

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6131010号
(P6131010)

(45) 発行日 平成29年5月17日(2017.5.17)

(24) 登録日 平成29年4月21日(2017.4.21)

(51) Int.Cl.

FO2K 3/06 (2006.01)
FO1D 25/00 (2006.01)
FO2C 7/00 (2006.01)

F 1

FO2K 3/06
FO1D 25/00
FO2C 7/00F
F
F

請求項の数 9 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2012-180696 (P2012-180696)
 (22) 出願日 平成24年8月17日 (2012.8.17)
 (65) 公開番号 特開2013-44328 (P2013-44328A)
 (43) 公開日 平成25年3月4日 (2013.3.4)
 審査請求日 平成27年8月12日 (2015.8.12)
 (31) 優先権主張番号 13/214,718
 (32) 優先日 平成23年8月22日 (2011.8.22)
 (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・カンパニー
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州 123
 45、スケネクタディ、リバーロード、1
 番
 (74) 代理人 100137545
 弁理士 荒川 聰志
 (74) 代理人 100105588
 弁理士 小倉 博
 (74) 代理人 100129779
 弁理士 黒川 俊久
 (74) 代理人 100113974
 弁理士 田中 拓人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】金属ファンブレードプラットフォーム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ファンロータ組立体であって、
 ダブテールスロット(94)の環状アレイを含むロータ(16)と、
 前記ロータ(16)のダブテールスロット(94)の1つに係合されるダブテール(96)と、前記ダブテール(96)から半径方向外向きに延びる翼形部とを各々が有するファンブレード(18)のアレイと、
 を備え、前記ファンブレード(18)の隣接するファンブレード間に複数のスペースが存在し、

前記ファンロータ組立体が更に、前記隣接するブレード間のスペース内に配置されるプラットフォーム(34)のアレイを備え、該プラットフォーム(34)が、 10

互いに反対側にある前端及び後端と、互いに反対側にある横方向の縁部とを有する金属弓形本体(40)と、

前記横方向縁部から横方向に且つファンブレード(18)に向かって前記本体(40)を越えて前記ロータから離れるように半径方向外側に延びる脆弱ウイング(42)のペアと、

を含み、

前記プラットフォーム(34)の各々の各横方向縁部と、前記隣接するファンブレード(18)との間にギャップが存在する、
 ファンロータ組立体。

【請求項 2】

前記本体(40)及び前記ウイング(42)が単体構造部材の一部を形成する、請求項1に記載のファンロータ組立体。

【請求項 3】

前記横方向縁部の一方が凹曲面を有し、前記横方向縁部の他方が凸曲面を有する、請求項1又は2に記載のファンロータ組立体。

【請求項 4】

前記ウイング(42)の前記ペアの一方が凹曲面を有し該ペアの他方が凸曲面を有する、請求項1～3の何れかに記載のファンロータ組立体。

10

【請求項 5】

前記各ウイング(42)と前記本体(40)の外側表面との間の傾斜角が90度よりも大きく180度よりも小さい、請求項1～4の何れかに記載のファンロータ組立体。

【請求項 6】

前記各ウイング(42)の根元の厚みに対する前記各ウイング(42)の先端の厚みの比が1よりも小さい、請求項1～5の何れかに記載のファンロータ組立体。

【請求項 7】

前記各ウイング(42)の半径方向長さが、前記ギャップのサイズよりも実質的に大きい、請求項1～6の何れかに記載のファンロータ組立体。

20

【請求項 8】

前記各ウイング(42)の各々の先端と前記隣接するファンブレード(18)との間に配置される弾性シール部材(62)を更に備える、請求項1～7の何れかに記載のファンロータ組立体。

【請求項 9】

前記各プラットフォーム(34)が、該プラットフォーム(34)の前端から軸方向外向きに延びる前方取付フランジ(64)と、前記プラットフォーム(34)の後端から軸方向外向きに延びる後方取付フランジ(66)とを通じて前記ロータ(16)に取り付けられる、請求項1～8の何れかに記載のファンロータ組立体。

