

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6424042号
(P6424042)

(45) 発行日 平成30年11月14日 (2018.11.14)

(24) 登録日 平成30年10月26日 (2018.10.26)

(51) Int.Cl.	F 1
F 1 5 D 1/02 (2006.01)	F 1 5 D 1/02 D
B 6 4 C 21/06 (2006.01)	B 6 4 C 21/06
F 0 3 D 80/00 (2016.01)	F 0 3 D 80/00

請求項の数 18 外国語出願 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2014-164919 (P2014-164919)	(73) 特許権者	596134851
(22) 出願日	平成26年8月13日 (2014.8.13)		ロッキード・マーチン・コーポレーション
(65) 公開番号	特開2015-38377 (P2015-38377A)		アメリカ合衆国、メリーランド州 208
(43) 公開日	平成27年2月26日 (2015.2.26)		17、ベセスダ、ロックレッジ・ドライブ
審査請求日	平成29年5月24日 (2017.5.24)		6801
(31) 優先権主張番号	13/967,566	(74) 代理人	100147485
(32) 優先日	平成25年8月15日 (2013.8.15)		弁理士 杉村 憲司
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100156867
			弁理士 上村 欣浩
		(74) 代理人	100154003
			弁理士 片岡 憲一郎
		(72) 発明者	ダン バルツィーニ
			アメリカ合衆国 テキサス州 76248
			ケラー キャット マウンテン トレイ
			ル 1520

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エーロfoil用能動抽気

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

エーロfoil用能動境界層制御システムであって、
誘導壁と、少なくとも1つの排気ポートを有する排気壁と、前記誘導壁と前記排気壁との間にあるチャンバとを含む、筐体と、
前記誘導壁と前記少なくとも1つの排気ポートとの間で流体連通するオリフィスを含む、前記チャンバ内の少なくとも1つの正味質量流束ゼロのアクチュエータと、を備え、
前記正味質量流束ゼロのアクチュエータは、前記筐体と分けられて、前記オリフィスが前記少なくとも1つの排気ポートと整列するように前記筐体に収容されている、エーロfoil用能動境界層制御システム。

【請求項 2】

前記誘導壁は、ガス透過性表面を含む、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

前記少なくとも1つの排気ポートは、ノズルを含む、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 4】

前記アクチュエータのオリフィスは、前記ノズルを通して長手方向に伸長する排気軸に沿った方向で前記ノズルと軸方向に重なる、請求項 3 に記載のシステム。

【請求項 5】

前記ノズルは、前記アクチュエータのオリフィスよりも直径が大きい、請求項 3 に記載のシステム。

【請求項 6】

前記ノズルは、前記排気壁の内側の入口と、前記排気壁の外側の出口とを含む、請求項 3 に記載のシステム。

【請求項 7】

前記ノズル入口は、前記ノズル出口よりも大きい直径を有し、前記アクチュエータのオリフィスは、開口端で円錐形に収束し、前記ノズル入口に取り囲まれている、請求項 6 に記載のシステム。

【請求項 8】

前記アクチュエータのオリフィスは、前記少なくとも 1 つの排気ポートと位置合わせされる、請求項 1 に記載のシステム。

10

【請求項 9】

請求項 1 に記載のシステムを含むエーロfoilであって、
前端面と、
前記前端面と離間する後端面と、
前記前端面と後端面との間に伸長する圧力面と、
前記前端面および後端面を伸長する吸引面と、
前記吸引面へと開放され、エーロfoilを貫通して伸長する抽気通路であって、作動流体がこれを通り、前記吸引面からの作動流体が能動的に排気されるように流れる、抽気通路と、をさらに含み、

請求項 1 に記載の前記システムは、前記吸引面において前記抽気通路の一部となっている前記システムの前記誘導壁とともに、前記圧力面と吸引面との間で搬送される、エーロfoil。

20

【請求項 10】

前記抽気通路は、
前記吸引面上で作動流体を受容するための前記吸引面の注入口と、
前記注入口と連絡し、前記注入口から前記エーロfoilの先端領域に向かって前記作動流体を運搬するように構成される、導管と、
前記導管から前記作動流体を排気するための、前記導管と連絡し、前記注入口の半径方向外向きに配置される排気口と、を含む、請求項 9 に記載のエーロfoil。

