施形態では、第1出口開口160'からその開口部161'を介して排気される冷却流体180は、燃焼ガス34が後縁126を通過して流れる際に、高温ガス経路32の方向に向けられる。

【0034】

しかしながら、付加的な冷却流180が、第1出口開口160'とは異なる他の出口開口160の開口部161を通して排気されてもよい。例えば、複数の出口開口160は、1以上の第2出口開口160'をさらに含み、冷却流体180は、その開口部161'を介して排気され得る。上述のように冷却流体180の一部のみが第1出口開口160'から排気され、第2出口開口160'から排気される、冷却流体180の別の部分は、他の目的に利用できる点で有利である。例えば、第2出口開口160'から排気される冷却流体180の一部は、先端シュラウド116をさらに冷却するために利用することができる。付加的または代替的に、第2出口開口160'から排気される冷却流体180の一部は、上述したように、隣接するブレード100の表面の衝突冷却に利用することができる。

【0035】

図示されるように、そのような1以上の第2出口開口160'の各々は、後縁126においてキャンパーライン136に平行な方向から15度より大きい方向192で、冷却流体180がその開口部161'を通過して排気されるように方向付けられている。さらに、いくつかの実施形態では、1以上の第2出口開口160'が、後縁においてキャンパーライン136に平行な方向から50度より大きい等の、後縁126においてキャンパーライン136に平行な方向から30度より大きい方向192で、冷却流体180がその開口部161'を通過して排気されるように方向付けられている。そのような方向192は、軸方向Aによって部分的に画定され、図5に示されるような上面視平面内に画定されてもよい。図5に示すように、角度184は、キャンパーライン136に対する方向192のそのような向きを画定することができる。

【0036】

上述のように、このような開口部161'は、先端シュラウド116の外面に画定されてもよい。例示的な実施形態では、1以上の第2出口開口160'のためのそのような外面は、非ラジアル面であってもよい。例えば、例示的な実施形態では、1以上の第2出口開口160'のためのそのような非ラジアル面は、前縁面170であってもよい。付加的に、または代替的に、例示的な実施形態では、1以上の第2出口開口160'のためのそのような非ラジアル面は、正圧面174および／または負圧面176であってもよい。しかし、付加的に、または代替的に、1以上の第2出口開口160'のためのそのような開口部161'は、他の非ラジアル面に画定されてもよいし、例えば半径方向外面146または半径方向内面148に画定されてもよい。

【0037】

本明細書は、本技術を開示するために、また、いかなる当業者も本技術を実施することができるようにするために最良の形態を含む実施例を用いている。本技術の実施には、任意の装置またはシステムの製作および使用、ならびに任意の組み込まれた方法の実行が含まれる。本開示の特許可能な範囲は、特許請求の範囲によって定義され、当業者に想起される他の実施例を含むことができる。そのような他の実施例は、特許請求の範囲の文言と

10

20

30

40

50

異なる構造要素を含む場合、あるいは特許請求の範囲の文言との実質的な相違がない同等の構造要素を含む場合、特許請求の範囲の技術的範囲に包含される。

〔実施態様１〕

ターボ機械（１０）用のロータブレード（１００）であって、
少なくとも１つの冷却通路（１４２）を画定し、前縁（１２４）から後縁（１２６）まで延びるキャンパーライン（１３６）をさらに画定する翼形部（１１４）と、

前記翼形部（１１４）に結合された先端シュラウド（１１６）であって、前記翼形部（１１４）と共に、前記少なくとも１つの冷却通路（１４２）に結合されたコア（１６２）を画定する先端シュラウド（１１６）とを備え、前記コア（１６２）が複数の出口開口（１６０）を備え、前記複数の出口開口（１６０）の各々が、前記先端シュラウド（１１６）の外面に画定された開口部（１６１）を備え、

10

前記複数の出口開口（１６０）のうちの第１出口開口（１６０'）は、冷却流体（１８０）を、前記後縁（１２６）の前記キャンパーライン（１３６）と平行な方向と１５度以内の方向（１８２）で、前記第１出口開口（１６０'）の前記開口部（１６１'）を通して排気するように方向付けられており、前記複数の出口開口（１６０）のうち第２出口開口（１６０''）は、冷却流体（１８０）を、前記後縁（１２６）の前記キャンパーライン（１３６）と平行な方向から１５度より大きい方向（１９２）で、前記第２出口開口（１６０''）の前記開口部（１６１''）を通して排気するように方向付けられている、ターボ機械（１０）用のロータブレード（１００）。