30

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、全体的に、ガスタービンエンジンのタービンに関し、より詳細には、このようなエンジンにおいて隣接ファンブレード間に配置された離散的空気流プラットフォームに関する。

【背景技術】**【0002】**

飛行中の航空機に動力を供給するのに使用されるターボファンガスタービンエンジンは通常、直列流れ関係で、ファン組立体、低圧圧縮機又は「ブースタ」、高圧圧縮機、燃焼器、高圧タービン、及び低圧タービンを含む。燃焼器は、燃焼ガスを発生し、該燃焼ガスは連続的に高圧タービンに送られ、ここで燃焼ガスが膨張して高圧タービンを駆動し、次いで、低圧タービンに送られ、ここで更に膨張して低圧タービンを駆動する。高圧タービンは、第1のロータシャフトを介して高圧圧縮機に駆動可能に接続され、低圧タービンは、第2のロータシャフトを介してファン組立体及びブースタの両方に駆動可能に接続される。

40

【0003】

ファン組立体は、ロータディスクから半径方向外向きに延びた、複数の円周方向に離間したファンブレードを含む。ファンブレードは、一般に、翼形部セクションと一体的ダブテール根元セクションとを備える。ダブテールセクションは、ブレードをロータディスク

50

に取り付けるためにロータディスク内に形成される相補的構成のダブテールスロットに滑動可能に受けられる。ファンブレードは通常、チタンのような金属か又は複合材料の何れかで作られる。

【0004】

周知のファン組立体は、異物損傷、例えば、鳥又は霰などの異物の侵入による損傷を受けやすい。大きな異物がファンブレードに衝突した場合、ファンブレード又はその一部がロータディスクから破断する可能性がある。剥離されたファンブレードは、隣接するファンブレードに損傷を与え、ファン組立体に大きな不均衡をもたらす恐れがある。更に、剥離されたファンブレードは、ファンケーシングによって閉じ込められない場合には、エンジンにより動力が供給されている航空機自体にかなりの損傷を生じる可能性がある。吸込み事象の際に失われるブレード量を低減するために、ブレードに加わる過大な力に応答してダブテールスロット内でのブレード根元セクションの限定した回転を可能にするよう 10 ファン組立体を設計することが知られている。この回転により、多くの場合、ベースでのブレードの破損が阻止される。

【0005】

エンジン作動中、周囲空気流が回転ブレード間に送られて加圧され、これにより飛行中の航空機に動力を供給するスラスト（推力）を発生させる。ブレード間に送られる空気流の半径方向内側流路境界は、ロータディスク付近で隣接するファンブレード間に位置付けられるファンプラットフォームによって提供される。一体的に形成されるプラットフォームを有するファンブレードを製造することは公知である。しかしながら、これは、ファンブレード翼形部及びプラットフォーム両方からの遠心荷重がファンブレードダブテールによって支持されなければならず、これには適度に大型のダブテールであることが必要となり、その結果、遠心加重の全てを許容可能な応力限界内に対応するために適度に大型のロータディスクが必要となることを意味する。更に、このような一体的に形成されたプラットフォームに対する損傷は、多くの場合、ブレード全体の交換が必要となる。また、複合材のファンブレードの場合には、プラットフォームをブレードと一体的に形成することは、製造上の観点から実行可能ではない。 20

【0006】

従って、ファン組立体は、隣接するファンブレード間のロータディスクに独立して接合される離散的プラットフォームを用いて開発してきた。これらの別個のプラットフォームは、運転中に遠心荷重と、バードストライクなどに起因するような衝突荷重との両方に対応するのに好適な強度を有する必要がある。 30

