

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-120085

(P2017-120085A)

(43) 公開日 平成29年7月6日(2017.7.6)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO1D 5/20 (2006.01)	FO1D 5/20	3G202
FO1D 5/18 (2006.01)	FO1D 5/18	
FO1D 11/08 (2006.01)	FO1D 11/08	
FO2C 7/28 (2006.01)	FO2C 7/28	A
FO2C 7/00 (2006.01)	FO2C 7/00	D
審査請求 未請求 請求項の数 20 O L 外国語出願 (全 24 頁)		

(21) 出願番号 特願2016-247335 (P2016-247335)
 (22) 出願日 平成28年12月21日 (2016.12.21)
 (31) 優先権主張番号 14/979,788
 (32) 優先日 平成27年12月28日 (2015.12.28)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 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
 (74) 代理人 100113974
 弁理士 田中 拓人

最終頁に続く

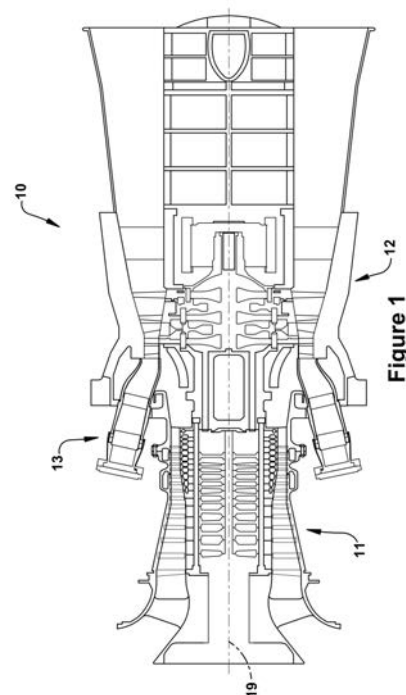
(54) 【発明の名称】 先端シュラウドの設けられたタービンロータブレード

(57) 【要約】

【課題】 エーロフォイルおよび先端シュラウドを含むガスタービン用のロータブレードを提供する。

【解決手段】 先端シュラウドは、機外側表面から放射方向に突出し周方向に延在する、封止レールを有し得る。先端シュラウドは、回転の前側となる周方向面、回転の後側となる周方向面、および封止レールの機外側面をさらに含み得る。先端シュラウドを、周方向において、3つの平行な基準区画、すなわち、回転前縁区画、回転後縁区画、および、これらの間に形成されこれらを分離する中間区画へと分割できる。封止レールは、回転前縁区画および回転後縁区画の少なくとも一方内に全体が収容される、中空の空洞を含み得る。空洞は、回転の前側となる周方向面、回転の後側となる周方向面、および封止レールの機外側面のうちの少なくとも1つを通して形成された、口部を含み得る。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ガスタービン（１０）用のロータブレード（１６）において、

凹状正圧面（２６）と側方において対置された凸状負圧面（２７）との間に画定されたエーロフォイル（２５）であって、前記正圧面（２６）および前記負圧面（２７）が、軸方向において、対向する前縁（２８）と後縁（２９）との間に、かつ、放射方向において、機外側先端部（３１）と、前記ロータブレード（１６）をロータディスクに結合するように構成された根元（２１）に取り付けられる機内側端部との間に延在する、エーロフォイル（２５）と、

前記エーロフォイル（２５）の前記機外側先端部（３１）において支持され、対向する機内側表面（４５）と機外側表面（４４）との間に画定される、先端シュラウド（４１）であって、前記機外側表面（４４）から放射方向に突出し前記ロータブレード（１６）の回転方向において周方向に延在する封止レール（４２）を有する、先端シュラウド（４１）と、を含み、前記先端シュラウド（４１）が、

回転の前側となる周方向面（７２）、

回転の後側となる周方向面（７３）、および

前記封止レール（４２）の機外側面（５９）をさらに備え、

前記先端シュラウド（４２）が、周方向において、回転前縁区画（８２）、回転後縁区画（８３）、および、前記回転前縁区画（８２）と前記回転後縁区画（８３）との間に形成されこれらを分離する中間区画（８４）を含む、３つの平行な基準区画へと分割され、

前記回転前縁区画（８２）が、前記中間区画（８４）と前記回転の前側となる周方向面（７２）との間に画定され、

前記回転後縁区画（８３）が、前記中間区画（８４）と前記回転の後側となる周方向面（７３）との間に画定され、

前記封止レール（４２）が、前記回転前縁区画（８２）および前記回転後縁区画（８３）の少なくとも一方内に実質的に収容される空洞（９０）を備え、

前記空洞（９０）が、前記回転の前側となる周方向面（７２）、前記回転の後側となる周方向面（７３）、および前記封止レール（４２）の前記機外側面（５９）のうちの少なくとも１つを通して形成された口部（９１）を備える、ガスタービン（１０）用のロータブレード（１６）。

【請求項 2】

適正に中に設置されると仮定すると、前記ロータブレード（１６）が前記ガスタービン（１０）の配向特性に従って記述可能であり、

前記ガスタービン（１０）の前記配向特性が、

圧縮機（１１）およびタービン（１２）を通して延在する前記ガスタービン（１０）の中心軸に従って規定される、放射方向、軸方向、および周方向の相対的な位置付け、

前記圧縮機（１１）を備える前記ガスタービン（１０）の前方端部および前記タービン（１２）を備える前記ガスタービン（１０）の後方端部に対して規定される前方向および後方向、

前記圧縮機（１１）および前記タービン（１２）を通して画定される作動流体流路を通る作動流体の流れの期待される方向に対して規定される流れ方向であって、前記ガスタービン（１０）の前記中心軸と平行であり前記後方向に向けられた基準線を備える、流れ方向、ならびに

前記ガスタービン（１０）の動作中のロータディスクの期待される回転の方向に対して規定される回転方向を含み、

前記空洞（９０）が、前記回転前縁区画（８２）および前記回転後縁区画（８３）の前記少なくとも一方内に完全に収容される中空の空洞を備える、請求項 1 記載のロータブレード（１６）。

【請求項 3】

前記先端シュラウド（４１）が、薄い放射方向厚さを有する軸方向および周方向に延在す

10

20

30

40

50

る平面状の構成要素を備え、

前記回転の前側となる周方向面（７２）が、前記回転方向に向いて面する、前記先端シュラウド（４１）および前記封止レール（４２）の回転前縁（６２）を備え、

前記回転の後側となる周方向面（７３）が、前記回転方向とは反対に面する、前記先端シュラウド（４１）および前記封止レール（４２）の回転後縁（６３）を備え、

前記封止レール（４２）の前記機外側面（５９）が、機外側方向に面する前記封止レール（４２）の機外側縁部（５９）として画定される、請求項２記載のロータブレード。

【請求項４】

前記エーロfoil（２５）の前記機外側先端部（３１）が、回転前縁（６２）と回転後縁（６３）との間に規定される周方向範囲を備え、

10

前記中間区画（８４）の周方向範囲が、前記エーロfoil（２５）の前記機外側先端部（３１）の前記周方向範囲と一致する、請求項３記載のロータブレード（１６）。

【請求項５】

前記エーロfoil（２５）が機内側隅肉領域（４９）を含み、前記機内側隅肉領域（４９）が、前記エーロfoil（２５）の断面形状が漸進的に大きくなって前記エーロfoil（２５）の表面と前記先端シュラウド（４１）の前記機内側表面（４５）との間で移行する、前記先端シュラウド（４１）のちょうど機内側の放射方向区域を備え、

前記機内側隅肉領域（４９）が、回転前縁（６２）と回転後縁（６３）との間の周方向範囲を備え、

20

前記中間区画（８４）の周方向範囲が、前記エーロfoil（２５）の前記機内側隅肉領域（４９）の前記周方向範囲と一致する、請求項３記載のロータブレード（１６）。

【請求項６】

前記エーロfoil（２５）が機内側隅肉領域（４９）を含み、前記機内側隅肉領域（４９）が、前記エーロfoil（２５）の断面形状が漸進的に大きくなって前記エーロfoil（２５）の表面と前記先端シュラウド（４１）の前記機内側表面（４５）との間で移行する、前記先端シュラウド（４１）のちょうど機内側の放射方向区域を備え、