【請求項 11】

エーロfoil用能動抽気システムであって、
誘導壁と、少なくとも 1 つ以上の排気ポートを有する排気壁と、前記誘導壁と排気壁との間にあるチャンバとを含む、筐体と、

30

前記チャンバの中に置かれ、前記誘導壁を通じて集散的に流体を誘導し、および前記 1 つ以上の排気ポートを通じて選択的に流体を排気することにより、前記エーロfoilを通る抽気を少なくとも増大させるように構成され、および位置付けられる、複数の正味質量流束ゼロのアクチュエータと、を備え、

複数の前記正味質量流束ゼロのアクチュエータは、それぞれ前記筐体と分けられて、そのオリフィスが前記少なくとも 1 つの排気ポートと整列するように前記筐体に収容されている、エーロfoil用能動抽気システム。

40

【請求項 12】

前記誘導壁は、多孔面または開口面のうちの少なくとも 1 つを含み、前記排気ポートは、ノズル入口を含むノズルを含む、請求項 11 に記載のシステム。

【請求項 13】

請求項 12 に記載のシステムであって、前記ノズル入口は、ノズル出口よりも大きい直径を有し、前記アクチュエータのオリフィスは、開口端で円錐形に収束し、前記ノズル入口に取り囲まれており、前記アクチュエータのオリフィスは、前記ノズルを通して長手方向に伸長する排気軸に沿った方向に前記ノズルに軸方向に重なる、システム。

【請求項 14】

前記アクチュエータのオリフィスは、前記排気ポートと位置合わせされる、請求項 11

50

に記載のシステム。

【請求項 1 5】

請求項 1 1 に記載のシステムを含むエーロフォイルであって、
前端面と、
前記前端面と離間する後端面と、
前記前端面と後端面との間に伸長する圧力面と、
前記前端面および後端面を伸長する吸引面と、
前記吸引面へと開放され、エーロフォイルを貫通して伸長する抽気通路であって、作動流体がこれを通り、前記吸引面からの作動流体が能動的に排気されるように流れる、抽気通路と、をさらに含み、

10

請求項 1 1 に記載の前記システムは、前記吸引面において前記抽気通路の一部となっている前記システムの前記誘導壁とともに、前記圧力面と吸引面との間で搬送される、エーロフォイル。

【請求項 1 6】

前記筐体は、複数の排気壁であって、それぞれが複数の前記排気ポートを有し、それぞれが多数のアクチュエータに対応する排気壁を含む、請求項 1 1 に記載のシステム。

【請求項 1 7】

前記複数のアクチュエータは、側壁、端壁、および底壁に関連付けられるアクチュエータを含む筐体の中に均等に配分されるアレイ状に配列される、請求項 1 1 に記載のシステム。

20

【請求項 1 8】

エーロフォイル吸引面を流れる流体の境界層を能動的に制御する方法であって、
前記流体のうちの少なくともいくつかを、匡体の前記吸引面的一部分を通して前記吸引面の下のチャンバの中、および前記筐体と分けられてオリフィスが排気ポートと整列するように前記筐体に収容されている正味質量流束ゼロのアクチュエータの前記オリフィスの中へと誘導することと、

前記アクチュエータの前記オリフィスを通して、および前記排気ポートを通して、流体を前記アクチュエータから排気し、前記チャンバから前記エーロフォイルの内部へと排気することと、を含む、方法。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、概してエーロフォイルに関し、より具体的には、作動流体に開放された流体通路を持つ表面を有するエーロフォイル用の境界層吸入制御に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

エーロフォイルは、表面を流れる作動流体と反応する、または作用する表面を有する。例えば、航空機は、航空機の翼を含み、航空機を上昇させる、または支持するための作動流体がこの上を流れる。別の例において、風力タービンは、発電機に取り付けられたハブ、およびこのハブと発電機とを回転させ、電気を生成するために、風と反応するための、ハブから半径方向外向きに伸長する数個のブレードを含む。類似の例は、船用プロペラ、タービンエンジンのロータ、ヘリコプタのロータ、および同等物などに存在する。