【0007】

このような構成の1つには、横方向に延びるウイングを備えた構造体を含む複合材プラットフォームがある。複合材プラットフォームは、異物吸込みの際にファンブレードに損傷を与えるのを防ぐ程度に脆弱である。このタイプのプラットフォームは効果的であるが、通常は、十分な構造的強度を得るために箱形の構成を必要とし、空気力学的効率の目的に望ましい大きさよりも大きなものとなる。更に、複合材構造は、製造が比較的高価である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】米国特許第7,153,099号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

従って、隣接するファンブレードの回転能力を制限せず、小型で製造が容易であり、安価であるファンプラットフォームに対する要求がある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

10

20

30

40

50

この要求は、横方向及び半径方向に延びる脆弱ウイングを有する金属ファンプラットフォームを提供する、本発明によって対処される。

【0011】

本発明の1つの態様によれば、ロータディスクに接合される隣接するファンブレード間で使用して内側流路境界を提供するためにプラットフォームが設けられる。プラットフォームは、対向する前端及び後端と対向する横方向縁部とを有する金属弓形本体と、前記横方向縁部から横方向に且つ前記本体を越えて半径方向に延びる脆弱ウイングのペアと、を含む。

【0012】

本発明の別の態様によれば、ファンロータ組立体は、ダブルスロットの環状アレイを含むロータと、ロータのダブルスロットの1つに係合されるダブルと、ダブルから半径方向外向きに延びる翼形部とを各々が有するファンブレードのアレイと、を含み、ファンブレードの隣接するファンブレード間に複数のスペースが存在し、ファンロータ組立体が更に、隣接するブレード間のスペース内に配置されるプラットフォームのアレイを含み、該プラットフォームが、対向する前端及び後端と、対向する横方向の縁部とを有する金属弓形本体と、横方向縁部から横方向に且つファンブレードに向かって本体を越えて半径方向に延びる脆弱ウイングのペアと、を有する。

【0013】

本発明は、添付図面と共に以下の説明を参照することにより最もよく理解することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の1つの態様に従って製造されたファンプラットフォームを含む、例示的なターボファンガスタービンエンジンの部分断面図。

【図2】本発明の1つの態様に従って製造されたファンプラットフォームの拡大断面図。

【図3】ファンロータの一部の軸方向断面図。

【図4】図2に示すファンプラットフォームの軸方向断面図。

【図5】正常作動条件下でのファンロータの一部の軸方向断面図。

【図6】異物衝突時のファンロータの一部の軸方向断面図。

【図7】ファンロータの一部の斜視図。

【発明を実施するための形態】

【0015】

種々の図を通して同じ参照符号が同じ要素を示す図面を参照すると、図1は、飛行中の航空機に動力を供給するのに使用される例示的なターボファンガスタービンエンジン10を示している。エンジン10は、従来の低圧タービン(図示せず)によって動力が供給される従来のファンシャフト14により回転するファン組立体12を含む。ファン組立体12は、ロータディスク16を含み、ここから複数の円周方向に離間したファン又はロータブレード18(図1では1つだけ図示されている)が半径方向外向きに延びる。ロータブレード18は、金属でもよく、又は非金属であってもよい。例えば、ロータブレードは、炭素繊維、すなわち、エポキシ複合材又は他の同様の材料から作ることができる。ロータディスク16は、軸方向に離間した前端20及び後端22それぞれと、これらの間を延びる半径方向外側表面24とを含む。

【0016】

ファン組立体12の下流側に配置されるのは、軸方向に離間したベーン及びブレード列を有する従来の低圧圧縮機又は「ブースタ」26であり、このブレードはブースタスプール又はシャフト28に接合されている。ブースタシャフト28は、複数のボルト30によりロータディスク後方側部22に好適に固定接合される。スピナー32は、ロータディスクの前方側部20に接合され、ファン組立体12に流入する空気38に対する空力流路を提供する。