前記中間区画（８４）の周方向範囲が、前記機内側隅肉領域（４９）の上に張り出している前記封止レール（４２）の部分が中に存在するように構成される、請求項３記載のロータブレード（１６）。

【請求項７】

30

前記中間区画（８４）が、前記エーロfoil（２５）と前記先端シュラウド（４１）との間に形成された機内側隅肉領域（４９）と周方向において重なる前記封止レール（４２）の部分を、中に含むように構成され、

前記機内側隅肉領域（４９）が、前記エーロfoil（２５）の表面と前記先端シュラウド（４１）の前記機内側表面（４５）との間の間で滑らかに移行するように構成された、湾曲した凹状表面を備える、請求項３記載のロータブレード（１６）。

【請求項８】

前記回転の前側となる周方向面（７２）および前記回転の後側となる周方向面（７３）の各々が接触面を備え、

40

前記ロータブレード（１６）が、同じように構成されたロータブレード（１６）の列の中に適正に設置されるとき、前記回転の前側となる周方向面（７２）および前記回転の後側となる周方向面（７３）の前記接触面が、接合面にわたって協働的に係合するように構成される、請求項７記載のロータブレード（１６）。

【請求項９】

前記封止レール（４２）が対向するレール面を備え、前記レール面において、

前記封止レール（４２）の前方面（５６）が前記ガスタービン（１０）における前方向に対応し、

前記封止レール（４２）の後方面（５７）が前記ガスタービン（１０）における後方向に対応し、

前記回転前縁（６２）、前記回転後縁（６３）、および前記封止レール（４２）の前記

50

機外側面（５９）の各々が、前記封止レール（４２）の前記前方面（５６）と前記後方面（５７）との間にまたがりかつこれらに対してほぼ垂直であり、

前記封止レール（４２）が、前記先端シュラウド（４１）の前記機外側表面（４４）の周方向長さの実質的に全体にわたって延在し、

前記封止レール（４２）の前記機外側面（５９）が、前記先端シュラウド（４１）の前記機外側表面（４４）から、実質的に一定である前記封止レール（４２）の放射方向高さだけオフセットされる、請求項８記載のロータブレード（１６）。

【請求項１０】

前記封止レール（４２）が、前記回転前縁区画（８２）および回転後縁区画（８３）の各々内に完全に収容される前記空洞（９０）を備え、

前記ロータブレード（１６）が、前記タービン（１２）内で使用されるように構成されたタービンロータブレードを備え、

前記先端シュラウド（４１）が、前記ロータブレード（１６）内に形成される任意の冷却通路への、前記空洞（９０）のいずれかのどのような接続も阻止する固体構造を備え、前記冷却通路が、動作中に冷却剤が中を通して循環される、前記ロータブレード（１６）の任意の内側通路を備える、請求項９記載のロータブレード（１６）。

【請求項１１】

前記回転前縁区画（８２）内に形成された前記空洞（９０）が、前記口部（９１）が前記回転の前側となる周方向面（７２）を通して形成されるように、周方向に整列され、

前記回転後縁区画（８３）内に形成された前記空洞（９０）が、前記口部（９１）が前記回転の後側となる周方向面（７３）を通して形成されるように、周方向に整列される、請求項１０記載のロータブレード（１６）。

【請求項１２】

前記封止レール（４２）が、前記回転前縁区画（８２）および回転後縁区画（８３）の各々内に完全に収容される前記空洞（９０）のうちの複数を備え、

前記回転前縁区画（８２）内に形成された前記空洞（９０）が、各々の前記口部（９１）が前記回転の前側となる周方向面（７２）を通して形成されるように、周方向に整列され、

前記回転後縁区画（８３）内に形成された前記空洞（９０）が、各々の前記口部（９１）が前記回転の後側となる周方向面（７３）を通して形成されるように、周方向に整列される、請求項１０記載のロータブレード（１６）。

【請求項１３】

前記回転の前側となる周方向面（７２）が、これを通して形成された前記空洞（９０）の前記口部（９１）を封鎖するための、前記回転の前側となる周方向面（７２）に固止された一体でないカバープレート（９２）を含み、

前記回転の後側となる周方向面（７３）が、これを通して形成された前記空洞（９０）の前記口部（９１）を封鎖するための、前記回転の後側となる周方向面（７３）に固止された一体でないカバープレート（９２）を含む、請求項１２記載のロータブレード（１６）。

【請求項１４】

完全に前記回転前縁区画（８２）内に形成された前記空洞（９０）が、前記口部（９１）が前記封止レール（４２）の前記機外側面（５９）を通して形成されるように、放射方向に整列され、

完全に前記回転後縁区画（８３）内に形成された前記空洞（９０）が、前記口部（９１）が前記封止レール（４２）の前記機外側面（５９）を通して形成されるように、放射方向に整列される、請求項１０記載のロータブレード（１６）。

【請求項１５】

前記封止レール（４２）が、前記回転前縁区画（８２）および回転後縁区画（８３）の各々内に完全に収容される前記空洞（９０）のうちの複数を備え、

完全に前記回転前縁区画（８２）内に形成された前記空洞（９０）が、各々の前記口部

10

20

30

40

50

(91)が前記封止レール(42)の前記機外側面(59)を通して形成されるように、放射方向に整列され、

完全に前記回転後縁区画(83)内に形成された前記空洞(90)が、各々の前記口部(91)が前記封止レール(42)の前記機外側面(59)を通して形成されるように、放射方向に整列される、請求項14記載のロータブレード(16)。

【請求項16】

前記回転前縁区画(82)の前記空洞(90)の前記口部(91)が、規則正しい周方向間隔を備え、

前記回転後縁区画(83)の前記空洞(90)の前記口部(91)が、規則正しい周方向間隔を備える、請求項15記載のロータブレード(16)。

10

【請求項17】

ガスタービン(10)のタービン(12)内で使用するためのロータブレード(16)を製造する方法(200)において、前記ロータブレード(16)が、

凹状正圧面(26)と側方において対置された凸状負圧面(27)との間に画定されたエーロfoil(25)であって、前記正圧面(26)および前記負圧面(27)が、軸方向において、対向する前縁(28)と後縁(29)との間に、かつ、放射方向において、機外側先端部(31)と、前記ロータブレード(16)をロータディスクに結合するように構成された根元(21)に取り付けられる機内側端部との間に延在する、エーロfoil(25)と、

対向する機内側表面(45)と機外側表面(44)との間に画定される薄い放射方向厚さを有する、軸方向および周方向に延在する平面状の構成要素を備える先端シュラウド(41)であって、前記機外側表面(44)から放射方向に突出し前記ロータブレード(16)の回転方向において周方向に延在する封止レール(42)を有する先端シュラウド(41)と、を含み、前記先端シュラウド(41)が、

20

回転の前側となる周方向面(72)、

回転の後側となる周方向面(73)、および

前記封止レール(42)の機外側面(59)をさらに備え、

前記先端シュラウド(41)が、周方向において、回転前縁区画(82)、回転後縁区画(83)、および、前記回転前縁区画(82)と前記回転後縁区画(83)との間に形成されこれらを分離する中間区画(84)を含む、3つの平行な基準区画へと分割され、

30

前記回転前縁区画(82)が、前記中間区画(84)と前記回転の前側となる周方向面(72)との間に画定され、

前記回転後縁区画(83)が、前記中間区画(84)と前記回転の後側となる周方向面(73)との間に画定され、

前記方法(200)が、

前記回転前縁区画(82)および前記回転後縁区画(83)の一方内に完全に収容される標的の内側領域を選択するステップと、

前記回転の前側となる周方向面(72)、前記回転の後側となる周方向面(73)、および前記封止レール(42)の前記機外側面(59)のうちの1つの上で、標的の表面を選択するステップと、

40

前記標的の表面を通して前記標的の内側領域に空洞(90)を形成するステップと、を含む、方法(200)。

【請求項18】

前記標的の内側領域が、最小曲げ荷重基準に従って選択され、

前記空洞(90)を形成する前記ステップが、機械加工工程を介して、前記標的の表面を通して前記標的の内側領域をくり抜くことを含む、請求項17記載の方法(200)。

【請求項19】

前記空洞(90)を封鎖するために、前記標的の表面にカバープレートを固止するステップをさらに含む、請求項18記載の方法(200)。

【請求項20】

50

前記中間区画（８４）が、前記エーロフォイル（２５）と前記先端シュラウド（４１）との間に形成された機内側隅肉領域（４９）と周方向において重なる前記封止レール（４２）の部分と、中に含むように構成され、