40

【0 0 0 3】

作動流体とエーロフォイルの表面との間の相対運動の間、異なる層の流体流動が特定され得る。そのうち、エーロフォイル表面に最も近い流体流動層は、境界層として知られる。境界層は、表面への接近関数としてエーロフォイル表面に対して流体速度が減少する流体薄層を特徴とする。境界層内の流れは、層流である場合があり、表面の輪郭をたどるように、異なる速度の流体薄層が緩やかに変化する速度プロファイルを作り出す。しかしながら、エーロフォイル表面のある特定の部分にわたる境界層内の流体の流れは乱流となる場合があり、平均流がエーロフォイル表面の輪郭をたどり続ける場合がある一方で、流体

50

中に追加的な速度依存の速度摂動が発生する。乱流境界層は、表面の近くでより速い平均速度を有し、層流境界層よりも分離の影響を受けにくい。エーロfoil表面が急激に回転したり、または衝撃波が発生したりすると、流体の流れがエーロfoil表面から分離する場合があります、本体表面の近くで比較的低下および逆流に終わり、よって抗力、上昇の減少、または制御有効性の低下の一因となる。

【0004】

したがって、境界層を除去するために、付随する流体の流れを維持するためのエーロfoil表面上の戦略的な場所に吸引デバイスが用いられ、よって抗力を低減し、上昇を増加し、および／または制御有効性を高めるために、流れの分離を遅延および／または低減する。従来の吸引デバイスは効果的であるが、しばしば複雑、大型、および／または重い。

10

【発明の概要】

【0005】

能動エーロfoil境界層制御システムは、誘導壁、少なくとも1つの排気ポートを有する排気壁、およびこの誘導壁と排気壁との間にあるチャンバを含む筐体を含む。システムはまた、誘導壁と少なくとも1つの排気ポートとの間で流体連通するオリフィスを含む、少なくとも1つの正味質量流束ゼロのアクチュエータをチャンバ内に含む。正味質量流束ゼロのアクチュエータは、筐体と分けられて、オリフィスが少なくとも1つの排気ポートと整列するように筐体に収容されている。

20

【0006】

追加的に、誘導壁、1つ以上の排気ポートを有する排気壁、この誘導壁と排気壁との間にあるチャンバを含む筐体を含む、エーロfoil用の能動抽気システムが提供される。システムはまた、チャンバ内に置かれ、誘導壁を通じて集合的に流体を誘導し、および1つ以上の排気ポートを通じて選択的に流体を排気することにより、エーロfoilを通る抽気を少なくとも増大させるように構成され、および位置付けられる、複数の正味質量流束ゼロのアクチュエータを含む。複数の正味質量流束ゼロのアクチュエータは、それぞれ筐体と分けられて、そのオリフィスが少なくとも1つの排気ポートと整列するように筐体に収容されている。

【0007】

エーロfoil吸引面を流れる流体の境界層を能動的に制御する方法もまた提供される。本方法は、流体のうちの少なくともいくつかを、筐体の吸引面的一部分を通してこの吸引面下のチャンバの中、および筐体と分けられてオリフィスが排気ポートと整列するように筐体に収容されている正味質量流束ゼロのアクチュエータのオリフィスの中へと誘導することを含む。本方法はまた、アクチュエータのオリフィスを通して、および排気ポートを通して、流体をアクチュエータから排気し、チャンバからエーロfoilの内部へと排気することを含む。

30

【図面の簡単な説明】

【0008】

これらおよび他の特徴および利点は、以下の1つ以上の本発明の実施形態の詳細な説明および図面と関連して当業者に明白となろう。

40

【0009】

【図1】風車タービンブレード内部に具現化された境界層制御システムの例示的实施形態の部分的透視概略図である。

【図1A】図1のブレードの（軸Bに沿っているが、先端から根元へと逆方向の）ミッドスパン断面図である。

【図2】図1のシステムの拡大された立体図である。

【図3】図2のシステムの線3に沿い、一対のアクチュエータを含む断面図、概略図、側面図である。

【図4】吸気状態の図3のアクチュエータの拡大された概略図である。

【図5】呼気状態の図3のアクチュエータの拡大された概略図である

50

【図6】アクチュエータのアレイおよび対応するノズルを含む、境界層制御システムの別の例示的实施形態の部分的透視概略図である。

【図7】アクチュエータのうちの1つおよび対応するノズルのうちの1つの概略端面図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