【0017】

10

20

30

40

50

本発明は、ファンブレード18の間に設けられる複数の離散的プラットフォーム34(その1つだけが図1に示されている)を含み、各プラットフォーム34は、ファンブレード18のそれぞれの隣接するファンブレード18の間で且つロータディスク16を半径方向で越えて配置される。プラットフォーム34の各々は、それぞれの隣接するファンブレード18の間に延びる半径方向外側表面36を有し、該ファンブレード18間に空気38を送るための内側流路境界を全体として定めるようにする。従って、プラットフォーム34は、スピナー32とブースタ26との間のエンジン流路形成を維持する役割を果たす。

【0018】

図2～4を参照すると、単一のファンプラットフォーム34がより詳細に示されている。各プラットフォーム34は、外側表面36を定める本体40と、実質的にU字形配置の断面(図4を参照)で本体40に接合される外向きに延びるウイング42のペアとを備えた、機能的に単体構造の部材である。プラットフォーム34は、好適な強度を維持しながらプラットフォーム34の全体コスト及び製造の複雑さを低減するために、金属合金から作られるのが好ましい。ガスタービンエンジン用途に好適な合金の実施例は、アルミニウム、鋼鉄、及びチタン合金である。プラットフォーム34は、鋳造、鍛造、及び/又は機械加工などの従来の方法で製作することができ、各プラットフォーム34は、より小さな構成要素から構成されてもよく、或いは、単一構成の一体的な、すなわち単体構造の構成要素であってもよい。図2で最もよく分かるように、プラットフォーム34は、ディスク前端20付近に配置される前端44と、ディスク後端22付近に配置される軸方向に対向する後端46とを有する。本体40は、プラットフォームの質量の大部分を与え、そのため遠心荷重を支持するのに必要な強度をプラットフォーム34に提供する。図示の実施例において、本体40は、部分的回転体である単層の弓形構造であるが、特定用途に合わせて特定の物理的構成に修正することができる。本体40は、前端44と後端46との間に延びる離間した横方向縁部41及び43を含む。

【0019】

プラットフォーム34は、前端44から軸方向外向きに延びる弓形前方取付フランジ64と、後端46から軸方向外向きに延びる後方取付フランジ66とを有する。前方及び後方取付フランジ64、66は、半径方向外向きに面する前方及び後方当接面68及び70それぞれと、軸方向に面する前方及び後方当接面72及び74それぞれとを定めるように構成される。

【0020】

流路表面部分42は、ファンの過速度要件、低サイクル疲労、及び吸込み要件に適合するのに必要な強度を提供する。ウイング34を含めて、プラットフォーム34を製造するのに用いられる金属合金は通常、ファンブレード18を製造することができる非金属複合材と比べてより延性があり、脆性が低い。結果として、プラットフォーム34が単純な円筒断面であった場合、ファンブレード18とプラットフォーム34との間に強い衝突破壊荷重を受けたときにファンブレード18に損傷を与える傾向がある。従って、本体40の横方向の範囲は、隣接するファンブレード18との間に小さな横方向間隔「S」があることになる。また、ウイング42は脆弱であり、ファンブレード18が移動した場合に大きく変形及び/又は破断するように提供され構成されている。この特性は、ウイング42の物理的寸法を選択することによりもたらすことができる。例えば、ウイング42は、根元45から先端47までテーパーにされる。より具体的には、ウイング42は、その先端47において第1の厚み「x」を有し、その根元45において第2の厚み「y」を有する。第2の厚みyは、第1の厚みxよりも大きい。換言すると、 $= x / y$ で定義されるウイング42の「テーパー比」は1よりも小さい。ウイング42の傾斜角はまた、ファンブレード18の移動に応答してウイング42の曲げ撓みを促進するよう選択される。具体的には、各ウイング42と外側表面36との間の傾斜角 θ は90度よりも小さい。最後に、各ウイング42の長さ「L」は、本体40とファンブレード18との間の横方向間隔「S」よりも実質的に大きい。これらのパラメータ(テーパー比、ウイング角、及び長さ比)は、特定の用