前記機内側隅肉領域（４９）が、前記エーロフォイル（２５）の表面と前記先端シュラウド（４１）の前記機内側表面（４５）との間の間で滑らかに移行するように構成された、湾曲した凹状表面を備える、請求項１９記載の方法（２００）。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本出願は一般に、燃焼エンジンまたはガスタービンエンジンにおけるロータブレードの設計、製造、および使用に関連する、装置、方法、および／またはシステムに関する。より具体的には、ただし限定するものではないが、本出願は、先端シュラウドを有するタービンロータブレードに関係する、装置および組立体に関する。

【背景技術】

【０００２】

燃焼エンジンまたはガスタービンエンジン（以下「ガスタービン」）において、圧縮機内で加圧された空気が、燃焼器内の燃料を燃焼させて高温の燃焼ガスの流れを生成するために使用され、このときガスが１つまたは複数のタービンを通して下流に流れて、このことによりこれらからエネルギーを抽出できるようになっていることが、よく知られている。そのようなエンジンによれば、一般に、周方向に離間されたロータブレードの列が、支持するロータディスクから放射方向外向きに延在する。各ロータブレードは通常、ロータディスク内の対応するダブテールスロットにおけるブレードの組み付けおよび分解を可能にするダブテール、ならびにダブテールから放射方向外向きに延在しエンジンを通る作動流体の流れと相互作用するエーロフォイルを含む。エーロフォイルは、軸方向において対応する前縁と後縁との間に、かつ放射方向において根元と先端部との間に延在する、凹状正圧側面および凸状負圧側面を有する。ブレード先端部が放射方向外側の固定的な表面の近くで離間されて、これらの間での、タービンブレード間を下流に流れる燃焼ガスの漏れが最小化されるようになっていることが、理解されるであろう。

【０００３】

先端部における接触の点を提供し、バケットの振動周波数を管理し、制振源（damping source）を実現するために、および作動流体が先端部を越えて漏れるのを低減するために、多くの場合、後方段またはロータブレード上に、エーロフォイルの先端部におけるシュラウドもしくは「先端シュラウド」が実装される。後方段におけるロータブレードの長さが所与である場合、先端シュラウドの制振機能は、耐久性に大きな利益をもたらす。しかしながら、先端シュラウドが組立体に加える重量、ならびに高温および極端な機械的負荷に曝される数千時間の稼働に耐えることを含むその他の設計基準を考慮すると、これらの利益を完全に活用するのは困難である。したがって、効果的なようにガス経路を封止した隣接するロータブレード間に安定した接続部またはインタフェースを形成するので、大きい先端シュラウドが望ましいが、そのようなシュラウドは、ロータブレードに対する引っ張り荷重が、ブレードの全負荷を支持せねばならないために特にエーロフォイルの基部において、大きくなるので、問題のあることが諒解されるであろう。言い換えれば、構造的要件を依然として満たしつつ重量を低減できる範囲まで、ロータブレードの寿命を延ばすことができる。

【０００４】

諒解されるであろうが、これらのおよび他の基準によれば、先端シュラウドの設けられたロータブレードの設計は、多くの複雑な、多くの場合競合する考慮事項を含む。１つまたは複数の所望の性能基準を最適化するかまたは向上させる—と同時に、構造の強固さ、部品寿命の長さ、構成要素の製造性、および／または費用効果の高いエンジン動作を依然として十分に促進する—ように、これらの考慮事項のバランスをとる新規な設計は、経済的に価値のある技術を表している。

10

20

30

40

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】米国特許出願公開第2013/0058788号公報

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0006】

したがって本出願は、エーロフォイルと、空洞を有する構成を有する先端シュラウドを含む、ガスタービン用のロータブレードについて記述する。先端シュラウドは、機外側表面から放射方向に突出し周方向に延在する、封止レールを有し得る。先端シュラウドは、回転の前側となる周方向面、回転の後側となる周方向面、および封止レールの機外側面をさらに含み得る。先端シュラウドを、周方向において、回転前縁区画、回転後縁区画、および、回転前縁区画と回転後縁区画との間に形成されこれらを分離する中間区画を含む、3つの平行な基準区画へと分割できる。封止レールは、回転前縁区画および回転後縁区画の少なくとも一方内に完全に収容される、中空の空洞を含み得る。空洞は、回転の前側となる周方向面、回転の後側となる周方向面、および封止レールの機外側面のうちの少なくとも1つを通して形成された、口部を含み得る。

【0007】

本出願のこれらのおよび他の特徴は、続く好ましい実施形態の詳細な説明を、図面および付属の特許請求の範囲と併せて解釈して精察するとき、明らかになるであろう。

【0008】

本発明のこれらのおよび他の特徴は、以下の添付の図面と併せて解釈される、続く本発明の例示の実施形態のより詳細な説明を注意深く検討することによって、より完全に理解され諒解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本出願の態様および実施形態によるタービンブレードを含み得る例示のガスタービンを概略的に表したものである。

【図2】図1のガスタービンの圧縮機区域の断面図である。

【図3】図1のガスタービンのタービン区域の断面図である。

【図4】本出願の可能な態様および実施形態による例示のタービンロータブレードの側面図である。

【図5】図4の視線5-5に沿った断面図である。

【図6】図4の視線6-6に沿った断面図である。

【図7】図4の視線7-7に沿った断面図である。

【図8】本出願の可能な態様および実施形態による、例示の先端シュラウドの設けられたロータブレードの斜視図である。

【図9】先端シュラウドの設けられたロータブレード16の例示の設置後の配置構成の上面図である。

【図10】本出願の可能な態様および実施形態による、先端シュラウドの設けられたロータブレードの機外側の外形の図である。

【図11】本出願の実施形態による先端シュラウドおよび空洞を有する構成を含む封止レールの、放射方向外側の視点からの外形の図である。

【図12】図11の先端シュラウドの一部を透視した斜視図である。

【図13】本出願の実施形態による先端シュラウドおよび代替の空洞を有する構成を含む封止レールの、一部を透視した斜視図である。

【図14】本出願の実施形態による先端シュラウドおよび代替の空洞を有する構成を含む封止レールの、一部を透視した斜視図である。

【図15】本出願の実施形態による先端シュラウドおよび代替の空洞を有する構成を含む封止レールの、一部を透視した斜視図である。

10

20

30

40

50

【図 16】本出願の可能な実施形態による製作の方法を例示する図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

本出願の態様および利点は、以下の続く説明において記述されるか、または説明から明白であり得るか、または本発明の実施を通して知ることができる。以下では詳細な参照を行って本発明の実施形態を提示し、これらのうちの1つまたは複数は、添付の図面において例示される。詳細な説明は、数字による指定を使用して図面における特徴を参照する。本発明の実施形態の同様のまたは類似の部品を参照するために、図面および説明において同様のまたは類似の指定を使用する場合がある。諒解されるであろうが、各例は、本発明の限定ではなく本発明の説明として提供される。実際には、本発明においてその範囲または精神から逸脱することなく修正および変更を行い得ることが、当業者には明らかとなるであろう。たとえば、ある実施形態の一部として例示または記述される特徴を、別の実施形態に対して使用して、さらに別の実施形態を生むことができる。本発明が、付属の特許請求の範囲およびそれらの等価物の範囲内に収まるような修正形態および変更形態を包含することが、意図されている。本明細書において記述される範囲および境界値は、規定された境界値内に配されたあらゆる下位範囲を含み、そうではないと述べられていない限りはこれらの境界値自体を含むことを、理解されたい。加えて、一部の用語は、本発明ならびにその構成要素下位システムおよび部品について記述するように選択されている。可能な限りにおいて、これらの用語は、本技術分野にとって一般的な専門用語に基づいて選ばれている。さらに、そのような用語が多くの場合、様々な解釈を受けることが諒解されるであろう。たとえば、本明細書において単一の構成要素として言及され得るものが、別の箇所では複数の構成要素から成るものとして言及され得るか、または、本明細書において複数の構成要素を含むものとして言及され得るものが、別の箇所では単一の構成要素として言及され得る。本発明の範囲を理解する際には、使用される特定の専門用語にだけでなく、それに伴う説明および文脈、ならびに、用語がいくつかの図と関連している様式を含む、言及され記述されている構成要素の構造、構成、機能、および／または使用、ならびに、当然ながら付属の特許請求の範囲における専門用語の精確な用法にも、注意を払うべきである。さらに、続く例はある型のガスタービンまたはタービンエンジンに関連して提示されているものの、本出願の技術は、関連技術における当業者には理解されるであろうが、限定されることなく、他の範疇のタービンエンジンにも適用可能である場合がある。したがって、そうではないと述べられていない限りは、「ガスタービン」という用語の本明細書における用法は、広く、かつ様々な型のタービンエンジンへの本発明の適用可能性として限定するように意図されていることが、理解されるべきである。