図1は、エーロフォイルの境界層を制御するための能動抽気システム38の例示的实施形態を示す。図示されるエーロフォイルの例において、ロータ10は、軸Aの周囲を回転することを意図したロータ10の回転軸Aを画定するハブ12を含む。ロータ10はまた、ハブ12からブレード14の縦軸Bに沿って概して半径方向外向きに伸長するロータのブレード14のうちの1つ以上を含む。3つの別個のブレード14が示されているが、任意の適切な数量のブレードが用いられ得る。概して、ロータ10のコンポーネントは、鋳造、鍛造、金型成形、機械加工、スタンピング、および／または同等のものを含む、当業者に周知の技術に従って製造されることができ、同様に、このコンポーネントを作成するために、アルミニウムまたは鋼などの金属、複合材料、ポリマー材料、および／または同等のものなどの任意の適切な材料が用いられることができる。

10

【0011】

例示的实施形態は、風力タービン環境における使用に関して記載および図示される。しかしながら、記載が進むにつれて、本発明が多くの異なる用途において有用であり、多くの他の実施形態において実行され得ることが理解されよう。この点について、および本明細書および特許請求の範囲において用いられる場合、本開示が風力タービン用途だけでなく、例えば航空機およびプロペラ、タービンエンジンロータ、ヘリコプタのロータ、およびさまざまな他の用途などの他のエーロフォイルの用途にも、エーロフォイルとともに用いられる作動流体の種類に関わらず適用されるということが理解されよう。

20

【0012】

再び図1を参照して、エーロフォイルまたはブレード14は、ハブ12に近位の根元領域16、およびハブ12に遠位であり、根元領域16の半径方向外向きの先端領域18を含む。根元領域16は、例えば、成形、鋳造、鍛造、溶接、締結、または任意の他の適切な手法によってハブ14に統合的にまたは別個に連結されることができ、およびブレードピッチを多様にするため、軸Bの周囲のハブに関連して回転可能であることができる。先端領域18は、ブレード14の半径方向に最も外側の表面20を含み得る。ブレード14はまた、根元と先端領域16、18との間に伸長する前端または表面22、および根元と先端領域16、18との間に伸長する後端または表面24を含む。前端面22および後端面24は、曲線、平坦、尖状、および／または任意の他の適切な形状（複数可）であり得る。

30

【0013】

図1を参照して、ブレード14はさらに、根元と先端領域16、18との間に伸長する第1または圧力面26（図1A）ならびに前端面22および後端面24、ならびに根元と先端領域16、18との間に伸長する第2または吸引面28ならびに前端面22および後端面24を含む。圧力面および吸引面26、28は、任意の適切な形状（複数可）または輪郭（複数可）であってもよく、ブレード14は、エーロフォイルの形である必要はなく、任意の適切な形状であってもよく、任意の適切な角度（複数可）で配置されてもよい。

40

【0014】

ブレード14は追加的に、吸引面28に開放された、ブレード14を貫通して伸長し、先端領域20、後端面24、または両方に出る抽気通路30を含む。抽気通路30は、低エネルギーの作動流体を吸引面28から抽気して効率を向上するために提供される。作動流体を吸引面28から能動的に抽気するために、作動流体は吸引面28の中へ、および抽気通路30を通して流れ、これにより吸引面28上の作動流体の境界層剥離および／または層流剥離バブルを防止または低減する。

【0015】

50

図1に示されるように、抽気通路30は概して、ブレード軸Bに沿って、または並行に伸長し得る。しかしながら、抽気通路30は、軸Bに対して任意の適切な角度で配置されてもよく、前端面22と後端面24との間の中心にある必要はない。抽気通路30は、吸引面28上で作動流体を受容するための吸引面28に置かれた注入口32と、作動流体をブレード表面に再び接触しないように別々の出口を通してブレードのウェークへと導く、ブレード14の先端および／または後端領域18に向かって半径方向外向きの方向に、注入口32から運搬するための、注入口32と連絡する導管34を含む。抽気通路30はまた、ブレード14から作動流体を排気するための、導管34と連絡し、注入口32の半径方向外向きに配置される排気口36を含む。