〔実施態様２〕

20

前記第１出口開口（１６０'）が、複数の第１出口開口（１６０'）である、実施態様１に記載のロータブレード（１００）。

〔実施態様３〕

前記第１出口開口（１６０'）の前記開口部（１６１'）は、前記先端シュラウド（１１６）の非ラジアル面に画定されている、実施態様１に記載のロータブレード（１００）。

〔実施態様４〕

前記非ラジアル面が後縁面（１７２）である、実施態様３に記載のロータブレード（１００）。

〔実施態様５〕

前記コア（１６２）が本体空洞（１５６）を備え、前記複数の出口開口（１６０）の各々が前記本体空洞（１５６）と流体連通している、実施態様１に記載のロータブレード（１００）。

30

〔実施態様６〕

前記第１出口開口（１６０'）が、冷却流体（１８０）を、前記第１出口開口（１６０'）の前記開口部（１６１'）を通して、前記後縁（１２６）の前記キャンパーライン（１３６）と平行な方向と５度以内の方向（１８２）に排気するように方向付けられている、実施態様１に記載のロータブレード（１００）。

〔実施態様７〕

前記第２出口開口（１６０''）が、複数の第２出口開口（１６０''）である、実施態様１に記載のロータブレード（１００）。

40

〔実施態様８〕

前記第２出口開口（１６０''）の前記開口部（１６１''）は、前記先端シュラウド（１１６）の非ラジアル面に画定されている、実施態様１に記載のロータブレード（１００）。

〔実施態様９〕

前記非ラジアル面が前縁面（１７０）である、実施態様８に記載のロータブレード（１００）。

〔実施態様１０〕

前記非ラジアル面が、正圧面（１７４）または負圧面（１７６）のうちの１つである、実施態様８に記載のロータブレード（１００）。

〔実施態様１１〕

50

ターボ機械（１０）用のロータブレード（１００）であって、
少なくとも１つの冷却通路（１４２）を画定し、前縁（１２４）から後縁（１２６）まで延びるキャンバーライン（１３６）をさらに画定する翼形部（１１４）と、

前記翼形部（１１４）に結合され、正圧面（１７４）、負圧面（１７６）、前縁面（１７０）、および後縁面（１７２）を備える先端シュラウド（１１６）であって、前記翼形部（１１４）と共に、前記少なくとも１つの冷却通路（１４２）に結合されたコア（１６２）を画定する先端シュラウド（１１６）とを備え、前記コア（１６２）が複数の出口開口（１６０）を備え、前記複数の出口開口（１６０）の各々が、前記先端シュラウド（１１６）の外面に画定された開口部（１６１）を備え、

前記複数の出口開口（１６０）のうちの第１出口開口（１６０'）の前記開口部（１６１'）が、前記後縁面（１７２）に画定され、前記複数の出口開口（１６０）のうちの前記第２出口開口（１６０''）の前記開口部（１６１''）が、前記正圧面（１７４）、前記負圧面（１７６）、または前記前縁面（１７０）のうちの１つに画定され、

前記第１出口開口（１６０'）が、冷却流体（１８０）を、前記後縁（１２６）の前記キャンバーライン（１３６）と平行な方向と１５度以内の方向で、前記第１出口開口（１６０'）の前記開口部（１６１'）を通して排気するように方向付けられており、前記第２出口開口（１６０''）が、冷却流体（１８０）を、前記後縁（１２６）の前記キャンバーライン（１３６）と平行な方向から１５度より大きい方向で、前記第２出口開口（１６０''）の前記開口部（１６１''）を通して排気するように方向付けられている、ターボ機械（１０）用のロータブレード（１００）。 20

【実施態様１２】

前記第１出口開口（１６０'）が、複数の第１出口開口（１６０'）である、実施態様１１に記載のロータブレード（１００）。

【実施態様１３】

前記コア（１６２）が本体空洞（１５６）を備え、前記複数の出口開口（１６０）の各々が前記本体空洞（１５６）と流体連通している、実施態様１１に記載のロータブレード（１００）。