【0011】

ガスタービンがどのように動作するかの性質が所与である場合、それらの機能のある態様について記述する際に、いくつかの用語が特に有用であることが分かる。これらの用語およびそれらの定義は、そうではないと特定の述べられていない限り、以下の通りである。「前方」および「後方(a f t)」または「後方(a f t w a r d)」という用語は、ガスタービンの配向、より具体的にはエンジンの圧縮機区域およびタービン区域の相対的な位置付けに対する、方向を指す。したがって、そのように使用される場合、「前方」という用語は圧縮機端を指し、一方、「後方(a f t)」または「後方(a f t w a r d)」はタービン端を指す。これらの用語の各々を、エンジン内での移動または相対位置を示すために使用できることが、諒解されるであろう。「下流」および「上流」という用語は、本明細書においては、指定された導管内での、これを通して流れる流体の全体方向に対する位置を示すものとして使用される。したがって、「下流」という用語は、指定された導管を通して流体が流れている方向を指し、一方「上流」は、これと反対の方向を指す。これらの用語は、当業者であれば正常なまたは予期される動作を仮定した場合の導管を通る流れの期待される方向として理解するものに関連するものとして解釈することができる。したがって、たとえば、ガスタービンを通る作動流体の主要な流れは、圧縮機を通過して移動する空気として始まり、次いで燃焼器内で燃焼ガスになり続いてタービンを通して

膨張するが、これを本明細書において、ガスタービンの前方のまたは上流の端部に向かう前方のまたは上流の場所において始まり、ガスタービンの後方のまたは下流の端部に向かう後方のまたは下流の場所において終わるものとして記述することができる。最後に、圧縮機ブレードおよびタービンロータブレードなどのガスタービンの多くの構成要素が動作中に回転するので、含まれる下位構成要素または下位領域を叙述するために、回転の前側となるおよび回転の後側となるという用語を使用する場合がある。諒解されるであろうが、これらの用語は、ガスタービンの正常な動作が所与である場合に期待される回転の方向として理解され得る、回転の方向に対する位置を区別する。

【0012】

加えて、ガスタービンの構成、特に共通のシャフトまたはロータを中心とした圧縮機区域およびタービン区域の配置構成、ならびに多くの燃焼器の型に共通の円筒形の構成が所与である場合、軸に対する位置を記述する用語が、本明細書において規則正しく使用され得る。この点に関して、「放射方向」という用語が、軸に対して垂直な移動または位置を指すことが諒解されるであろう。これに関連して、中心軸からの相対距離を記述することが要求される場合がある。そのような場合、たとえば、第1の構成要素が第2の構成要素よりも中心軸に近いところに存在する場合、第1の構成要素は、第2の構成要素から「放射方向内側」または「機内側」のいずれかであるとして記述されることになる。他方で、第1の構成要素が中心軸からより遠くに存在する場合、第1の構成要素は、第2の構成要素から「放射方向外側」または「機外側」のいずれかであるとして記述されることになる。本明細書で使用される場合、「軸方向」という用語は軸と平行な移動または位置を指し、一方、「周方向」は、軸の周囲の移動または位置を指す。そうではないと述べられていないかまたは文脈上明らかでない限りは、軸に対する位置を記述するこれらの用語は、各々を通して延在するロータによって規定されるような、エンジンの圧縮機区域およびタービン区域の中心軸に関連するものとして解釈されるべきである。ただし、これらの用語を、たとえば従来の円筒形のまたは「缶」燃焼器が通常周囲に配置される長手軸などの、ガスタービン内のある構成要素または下位システムの長手軸に関連して使用する場合もある。

【0013】

最後に、「ロータブレード」という用語は、それ以上特定されない場合、圧縮機またはタービンのいずれかの回転するブレードを指すものであり、したがって、圧縮機ロータブレードおよびタービンロータブレードの両方を含み得る。「固定子ブレード」という用語は、それ以上特定されない場合、圧縮機またはタービンのいずれかの固定的なブレードを指すものであり、したがって、圧縮機固定子ブレードおよびタービン固定子ブレードの両方を含み得る。「ブレード」という用語は、一般にいずれの型のブレードを指すのにも使用することができる。したがって、それ以上特定されない場合、「ブレード」という用語は、圧縮機ロータブレード、圧縮機固定子ブレード、タービンロータブレード、およびタービン固定子ブレードなどを含む、あらゆる型のタービンエンジンブレードを含んでいる。

【0014】

背景として、ここで図を参照すると、図1から図3は、本発明によるかまたは本発明の中で使用できる、例示のガスタービンを例示している。本発明がこの種類の使用に限定されない場合があることが、当業者には理解されるであろう。述べたように、本発明を、発電および航空機において使用されるエンジン、蒸気タービンエンジン、ならびに当業者であれば認識するような他の種類のロータリエンジンなどの、ガスタービン内で使用することができる。提供される例はしたがって、そうではないと述べられていない限りは、限定的であることを意図されていない。図1は、ガスタービン10を概略的に表したものである。一般に、ガスタービンは、圧縮空気の気流における燃料の燃焼によって生み出された高温ガスの加圧された流れから、エネルギーを抽出することによって動作する。図1に例示されるように、ガスタービン10を、共通のシャフトまたはロータによって下流のタービン区域またはタービン12に機械的に結合される軸方向圧縮機11、および圧縮機11

10

20

30

40

50

とタービン 1 2 との間に位置付けられた燃焼器 1 3 を有するように構成することができる。図 1 に例示されるように、ガスタービンを、共通の中心軸 1 9 を中心に形成することができる。

【0015】

図 2 は、図 1 のガスタービンにおいて使用できる例示の多段軸方向圧縮機 1 1 の図を例示している。図示されるように、圧縮機 1 1 は複数の段を有することができ、これらの各々は、圧縮機ロータブレード 1 4 の列および圧縮機固定子ブレード 1 5 の列を含む。この場合、第 1 の段は、中心シャフトを中心に回転する圧縮機ロータブレード 1 4 の列を含むことができ、これに、動作中固定されたままである圧縮機固定子ブレード 1 5 の列が続く。図 3 は、図 1 のガスタービンにおいて使用できる例示のタービン区域またはタービン 1 2 の部分的な図を例示している。タービン 1 2 も、複数の段を含み得る。3 つの例示の段が例示されているが、より多数またはより少数が存在し得る。各段は、動作中固定されたままである複数のタービンノズルまたは固定子ブレード 1 7 を含むことができ、これに、動作中シャフトを中心に回転する複数のタービンバケットまたはロータブレード 1 6 が続く。タービン固定子ブレード 1 7 は一般に、互いから周方向に離間され、回転の軸を中心にして外側ケーシングに固定される。タービンロータブレード 1 6 を、中心軸を中心に回転するように、タービンホイールまたはロータディスク（図示せず）上に装着することができる。タービン固定子ブレード 1 7 およびタービンロータブレード 1 6 が、タービン 1 2 を通る高温ガス経路または作動流体流路内に存在することが、諒解されるであろう。作動流体流路内での燃焼ガスまたは作動流体の流れの方向を、矢印で示す。