【0016】

10

注入口32は、任意の適切なサイズおよび形状であり得る。例えば、注入口32は、吸引面28のうちの少なくとも一部分にわたって円周方向および半径方向に伸長し得る長方形または任意の他の適切な形状の表面部分であってもよく、これは注入口32および抽気システム38がなければ別様に境界層剥離を経験し得る。注入口32は、軸Bと平行に伸長してもよく、例えば、前端面22と後端面24との間の中心に置かれ得る。しかしながら、注入口32は、軸Bに対して任意の適切な角度で配置されてもよく、前端面22と後端面24との間の中心にある必要はない。

【0017】

本明細書において以下でより詳細に記載されるように、ポンプ力が作動流体を注入口32の中へと引き入れ、流体を導管34を通して排気口36から外へと押し出す。かかる流体の流れは、境界層を減少させるか、または薄くすることができ、またブレード14の吸引面28の作動流体の層流剥離を少なくとも減少させ、好ましくは防止し得る。導管34は、1つ以上の別個のコンポーネントおよび／またはエーロフォイルのブレード14の中空内部を含み得る。作動流体は、以下に記載するように、加圧下で抽気通路30を通して能動的に流れる。

20

【0018】

図2および図3を参照して、能動抽気またはエーロフォイル境界層制御システム38は、圧力面と吸引面26、28（図1）との間を搬送されてもよく、少なくとも1つの誘導壁39、1つ以上の排気壁40、および誘導壁39と排気壁40との間にチャンバ41（図3）を持つ筐体を含む。誘導壁39は、例えば多孔のガス透過性の、および／または例えば開口42で開口された外面28aを有する。したがって、誘導壁39は、吸引面38において、抽気通路30の一部であり得る。より具体的には、壁39の表面28aは、ブレード14の吸引面28と同一平面上にあり得る。排気壁40は、側壁40aおよび端壁40b、40c、および底壁40dを含んでもよく、このうちの1つ以上が1つ以上の排気ポート44（図2）を有し得る。排気壁40は、排気ポート44も同様に吸引面28の下に放出されるように、吸引面28の下または裏に埋め込まれ得る（図1）。筐体は長方形として図示されているが、任意の適切な形状およびサイズ、および／または構成であり得る。

30

【0019】

システム38はまた、チャンバ41内に1つ以上の正味質量流束ゼロの（ZNMF）アクチュエータ48を含む。これらのアクチュエータ48は、前記エーロフォイルを通る抽気を少なくとも増大させるように構成され、および位置付けられる。アクチュエータ48の有無にかかわらず、注入口32、排気口36、それらの間の導管34によっていくらかの受動抽気が発生することがあり、ロータ10の回転によって遠心ポンプ力がもたらされる。アクチュエータ48は、誘導壁を通じて集合的に流体を誘導し、および1つ以上の排気ポートを通じて選択的に流体を排気することにより、受動抽気を増大させ得る。

40

【0020】

例えば、および図3～図5を参照して、ZNMFアクチュエータ48、148は、サイクルの吸気部分の間に蛇腹式の動作を模倣して流体をチャンバ41（図3）およびアクチュエータ48、148の中へと引き入れることができ（図4に最も良好に図示される）、

50

およびサイクルの呼気部分の間に流体を押し出すことができる（図5に最も良好に図示される）。それぞれのアクチュエータ48、148は、誘導壁39（図3）と排気ポート44のうちの対応するものとの間で流体連通し、これらと軸方向に整列したオリフィス49、149を含み得る。排気ポート44は、例えば、排気壁40からチャンバ41へと内向きに伸長し得るノズル46を含み得る（図3）。すべての作動流体がアクチュエータ48、148の中へと引き入れられる必要はない。むしろ、注入口32（図3）を通して誘導された流体の一部分のみがアクチュエータ48、148の中へと吸い込まれ、アクチュエータ48、148から吐き出される。かかる呼気は、流れを増大させるか、または他の部分の流体の排気ポート44（複数可）を通る流れの巻き込みを増進する働きをし得る。

【0021】

図4を参照して、アクチュエータのオリフィス149は、対応する排気ポート44と位置合わせされ得る。例えば、図示されるように、アクチュエータのオリフィス149は、ノズル46を通して長手方向に伸長する排気軸Eに沿った方向でノズル46と軸方向に重なる。別の例において、図示されるように、ノズル46は、アクチュエータのオリフィス149よりも直径が大きい場合がある。オリフィス149は、任意の他の適切な手法で排気ポート44と位置合わせされ得る。