【実施態様１４】

前記第１出口開口（１６０'）が、冷却流体（１８０）を、前記第１出口開口（１６０'）の前記開口部（１６１'）を通して、前記後縁（１２６）の前記キャンバーライン（１３６）と平行な方向と５度以内の方向に排気するように方向付けられている、実施態様１１に記載のロータブレード（１００）。 30

【実施態様１５】

前記第２出口開口（１６０''）が、複数の第２出口開口（１６０''）である、実施態様１１に記載のロータブレード（１００）。

【実施態様１６】

前記正圧面（１７４）、前記負圧面（１７６）、または前記前縁面（１７０）のうちの１つが、前記前縁面（１７０）である、実施態様１１に記載のロータブレード（１００）。

【実施態様１７】

前記正圧面（１７４）、前記負圧面（１７６）または前記前縁面（１７０）のうちの１つが、前記正圧面（１７４）または前記負圧面（１７６）のいずれかである、実施態様１１に記載のロータブレード（１００）。 40

【符号の説明】

【００３８】

１０ ガスタービンエンジン

１２ 入口セクション

１４ 圧縮機セクション

１６ 燃焼セクション

１８ タービンセクション

２０ 排気セクション 50

2 2	シャフト	
2 4	ロータシャフト	
2 6	ロータディスク	
2 8	ロータブレード	
3 0	外側ケーシング	
3 2	高温ガス経路	
3 4	燃焼ガス	
3 5 ~ 9 9	不使用	
1 0 0	ロータブレード	
1 0 2	軸方向中心線	10
1 0 4	ダブテール	
1 0 6	シャンク部分	
1 0 8	プラットフォーム	
1 1 0	プラットフォームの半径方向外面	
1 1 2	吸気ポート	
1 1 4	翼形部	
1 1 6	先端シュラウド	
1 1 8	根元	
1 2 0	正圧面	
1 2 2	負圧面	20
1 2 4	前縁	
1 2 6	後縁	
1 2 8	スパン	
1 3 0	スパンのゼロパーセント	
1 3 2	スパンの100パーセント	
1 3 4	スパンの90パーセント	
1 3 6	キャンバーライン	
1 3 8	正圧側	
1 4 0	負圧側	
1 4 2	冷却通路	30
1 4 4	先端シュラウドの側面	
1 4 6	先端シュラウドの半径方向外面	
1 4 8	先端シュラウドの半径方向内面	
1 5 2	シールレール	
1 5 4	中央プレナム	
1 5 6	本体空洞	
1 5 8	クロスオーバー開口	
1 6 0	出口開口	
1 6 1	開口部	
1 6 2	コア	40
1 7 0	前縁面	
1 7 2	後縁面	
1 7 4	正圧面	
1 7 6	負圧面	
1 8 0	冷却流体	
1 8 2	方向	
1 8 4	角度	
1 9 2	方向	