【0016】

ガスタービン 1 0 に関する動作の 1 つの例では、軸方向圧縮機 1 1 内での圧縮機ロータブレード 1 4 の回転により、空気の流れを圧縮することができる。燃焼器 1 3 において、圧縮空気が燃料と混合され点火されるとき、エネルギーが放出され得る。この結果生じる燃焼器 1 3 からの高温ガスまたは作動流体の流れは次いで、タービンロータブレード 1 6 にわたって導かれ、このことにより、シャフトを中心としたタービンロータブレード 1 6 の回転が誘起される。このようにして、作動流体の流れのエネルギーは、回転するブレード、およびロータブレードとシャフトとの間の接続が与えられる場合は回転するシャフトの、機械的エネルギーへと変換される。次いでシャフトの機械的エネルギーを使用して、必要な供給量の圧縮空気が生み出されるように圧縮機ロータブレード 1 4 の回転を駆動することができる、またたとえば、電気を生み出すために発電機を駆動することができる。

【0017】

背景的な目的で、図 4 から図 7 は、本発明の態様によるかまたは本発明の態様を中で実施可能な、タービンロータブレード 1 6 の図を提供する。諒解されるであろうが、これらの図は、後の参照のために、そのようなブレード内の構成要素および領域の間の空間的関係を叙述するようにロータブレードの一般的な構成を例示し、同時に、さらにその内側および外側の設計に影響する幾何学的制約および他の基準を記述するために、提供されている。この例のブレードはロータブレードであるが、そうではないと述べられていない限り、本発明は、ガスタービン内の他の種類のブレードにも適用可能であることが諒解されるであろう。

【0018】

ロータブレード 1 6 は、例示されるように、ロータディスクに装着されるように使用される根元 2 1 を含み得る。根元 2 1 は、たとえば、ロータディスクの周囲の対応するダブテールスロット内に装着されるように構成された、ダブテール 2 2 を含み得る。根元 2 1 は、ダブテール 2 2 とプラットフォーム 2 4 との間に延在する、胴部 2 3 をさらに含み得る。プラットフォーム 2 4 は、図示されるように、根元 2 1 とエーロフォイル 2 5 との接合部を形成し、このエーロフォイル 2 5 は、タービン 1 2 を通る作動流体の流れを捕捉し回転を誘起する、ロータブレード 1 6 の作用構成要素である。プラットフォーム 2 4 は、エーロフォイル 2 5 の機内側端部を画定し得、タービン 1 2 を通る作動流体流路の機内側の境界の一部も画定し得る。

10

20

30

40

50

【0019】

ロータブレードのエーロfoil 25は、凹状正圧面26、および周方向または側方において対向する凸状負圧面27を含む。正圧面26および負圧面27は、軸方向において、対向する前縁28と後縁29との間にそれぞれ、延在することができる。正圧面26および負圧面27は、機内側端部、すなわちプラットフォーム24から、エーロfoil 25の機外側先端部31まで、放射方向にも延在し得る。エーロfoil 25は、プラットフォーム24と機外側先端部31との間に延在する、湾曲したまたは輪郭決定された形状を含み得る。図4および図5において例示されるように、エーロfoil 25の形状は、これがプラットフォーム24から機外側先端部31の間に延在するにつれて、徐々に先細りとすることができる。この先細りは、図4において例示されるような、エーロfoil 25の前縁28と後縁29との間の距離を狭める軸方向の先細り、ならびに、図5において例示されるような、正圧面26および負圧面27との間で規定されるようなエーロfoil 25の厚さを低減する周方向の先細りを含み得る。図6および図7に図示されるように、エーロfoil 25の輪郭決定された形状は、プラットフォーム24から延在するにつれてのエーロfoil 25の長手軸を中心としたねじれを、さらに含み得る。このねじれは通常、機内側端部と機外側先端部31との間で、エーロfoil 25に関する食い違い角を徐々に変えるように構成される。

10

【0020】

説明上の目的で、図4において提供されるように、ロータブレード16のエーロfoil 25を、軸方向中央線32の各側に画定された前縁の区域すなわち半部および後縁の区域すなわち半部を含むものとして、さらに記述することができる。軸方向中央線32は、本明細書におけるその使用によれば、プラットフォーム24と機外側先端部31との間でエーロfoil 25の翼形中心線35の中間点34同士を接続することによって、形成することができる。加えて、エーロfoil 25を、エーロfoil 25の放射方向中央線33の機内側および機外側に画定された、2つの放射方向に積み重ねられた区域を含むものとして記述することができる。したがって、本明細書で使用される場合、エーロfoil 25の機内側の区域すなわち半部は、プラットフォーム24と放射方向中央線33との間に延在し、一方、機外側の区域すなわち半部は、放射方向中央線33と機外側先端部31との間に延在する。最後に、エーロfoil 25を、諒解されるであろうがエーロfoil 25の翼形中心線35の両側に画定される、正圧面の区域すなわち半部および負圧面の区域すなわち半部、ならびにエーロfoil 25の対応する面26、27をそれぞれ含むものとして、記述することができる。

20

30

【0021】

ロータブレード16は、動作中に冷却剤が中を通して循環される1つまたは複数の冷却チャンネル37を有する、内側冷却構成36をさらに含み得る。そのような冷却チャンネル37は、ロータブレード16の根元21を通して形成される供給源への接続部から放射方向外向きに延在し得る。冷却チャンネル37は、直線状、曲線状、またはこれらの組み合わせであってよく、冷却剤が中を通してロータブレード16から作動流体流路内へと排出される、1つまたは複数の出口ポートまたは表面ポートを含み得る。

【0022】

図8から図10は、本発明によるかまたは本発明を中で使用できる、先端シュラウド41を有するタービンロータブレード16を例示する。諒解されるであろうが、図8は、先端シュラウド41を含む例示のタービンロータブレード16の斜視図であり、図9は、先端シュラウドの設けられたロータブレード16の例示の設置後の配置構成の上面図を提供する。最後に、図10は、続く考察において参照されることになる、先端シュラウド内の様々な領域を描くのに使用され得る、先端シュラウド41の拡大された機外側の図を提供する。

40

【0023】

図示されるように、先端シュラウド41を、エーロfoil 25の機外側端部の近くにまたは機外側端部に、位置付けることができる。先端シュラウド41は、軸方向および周

50

方向に延在する平坦なプレートまたは平面状の構成要素を含むことができ、これは、その中心に向かってエーロフォイル25によって支持される。説明上の目的で、先端シュラウド41は、機内側表面45、機外側表面44、および縁部46を含み得る。例示されるように、機内側表面45は、先端シュラウド41の薄い放射方向厚さを挟んで機外側表面44と対置され、一方、縁部46は、機内側表面45を機外側表面44に接続し、本明細書で使用される場合、先端シュラウド41の周縁外形または形状を画定する。

【0024】

先端シュラウド41の機外側表面44に沿って、封止レール42を位置付けることができる。一般に、例示されるように、封止レール42は、先端シュラウド41の機外側表面44から放射方向外向きに延在する、フィン様の突出部である。封止レール42は、ロータブレード16の回転の方向または「回転方向」において、先端シュラウド41の対向する端部間で周方向に延在し得る。諒解されるであろうが、封止レール42を使用して、先端シュラウド41と、タービンを通る作動流体流路の機外側の境界を画定する周囲の固定的な構成要素と、の間に存在する放射方向の間隙を通した作動流体の漏れを、抑止することができる。いくつかの従来設計によれば、封止レール42は、この間隙を挟んで封止レール42と対置される摩耗性の固定的なハニカムシュラウド内へと、放射方向に延在し得る。封止レール42は、先端シュラウド41の機外側表面44の周方向長さの実質的に全体にわたって延在し得る。本明細書で使用される場合、先端シュラウド41の周方向長さは、回転方向50における先端シュラウド41の長さである。説明上の目的で、図10において示されるように、封止レール42は、対置されるレール面を含むことができ、この場合、レール前方面56はガスタービンの配向が所与である場合の前方向に対応し、レール後方面57は後方向に対応する。諒解されるであろうが、レール前方面56はしたがって、作動流体の流れ方向に向かってまたはこの方向へと面を向け、一方、レール後方面57は、この方向から離れるように面を向ける。レール前方面56およびレール後方面57の各々を、先端シュラウド41の機外側表面44に対して急勾配の角度を形成するように配置することができる。他の構成が可能であるが、封止レール42は、ほぼ矩形の外形を有し得る。封止レール42のレール前方面56およびレール後方面57は、周方向に狭い縁部に沿って接続することができ、これは本明細書で使用される場合、対向するほぼ平行な機外側縁部および機内側縁部、ならびに対向するほぼ平行な回転前縁および回転後縁を含む。具体的には、封止レール42の機内側縁部は、封止レール42と先端シュラウド41の機外側表面44との間の接合部に画定され得る。諒解されるであろうが、封止レール42と先端シュラウド41との間に形成される、例示される隅肉領域が与えられる場合、機内側縁部はある程度曖昧となるので、これを数字による識別子によって特定的には参照しない。封止レール42の機外側縁部59は、先端シュラウド41の機外側表面44から放射方向にオフセットされる。諒解されるであろうが、この放射方向のオフセットは一般に、封止レール42の放射方向高さを表す。示されるように、封止レール42の回転前縁62が、エーロフォイル25の負圧面27の上に張り出す先端シュラウド41の縁部46から、放射方向に突き出る。このため、回転前縁62は、動作中にロータブレード16が回転する際に、封止レール42の前側となる構成要素である。封止レール42の反対側の端部において、回転後縁63が、エーロフォイル25の正圧面26の上に張り出す先端シュラウド41の縁部46から、放射方向に突き出る。このため、回転後縁63は、動作中にロータブレード16が回転する際に、封止レール42の後側となる構成要素である。