【0022】

図3を参照して、ノズル46は、排気壁の内側40に入口45を、および排気壁の外側40に出口47を含み得る。図示されるように、ノズル46は概して円錐台形状であってもよく、ノズル入口45はノズル出口47よりも大きい直径を有してもよく、およびアクチュエータのオリフィス49は開口端で円錐形に収束し、ノズル入口45に取り囲まれていてもよい。したがって、アクチュエータ48および排気口44の配列は、効率的なポンピングおよび流体の流れの正確な制御のためのパルス可能エジェクタまたはシンセティックジェットを提供し得る。

【0023】

システム38はまた、アクチュエータ48と連絡するコントローラ52を含み得る。概して、コントローラ52は、格納された命令および／またはデータに照らして任意の適切なセンサおよび任意の他の適切な入力デバイスからの入力を受信して処理し、アクチュエータ48に連結された電源（図示せず）、アクチュエータ48自体、電源とアクチュエータ48との間のスイッチ、および任意の他の適切なデバイスに出力信号を送信し得る。コントローラ52は、システム38を動作させるための電気または電氣的パルスをアクチュエータ48に提供するようにプログラムされ得る。アクチュエータ48のパルスの持続時間および同期は、抽気の流れの巻き込みを最大限とするように最適化され得る。パルスは、アクチュエータの循環的動きと流体の慣性／圧縮率特性との間のやりとりを最適化するために、数ナノ秒程度の短さでもよく、または必要に応じた長さでもよく、また非常に速い速度（数KHzまで）で繰り返されることができる。

【0024】

コントローラ52は、例えば、電気回路、電子回路またはチップ、および／またはコンピュータを含み得る。別個に示されていないが、コントローラ52は概して、プロセッサ、プロセッサに連結され得るメモリ、およびコントローラ52を1つ以上の他のデバイスと連結する1つ以上のインターフェースを含み得る。図示されていないが、コントローラ52および他の電気動力システムデバイスには、例えば、アクチュエータの動作に適した電圧に調整するための1つ以上の変圧器と結合され得る、1つ以上のバッテリー、燃料電池、または同等物などの、比較的低電圧の電源によって電気が供給され得る。

【0025】

コントローラプロセッサは、アクチュエータ48のための少なくともいくつかの機能性を提供する命令を実行し得る。本明細書において用いられる場合、「命令」という用語は、例えば、制御論理、コンピュータソフトウェア、および／またはファームウェア、プログラム可能命令、または他の適切な命令を含み得る。プロセッサは、例えば、1つ以上のマイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、特定用途向け集積回路、プログラム可能論

10

20

30

40

50

理デバイス、フィールドプログラマブルゲートアレイ、および／または任意の他の適切な種類の電子処理デバイス（複数可）を含み得る。

【0026】

また、コントローラのメモリは、によって受け取られた、またはコントローラにロードされたデータ用、および／またはプロセッサで実行可能な命令用に記憶装置を提供するように構成され得る。データおよび／または命令は、例えば、ルックアップテーブル、式、アルゴリズム、マップ、モデル、および／または任意の他の適切な形式として格納され得る。メモリは、例えば、RAM、ROM、EPROM、および／または任意の他の適切な種類の記憶装置物品および／またはデバイスを含み得る。

【0027】

さらに、コントローラのインターフェースは、例えば、アナログ／デジタルまたはデジタル／アナログ変換器、シグナルコンディショナ、増幅器、フィルタ、他の電子デバイスまたはソフトウェアモジュール、および／または任意の他の適切なインターフェース、を含み得る。インターフェースは、例えば、RS-232、並列、小型コンピュータシステムインターフェース、ユニバーサルシリアルバス、および／または任意の他の適切なプロトコル（複数可）に適合し得る。インターフェースは、コントローラが他のデバイスと連絡することを支援または可能にするため、回路、ソフトウェア、ファームウェア、または任意の他のデバイスを含み得る。