10

20

30

40

50

途に合わせて変えることができる。

【0021】

図7で最もよく分かるように、各ファンブレード18は、前縁49と後縁51とを有する。対向する凸状及び凹状側面53及び57それぞれが、前縁49と後縁51との間に延びる。ファンブレード18は、大きなキャンバ量を組み込んでいる。ウイング42は、このキャンバを辿るような曲線輪郭が付けられ、その結果、隣接するウイング42は、ファンブレード18の前縁49及び後縁51にて互いに適合することになる。必要であれば、本体40の横方向縁部41及び43はまた、ファンブレード18のキャンバを辿るような曲線輪郭を付けることができ、すなわち、換言すると、一方の側方縁部41が凹面状となり、他方の側方縁部43が凸面状となる。

10

【0022】

各ウイング42の外側横方向縁部は、エンジン作動中にファンブレードの空気漏洩をシールするために弾性シール部材62を備える。縁部シール62は、接着材によりウイング41に接合することができ、シリコーン又は別のエラストマー材料のような好適な材料から作られる。

【0023】

図2に示すように、プラットフォーム34は、前方支持リング76及び後方支持リング78により保持される。前方支持リング76は、内側セグメント80を含む環状部材であり、該内側セグメント80は、外側セグメント82から半径方向に離間して配置され、これらの間に環状の後方に面する溝84が定められるようになる。前方支持リング76は、例えば、複数のボルト(図示せず)によりその遠位端においてロータディスク16の前端20に固定接合される。半径方向外側セグメント82は、前方取付フランジ64と重なって半径方向前方当接面68を係合し、これにより、プラットフォーム34の前端44をエンジン作動中のロータディスク16の回転時の遠心荷重に起因した半径方向外向きの移動に対して保持する。その上、外側セグメント82の遠位端が軸方向に面する前方当接面72に当接し、プラットフォーム34を前方軸方向移動に対して保持する。任意選択的に、前方支持リング76は、他の部分は従来と同様のスピナー32の一体部分とすることができます。単層本体40を有するプラットフォーム34の金属構造により、前方支持リング76の半径方向高さ「R」を従来技術のプラットフォームの場合よりも大幅に小さくすることが可能となる。これは、ファン組立体12の空気力学的効率の向上をもたらす。

20

【0024】

後方支持リング78は環状部材である。図示の実施例では、後方支持リング78は実質的にV字形断面であり、半径方向内側セグメント86と半径方向外側セグメント88とを含み、当接部90を定める交点にて共に接合される。内側セグメント86は、その遠位端においてブースタシャフト28上に形成された取付フランジ92に固定接合される。当接部90は、後方取付フランジ66と重なって半径方向後方当接面70を係合し、これにより、プラットフォーム34の後端46をエンジン作動中のロータディスク16の回転時の遠心荷重に起因した半径方向外向きの移動に対して保持する。当接部90はまた、軸方向に面する後方当接面74を係合し、プラットフォーム34を後方の軸方向移動に対して保持するようになる。

30

【0025】

図5及び6を参照すると、ロータディスク16は、ディスク外側表面24から半径方向内向きに延びる複数の円周方向に離間したダブテールスロット94を含み、該ダブテールスロット94間のディスク部分はまた、ダブテールポストとして知られる。ファンブレード18の各々は、軸方向嵌め込み式の相補的なダブテールの形態の一体的根元セクション96を含む。ダブテール根元セクション96は、ファンブレード18をロータディスク16に取り付けるためのダブテールスロット94のそれぞれのスロット内に配置される。当技術分野で周知のように、ダブテールスロット94及び根元セクション96は、ブレード18に加わる過大な力に応答してダブテールスロット94内の根元セクション96の限定した回転を可能にするように設計される。このブレードの回転機能により、異物損傷に