【0025】

封止レール42上にカッタ歯43を配設することができる。諒解されるであろうが、カッタ歯43は、固定的なシュラウドの摩耗性のコーティングまたはハニカムに、封止レール42の幅よりも僅かに広い溝を切るために設けることができる。諒解されるであろうが、ハニカムは封止の安定性を高めるために設けることができ、また、カッタ歯43の使用により、このより広い経路を空けることによる固定的な部品と回転する部品との間の溢出およびこすれを低減することができる。

【0026】

先端シュラウド４１は、先端シュラウド４１およびエーロフォイル２５の異なる方向に延びる表面の間の滑らかな表面移行部、ならびに先端シュラウド４１と封止レール４２との間の滑らかな表面移行部を提供するように構成される、隅肉領域４８、４９を含み得る。したがって、先端シュラウド４１の構成は、先端シュラウド４１の機内側表面４５と、エーロフォイル２５の正圧面２６および負圧面２７との間に形成される、機内側隅肉領域４９を含み得る。先端シュラウド４１は、先端シュラウド４１の機外側表面４４と、封止レール４２のレール前方面５６および後方面５７との間に形成される、機外側隅肉領域４８も含み得る。諒解されるであろうが、機内側隅肉領域４９を、エーロフォイル２５の正圧面２６と先端シュラウド４１の機内側表面４５との間の正圧機内側隅肉領域、およびエーロフォイル２５の負圧面２７と先端シュラウド４１の機内側表面４５との間の負圧機内側隅肉領域を含むものとして、さらに記述することができる。同様に、機外側隅肉領域４８を、レール前方面５６と先端シュラウド４１の機外側表面４４との間の正圧機外側隅肉領域、およびレール後方面５７と先端シュラウド４１の機外側表面４４との間の負圧機外側隅肉領域を含むものとして、記述することができる。描写されるように、これらの隅肉領域４８、４９の各々を、急激なまたは急勾配の角度移行部を形成するいくつかの平面状表面間で、滑らかに湾曲する移行部を提供するように構成することができる。諒解されるであろうが、そのような隅肉領域は、空力学的性能、ならびに普通であればこれらの領域において発生するであろう応力集中を、改善し得る。その場合ですら、これらの領域は、先端シュラウド４１の張り出したまたは片持ち梁式の負荷、およびエンジンの回転速度に起因して、高い応力を受けたままである。諒解されるであろうが、十分に冷却されなければ、これらの領域における応力は、構成要素の有用寿命に対して大きな制限となる。

【００２７】

ここで図９を特に参照すると、先端シュラウド４１を、動作中に隣り合うロータブレードの先端シュラウド４１上に形成される表面または縁部のような、接触表面または縁部同士が係合する場所である接触インタフェースを含むように構成することができる。諒解されるであろうが、このことはたとえば、漏れまたは有害な振動を低減するために行うことができる。図９は、タービンロータブレード上の先端シュラウド４１の、これらが組み立てられた状態のときに見せるような、機外側の図を提供する。示されるように、回転方向５０に対して、先端シュラウド４１の縁部４６は、説明上の目的で、接触回転前縁５２および接触回転後縁５３を含み得る。こうして、図示されるように、回転の前側となる位置にある先端シュラウド４１を、これに対して回転の後側となる位置にある先端シュラウド４１の接触回転前縁５２に接触または密に近接する、接触回転後縁５３を有するように構成することができる。隣り合う先端シュラウド４１間のこの接触の領域は、一般に接触インタフェースと呼ぶことができる。この例示の構成の外形が所与である場合、接触インタフェースを「Ｚ－ノッチ」インタフェースと呼ぶこともできるが、他の構成も可能である。より一般的には、接触インタフェースを形成する際、先端シュラウド４１の縁部４６を、所定の方法で隣り合う先端シュラウド４１に接触または係合することを意図される、切り欠きのある区域を有するように構成することができる。

【００２８】

ここで図１０を特に参照すると、先端シュラウド４１の外形は、ホタテ貝形状を有し得るが、他の構成も可能である。諒解されるであろうが、例示のホタテ貝形状は、漏れを低減しつつ先端シュラウドの重量を軽減するという点において、良好な性能を示す形状である。外形がどのようなものであれ、機外側先端部３１および先端シュラウド４１と関連付けられる領域または下位領域は、封止レール４２に対するこれらの位置、ならびに／またはその下にあるこれらと関連付けられるエーロフォイル２５および／もしくは隅肉領域４８、４９の外形が与えられれば記述できることが、諒解されるであろう。ここで、これらの領域および先端シュラウド４１の他の構成要素を、以下で図１１から図１６に関連して検討し、さらに言及する。

【００２９】

先端シュラウド４１を、回転方向に対して、回転の前側となる周方向面７２および回転

の後側となる周方向面 7 3 として指定され得る、周方向面を含むものとして記述することができる。本明細書で使用される場合、回転の前側となる周方向面 7 2 は、先端シュラウド 4 1 の回転前縁 5 2、および封止レール 4 2 の回転前縁 6 2 を含む。回転の後側となる周方向面 7 3 は、先端シュラウド 4 1 の回転後縁 5 3、および封止レール 4 2 の回転後縁 6 3 を含む。さらに、封止レール 4 2 の機外側面 5 9 を、機外側方向に面する封止レール 4 2 の外側放射方向縁部または面に沿って画定することができる。（この構成要素は、本明細書において封止レール 4 2 の機外側縁部 5 9 として既に言及されたことに留意されたい。いずれの用語も、入れ替え可能に使用することができる）。図 10 において例示されるように、先端シュラウド 4 1 およびその上に含まれる封止レール 4 2 は、周方向において 3 つの平行な基準区画へと分割できる。これらは、回転前縁区画 8 2、回転後縁区画 8 3、および、回転前縁区画 8 2 と回転後縁区画 8 3 との間に形成されこれらを分離する中間区画 8 4 を含む。示されるように、回転前縁区画 8 2 は、中間区画 8 4 と回転の前側となる周方向面 7 2 との間に画定され、一方、回転後縁区画 8 3 は、中間区画 8 4 と回転の後側となる周方向面 7 3 との間に画定される。理解されるであろうが、これらの区画の間の境界および区画自体の位置付けを以下で使用して、本発明のある実施形態を、より明確に記述する。

10

【0030】

ここで図 11 から図 16 を参照すると、本発明の例示の実施形態による、いくつかの先端シュラウド構成およびこれらに関連する製造の方法が提示されている。諒解されるであろうが、これらの例は、上で提供されたシステムおよび関連する概念、特に先行する図に