【0028】

図6は、エーロフォイルの境界層を制御するための能動抽気システム138の例示的实施形態を示す。本実施形態は、多くの点において図1～図6の実施形態に類似し、いくつかの作図の表示を通してこれらの実施形態間における同様の数字は概して同様または対応する要素を指定する。したがって、本実施形態の記載は本明細書において互いに組み込まれ、これらの実施形態に共通する主題の記載は概して繰り返されない場合がある。

【0029】

システム138は、明確にするために省略された誘導壁、1つ以上の排気壁140、およびチャンバ141を持つ筐体を含む。排気壁（複数可）140は、どちらかが明確にするために省略されている側壁140aおよび端壁140b、ならびに底壁140dを含み得る。壁140のうちの1つ以上は、1つ以上の排気ポート144を有し得る。排気ポート144は、例えば、排気壁（複数可）140からチャンバ41へと内向きに伸長し得るノズル146を含み得る。ノズル146は、排気壁140の内側に入口145を、排気壁140の外側に出口147を含み得る。

【0030】

システム138はまた、チャンバ141内に複数のZNMFAクチュエータ148を含む。アクチュエータ148は、図示されるように、例えば、側壁140a、端壁140b、および底壁140dに関連付けられるアクチュエータ148を含む筐体内に均等に配分され、アレイ状に配列されてもよく、または任意の他の適切な構成であり得る。それぞれのアクチュエータのオリフィス149は、対応する排気ポート144と位置合わせされ得る。例えば、図6に図示されるように、アクチュエータのオリフィス149は、軸方向にノズル146と重なる。また、図7に図示されるように、ノズル入口145は、アクチュエータのオリフィス149よりも直径が長くてもよく、これと同心円状に整列し得る。図示された例において、壁140a、140b、140dはそれぞれ、対応するノズル146およびアクチュエータ148を有する。

【0031】

本明細書に開示される抽気通路30およびシステム38は、ロータのブレード14の吸引面28にわたる境界層剥離を低減、排除、または防止し、ブレード14の抗力および効率の悪さを付随して低減、排除、または防止する。例えば、抽気通路30およびシステム38は、流れが層流であるか乱流であるかに関わらず境界層剥離を低減、排除、または防止するために用いられることができ、および低レイノルズ数の用途における使用に特に有用であり得る。例えば、本明細書に開示される抽気通路30およびシステム38は、プロ

10

20

30

40

50

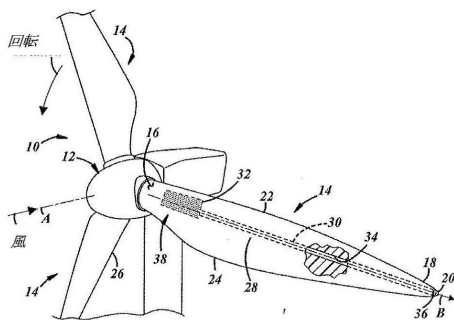
ペラを回転させるために必要とされる電力を低減させ、高高度および／または低速回転におけるプロペラの効率を高めることができると考えられる。さらに、抽気通路 30 およびシステム 38 は、比較的重量が軽く、コストが低い。本明細書に開示される抽気または能動制御システムは層流および／または乱流境界層剥離を遅延、低減、または防止し得るが、本発明は層流または乱流境界層に限定されない。本開示システムは、複雑なタービンに依存するのではなく、抽気の流れを自然発生の低圧「シンク」に導き、抽気の流れを機外に「噴出」させる。開示されるシステムがなければ、ブレード外部に隣接する自然発生の圧は、十分な低圧「シンク」を提供するには高すぎることであり得る。

【0032】

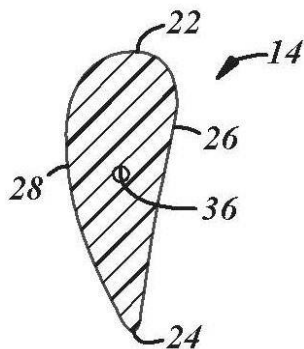
本明細書は、発明の制限を記載するのではなく、特許請求の範囲に列挙される本発明の実施形態の例の単なる説明である。本明細書の言語は、したがって、もっぱら説明用であり限定するものではない。明らかに、本明細書の記載が教示する内容から本発明を変更することは可能である。特許請求の範囲内で、当業者は上述した以外にも本発明を実施することができる。