【図面】

【図 1】

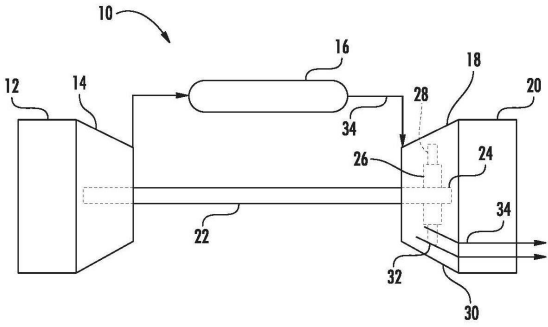


FIG. 1

【図 2】

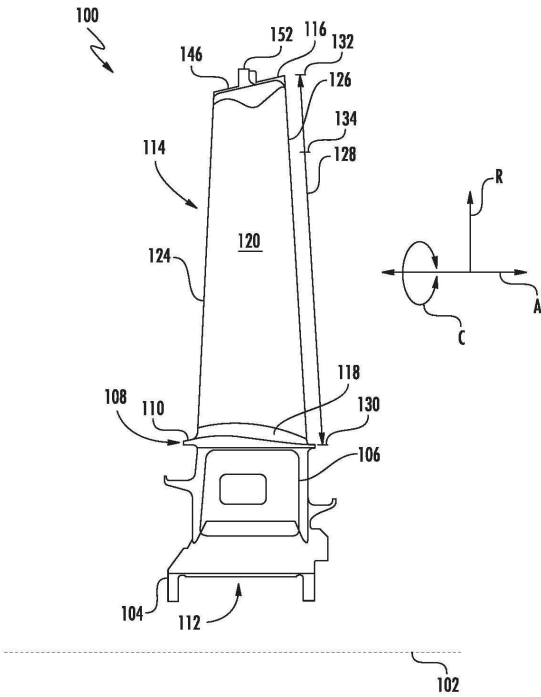


FIG. 2

【図 3】

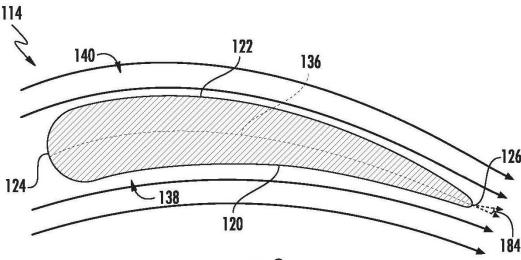


FIG. 3

【図 4】

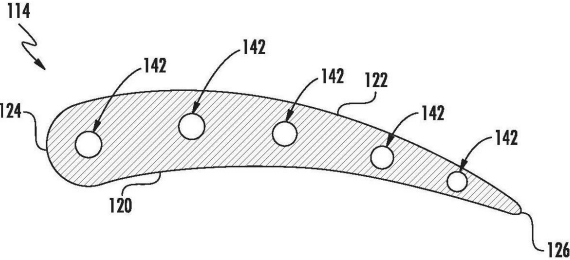


FIG. 4

10

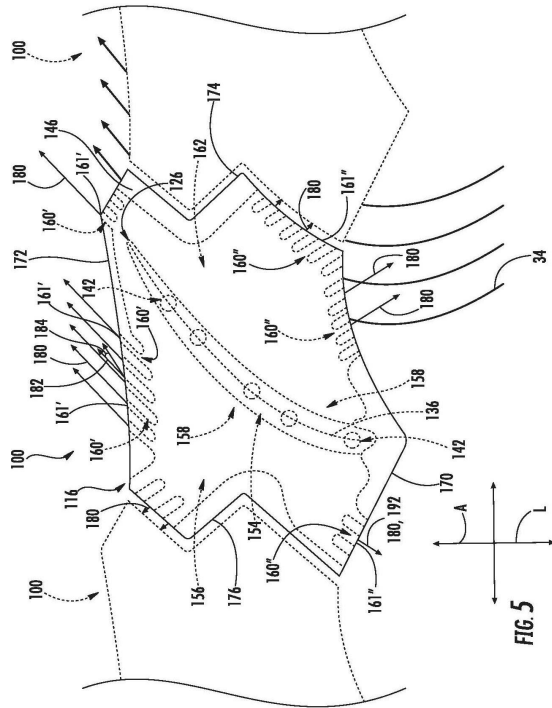
20

30

40

50

【図 5】



【図 6】

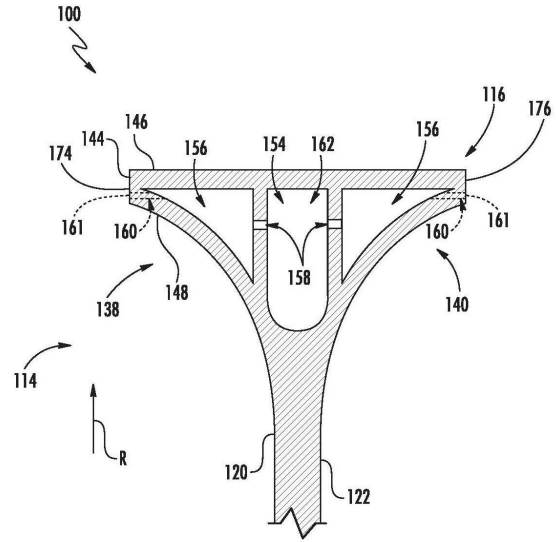


FIG. 6

フロントページの続き

ド、300

(72)発明者 ブラッドレー・テイラー・ボイヤー

アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・29615、グリーンヴィル、バーンウェール・ビルディング、ガーリントン・ロード、300

審査官 高吉 統久

(56)参考文献 特開2012-225207 (JP, A)

特開2012-225211 (JP, A)

特開昭49-093712 (JP, A)

特開2009-168017 (JP, A)

特開2000-291405 (JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

F01D 5/18

F02C 7/18