20

【0031】

本発明は、中空の空洞、ポケット、チャンバ、空隙など（本明細書では集合的に空洞と呼ぶものとする）が形成されて、先端シュラウドの質量を低減しつつさらに構造的な性能および強固さを維持する構成を有する、先端シュラウドを含み得る。これらの空洞を、所定位置にろう付けまたは溶接される予備成形されたカバープレートを介して封鎖することができる。別法として、カバープレートを、レーザクラディング、レーザ蒸着、または他の付加製造工程によって付着させることができる。例示の実施形態によれば、そのような空洞は、先端シュラウドの隅肉領域および／または接触面に加えられる応力を低減するが、影響を受ける領域において全体的な剛性および構造的な性能を同じく低減することのないように、戦略的に位置付けることができる。以下に記述されるように、そのような空洞を、電気化学的、化学的、または機械的工程を含む、従来の機械加工工程を介して形成することができる。代替の実施形態では、空洞を、付加製造工程に関する従来のブレード鋳造工程中に形成することができる。ある好ましい実施形態によれば、空洞を、以下で記述されるいくつかの特定された先端シュラウド表面のうちの 1 つを通して形成することができ、また、空洞を、封止レールと関連付けられるある規定された内側標的領域内に、実質的にまたは完全に収容することができる。このようにして、本発明により、先端シュラウドおよび／または封止レールの特定の領域から役割のない質量（dead mass）を除去して、全体的な構造的弾性を維持しつつ重量を低減することが可能となり得る。後で示すように、本発明の構成は、隅肉領域またはエロフォイルの構造上有効な内側領域の中の領域などの、より構造的に重要な他の領域を低減するかまたは犠牲にすることなく、ロータブレードの全体重量を低減することができる。中空とされたまたは空洞を有する部分を、先端シュラウドおよび封止レールの相対的な位置付けおよび構成に基づいて容易に識別可能である標的の領域に、最適に限定することができる。本発明により、最小の曲げ荷重を担う内側領域を描写することによって、空洞を有する部分の配置を最適化することができる。このようにして、曲げ剛性および全体的な構造の強固さを維持することができ、同時に質量が除去され、このことにより動作応力が低減される。

30

40

【0032】

諒解されるであろうが、そのような質量低減は、大きな性能の利益を可能にし得る。重量低減はたとえば、単に動作中にロータブレードに対して作用する全体的な引く力を低減

50

し、このことにより、エーロフォイル上の寿命が限定されるような場所において、クリープ寿命を延ばすことができる。本発明の構成の分析により、隅肉領域などの重要な領域に対して、５％から２０％のクリープ寿命の改善が示されている。別法として、本発明により可能となる重量低減を使用することで、全体重量を大きくすることなく、先端シュラウドの全体サイズを大きくすることができる。このことにより、たとえば、先端シュラウドの接触面のサイズを大きくすることが可能となり得、このことにより、隣接するロータブレードの先端シュラウドがエンジン動作中に係合するときに生じる応力集中を、低減することができる。他の例としては、隅肉サイズの可能な低減または先端シュラウドが覆う範囲の増大が挙げられ、このことにより、応力レベルを高めることなく空力学的性能を高めることができる。加えて、以下に提示するように、本発明は、そのような向上した先端シュラウドを構築可能な、効率的な方法を含む。すなわち、本発明の構成のうちの多くを、本明細書に記載の工程によって、高い費用効果で構築することができる。加えて、例示の方法の鋳造後の製造性により、既存のロータブレードの効率的な改良が可能となり、このことを使用して、構成要素の寿命を延ばすことができる。

【００３３】

ここで図１１から図１５を特定的に参照すると、本発明は、先端シュラウド４１の封止レール４２の部分内に１つまたは複数の空洞９０が形成される、空洞を有する構成を含み得る。本発明の構成によれば、空洞９０を、回転前縁区画８２および／または回転後縁区画８３内に形成しかつ完全にまたは実質的に収容することができる。これらは、先端シュラウド４１および／または封止レール４２のある領域を記述するために上で導入された、基準領域である。以下でさらに記述されるように、そのような空洞９０は、前側となる周方向面７２、回転の後側となる周方向面７３、および／または封止レール４２の機外側縁部もしくは機外側面５９を通して形成される、口部９１を含み得る。さらに、代替の実施形態によれば、先端シュラウド４１を、空洞９０がロータブレード１６内に形成され得るどの冷却チャネルからも隔離されるように、構成することができる。そのような場合、先端シュラウド４１は、空洞９０とロータブレード１６内に形成され得る任意の内側冷却通路との間の、どのような接続も防止または阻止する構造を含み得る。以下で見るように、図１１および図１２は、例示の実施形態による放射方向に配向または整列された空洞９０を有する、空洞を有する構成の図であり、一方、図１３から図１５は、周方向に整列された空洞９０を有する構成を描写している。最後に、図１６は、本出願による製作の方法を例示している。

【００３４】

諒解されるであろうが、本明細書において縁部区画８２、８３を使用して、本発明の空洞９０を配することができる範囲を規定することができる。述べたように、空洞９０を、縁部区域８２、８３の一方内に完全にまたは実質的に収容されるものとして規定することができる。このことは、本明細書で使用される場合、空洞９０が、縁部区域を越えてまたは実質的に越えて中間区画８４内まで延在しないことを意味する。図１０において図示されるように、縁部区域８２、８３の各々は、周方向面７２、７３のうちの対応するものと中間区画８４との間に画定される。したがって、中間区画８４の周方向範囲を規定することにより、縁部区画８２、８３の各々を、および結果的に、空洞９０の位置付けが封止レール４２の中心または中央領域に向かって侵入し得る程度（これは、例示されるように、封止レール４２の、カッタ歯４３をほぼ取り囲む領域である）を、規定することができる。諒解されるであろうが、本明細書において提供される定義によれば、中間区画８４は、封止レール４２内の高い応力を受ける領域を表し、この中に空洞９０設けることは、得策ではないかまたは少なくとも好ましくない場合がある。例示の実施形態によれば、中間区画８４を、封止レール４２の、先端シュラウド４１および封止レール４２を支持する機内側構造を覆って（すなわちそこから外向きに片持ち梁式に支持されずに）存在する部分の中に含むように、画定することができる。理解されるであろうが、このことは、縁部区画８２、８３が、封止レール４２の、先端シュラウド４１を支持する機内側構造に対して片持ち梁式に支持される領域に、ほぼ一致することを意味する。したがって、一般に、また

本発明の例示の実施形態によれば、中間区画 84 を、封止レール 42 の、エロフォイル 25 の外形および／またはこれと関連付けられる機内側隅肉領域 49 と重なる区間を、中に含むように画定することができる。より具体的には、ある例示の実施形態に従えば、中間区画 84 の周方向範囲を、その下にあるエロフォイル 25 の外形を介して規定することができる。そのような場合、中間区画 84 の周方向範囲は、エロフォイル 25 の機外側先端部 31 の周方向範囲に対応し得る。この場合、エロフォイル 25 の機外側先端部 31 の周方向範囲は、回転前縁と回転後縁との間で規定される。本発明による別の定義によれば、中間区画 84 の周方向範囲は、その下にある機内側隅肉領域 49 の外形を介して規定される。既に記述したように、機内側隅肉領域 49 を、エロフォイル 25 と先端シュラウド 41 の機内側表面 45 との間の滑らかな移行部を形成する、エロフォイルの狭い放射方向の区域とすることができる。中間区画 84 の周方向範囲は、例示されるように機内側隅肉領域 49 の回転前縁と回転後縁との間で規定され得る、機内側隅肉領域 49 の周方向範囲に対応し得る。

10

【0035】

さらに、好ましい実施形態によれば、図 11 から図 13 において図示されるように、本発明の空洞 90 のうちの 1 つまたは複数を、回転前縁区画 82 および回転後縁区画 83 の各々に形成することができる。図 14 および図 15 において図示される構成などの、他の可能な構成によれば、空洞 90 のうちの 1 つまたは複数は、回転前縁区画 82 および回転後縁区画 83 の一方にのみ形成される。