10

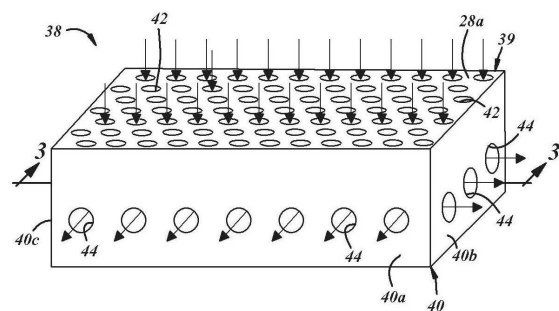
【図 1】



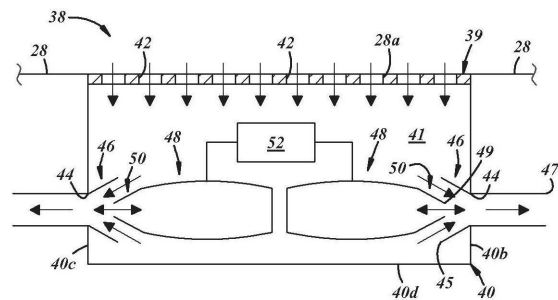
【図 1 A】



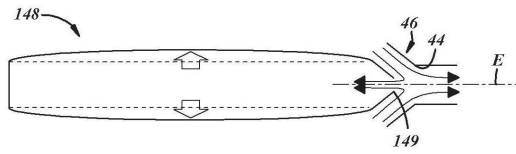
【図 2】



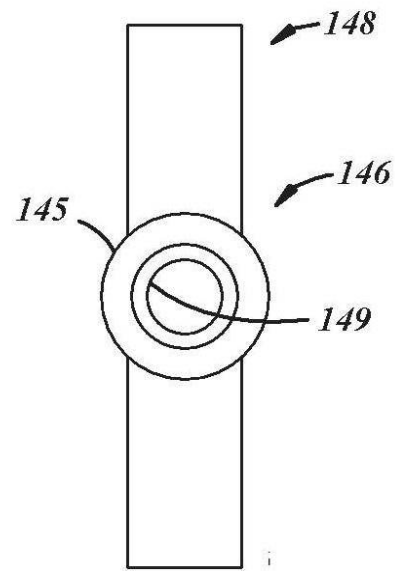
【図 3】



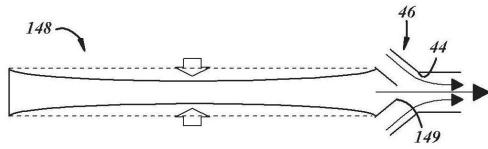
【図 4】



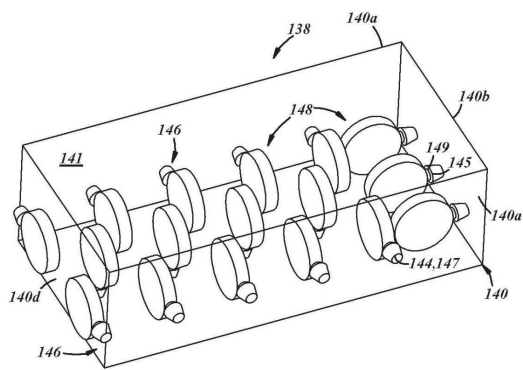
【図 7】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

- (72)発明者 ニール デービッド ドメル
アメリカ合衆国 テキサス州 76008 フォート ワース ホロー クリーク コート 41
45
- (72)発明者 ジェフリー ジー ハイクス
アメリカ合衆国 テキサス州 76063 マンスフィールド マラード サークル 1709
- (72)発明者 ダニエル エヌ ミラー
アメリカ合衆国 ワシントン州 98110 ベインブリッジ アイランド ウッドバンク ドラ
イブ ノースイースト 8874

審査官 富永 達朗

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2002/0195526 (US, A1)
特公昭14-004635 (JP, B1)
特開2011-247419 (JP, A)
米国特許出願公開第2011/0309201 (US, A1)
米国特許第06457654 (US, B1)
特表2000-513673 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| F15D | 1/02 |
| B64C | 21/06 |
| F03D | 80/00 |