40

50

に対するブレードの脆弱性が実質的に低減される。

【0026】

正常作動条件下でのファン組立体12を示した図5に示すように、本体40は、ロータディスク16及び隣接ブレード18と十分なクリアランスを提供するようなサイズにされ且つ構成され、プラットフォーム34とブレード18又はロータディスク16との間を拘束することによりブレードの回転機能が過度に妨げられないようとする。従って、図6に示すように、ファンブレード18の1つ(図では最左のブレード)が異物によって固着されている場合、ブレード18は、衝突に応答してダブルスロット94内で回転するようになる。ブレード18が回転すると、ウイング42が変形及び/破断し、ブレード18を通常は約18度の回転機能によって回転させることが可能となる。吸込み事象の際にはウイング42は破壊されるが、プラットフォームの質量の大部分を与える本体40は、相対的に損傷を受けていない状態のままである。従って、プラットフォームの質量のほんの少しが失われ、内側流路境界を形成する役割のほとんどが保持される。

【0027】

上述のプラットフォーム34及びファン組立体12は、従来技術に優る複数の利点を有する。詳細には、金属プラットフォーム34は、製造時間の短縮及び部品コストの低減の恩恵を享受すると共に、脆弱なウイング42及び簡単に支持される拘束部は、過度の力学的事象の際に複合材ファンブレードの回転要件に影響を及ぼすことがない。その上、このプラットフォーム構成は、前縁における保持構造のサイズを低減することができ、従って、複合材ファンの効率及びファン流の両方を増大させる。

【0028】

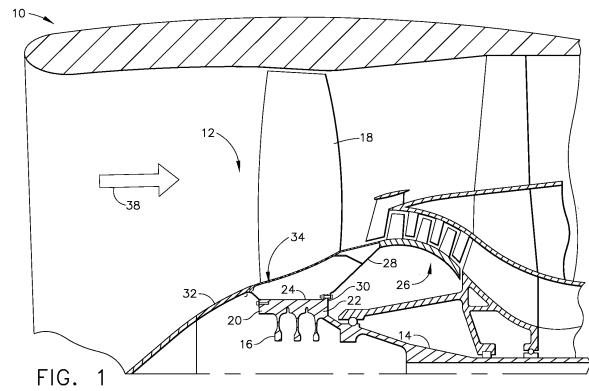
以上、隣接ファンブレードの回転機能及びこのようなプラットフォームを製造するプロセスを制限しない離散的な金属ファンプラットフォームについて説明した。本発明の特定の実施形態を説明してきたが、添付の請求項によって定義される本発明の技術的思想及び範囲から逸脱することなく種々の修正形態を実施できることは、当業者であれば理解されるであろう。

【符号の説明】

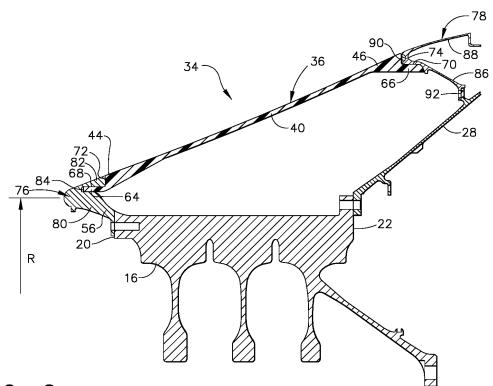
【0029】

10	ターボファンガスタービンエンジン	30
12	ファン組立体	
14	ファンシャフト	
16	ロータディスク	
18	ロータブレード	
20	前端	
22	後端	
24	半径方向外側表面	
26	低圧圧縮機又はブースタ	
28	シャフト	
30	ボルト	
32	スピナー	
34	プラットフォーム	40

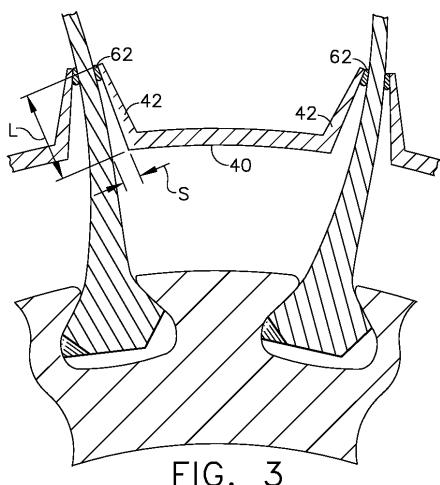
【 図 1 】



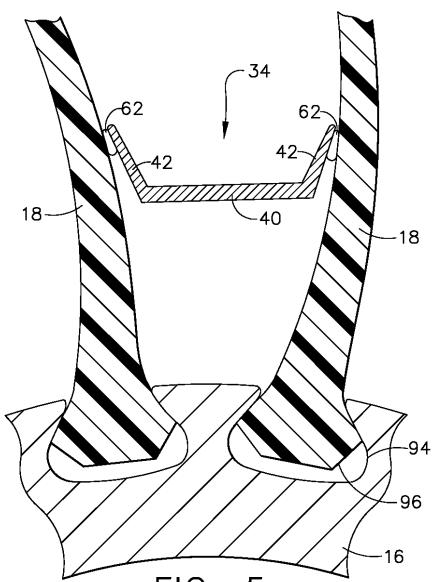
【図2】



【図3】



【図5】



〔 4 〕

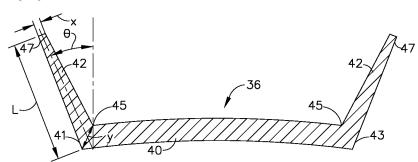


FIG. 4

【図6】

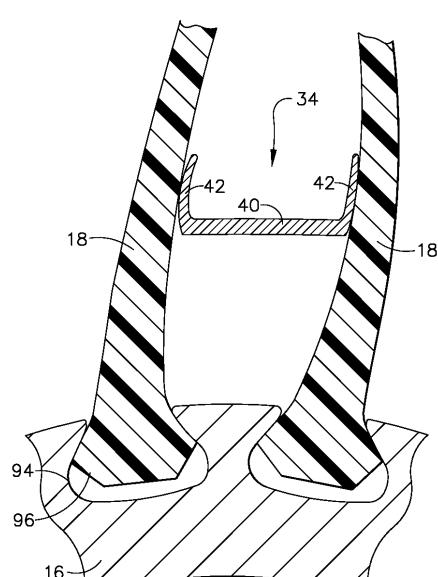


FIG. 6

【図7】

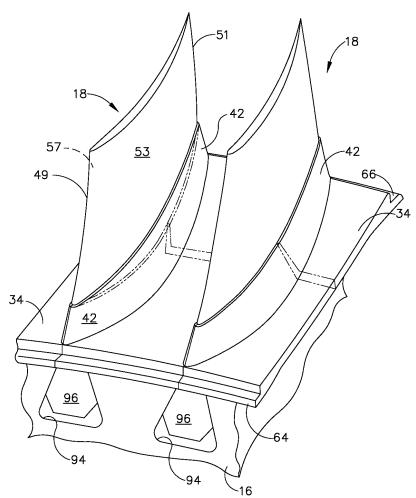


FIG. 7

フロントページの続き

- (72)発明者 ニコラス・ジョセフ・クレイ
アメリカ合衆国、オハイオ州、ウエスト・チェスター、アビエイション・ウェイ、6380番
- (72)発明者 グレゴリー・アレン・プラット、ジュニア
アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナッティ、ワン・ニューマン・ウェイ
- (72)発明者 マシュー・ロバート・ヘイスティングス
アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナッティ、ワン・ニューマン・ウェイ
- (72)発明者 ゲイリー・ウィラード・ブライアント、ジュニア
アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナッティ、ワン・ニューマン・ウェイ
- (72)発明者 ジャスティン・ジェフリー・クラール
アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナッティ、ワン・ニューマン・ウェイ

審査官 橋本 敏行

- (56)参考文献 特開2000-320491(JP, A)
特開2005-054784(JP, A)
特開2008-232151(JP, A)
特開2003-148102(JP, A)
特開2001-271792(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

F02K1/00 - 99/00