20

【0036】

加えて、空洞 90 を、放射方向または周方向において整列させることができる。より具体的には、図 11 および図 12 では、縁部区画 82、83 の両方内で封止レール 42 の機外側面 59 を通して形成されて図示されている、例示の放射方向に整列された空洞 90 を例示した。描写されるように、放射方向に整列された空洞 90 は、封止レール 42 の機外側面 59 を通して形成された口部 91 から機内側方向に延在し得る。例示されるように、放射方向に整列された空洞 90 の口部 91 は、封止レール 42 の機外側面 59 上に、規則正しい周方向間隔を含み得る。図 12 および図 13 において図示されるように、空洞 90 を円筒形の形状とすることができるが、限定するものではないが、楕円形の、卵形の、正方形の、矩形の、三角形の、多角形の、または他の曲線による形状などの、他の構成が企図される。空洞 90 の断面積は、一定であるか、または空洞の長さに沿って変えることができる。たとえば、空洞 90 の放射方向機内側端部は、口部 91 よりも大きいまたは小さい断面積を有し得る。別法として、図 13 から図 15 は、図示されるように、対応する周方向面 72、73 を通って形成された口部から周方向に整列された経路に沿って延在する空洞である、例示の周方向に整列された空洞 90 を例示している。そのような場合、空洞 90 および口部 91 は、図示されるような円形のおよび三角形の形状を含む、いくつかの異なる断面形状を含み得る。台形の、楕円形の、正方形の、矩形の、多角形の、または他の曲線による形状などの空洞構成も企図される。空洞 90 の断面積は、一定であるか、または空洞の長さに沿って変えることができる。たとえば、中間区画 84 により近い空洞 90 の部分は、口部 91 よりも大きいまたは小さい断面積を有し得る。図 13 および図 14 において示されるように、周方向面 72、73 は、これらを通して形成される空洞 90 の 1 つまたは複数の口部 91 を封鎖するために周方向面 72、73 に固止される、一体でないカバープレート 92 を含み得る。

30

40

【0037】

ここで図 16 を特定の参照すると、本発明は、先端シュラウドの設けられたロータブレードを構築するための効率的な製造方法を含み得る。新規な他の態様の中でもとりわけ、本発明は、そのようなロータブレードの性能を大きく改善するための、新しいロータブレードの用途および改良用途の両方において採用され得るような、直接的かつ費用効果の高い機械加工工程の使用について記述する。例示されるように、例示の方法 200 は一般に、先端シュラウド 41 のための適用可能な区画 82、83、84 を決定するステップ（ステップ 202）と、空洞 90 の 1 つまたは複数を形成するために縁部区画 82、83 の

50

少なくとも一方内で標的の内側領域を選択するステップであって、この選択が縁部区画 82、83 に関する最小曲げ荷重基準に従って行われ得る、選択するステップ（ステップ 204）と、選択された標的の内側領域が与えられたとき、中を通して空洞 90 を形成するための対応する標的の表面を選択するステップであって、この標的の表面が、回転の前側となる周方向面 72、回転の後側となる周方向面 73、および封止レール 41 の機外側面 59 のうちの少なくとも 1 つを備える、選択するステップ（ステップ 206）と、最後に、機械加工工程を介して標的の表面を通して空洞 90 を形成するステップ（ステップ 208）と、を含み得る。空洞 90 を、ブレード鑄造工程中におよび／または付加製造工程中に、選択された標的の内側領域に形成することもできる。別法として、方法 200 は、標的の表面を通して形成された空洞 90 を封鎖するために、この標的の表面にカバープレート 92 を固止するステップも含み得る。理解されるであろうが、付属の特許請求の範囲に含まれ得るような、上で開示された材料、特に図 11 から図 15 に関連する材料を与えられれば、当業者には、さらなるステップが明らかとなろう。

10

【0038】

当業者は諒解するであろうが、いくつかの例示の実施形態に関連して上記された、多くの様々な特徴および構成を、さらに選択的に適用して、本発明のその他の可能な実施形態を形成することができる。簡潔さのために、また当業者の能力を考慮に入れて、可能な形態の全てを提供してはいない、または、詳細に議論してはいないが、以下のいくつかの請求項によってまたはその他の様式で包含される、全ての組み合わせおよび可能な実施形態は、本出願の一部であることが意図される。加えて、本発明のいくつかの例示の実施形態の上記の説明から、当業者は、改善、変更、および修正を認識するであろう。当技術範囲内のそのような改善、変更、および修正も、付属の特許請求の範囲によって対象とされることが意図される。さらに、前述したことが、本出願の記述された実施形態のみに関連すること、ならびに、以下の特許請求の範囲およびそれらの等価物によって規定されるような本出願の精神および範囲から逸脱することなく、本明細書において多数の変更および修正を行い得ることが、明らかなはずである。

20

【符号の説明】

【0039】

- 10 ガスタービン
- 11 圧縮機、軸方向圧縮機
- 12 タービン
- 13 燃焼器
- 14 圧縮機ロータブレード
- 15 圧縮機固定子ブレード
- 16 ロータブレード
- 17 固定子ブレード
- 19 中心軸
- 21 根元
- 22 ダブテール
- 23 胴部
- 24 プラットフォーム
- 25 エーロfoil
- 26 正圧面、凹状正圧面
- 27 負圧面、凸状負圧面
- 28 前縁
- 29 後縁
- 31 機外側先端部
- 32 軸方向中央線
- 33 放射方向中央線
- 34 中間点

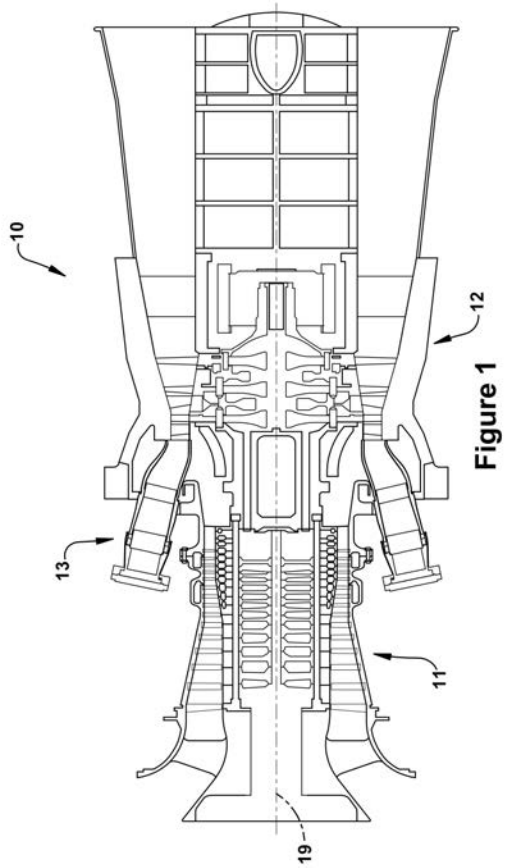
30

40

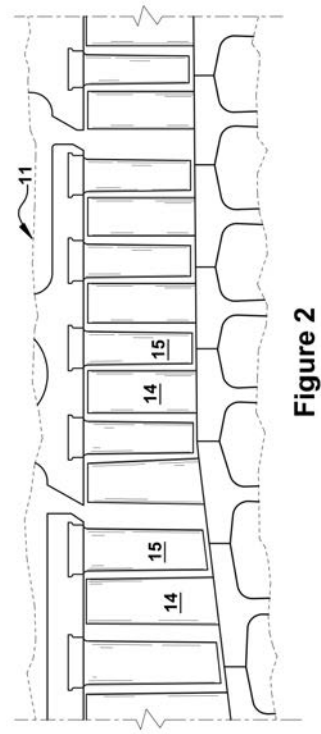
50

3 5	翼形中心線	
3 6	内側冷却構成	
3 7	冷却チャネル	
4 1	先端シュラウド	
4 2	封止レール	
4 3	カッタ歯	
4 4	機外側表面	
4 5	機内側表面	
4 6	縁部	
4 8	機外側隅肉領域	10
4 9	機内側隅肉領域	
5 0	回転方向	
5 2	接触回転前縁	
5 3	接触回転後縁	
5 6	前方面	
5 7	後方面	
5 9	機外側縁部、機外側面	
6 2	回転前縁	
6 3	回転後縁	
7 2	回転の前側となる周方向面	20
7 3	回転の後側となる周方向面	
8 2	回転前縁区画、縁部区画	
8 3	回転後縁区画、縁部区画	
8 4	中間区画	
9 0	空洞	
9 1	口部	
9 2	カバープレート	
2 0 0	方法	

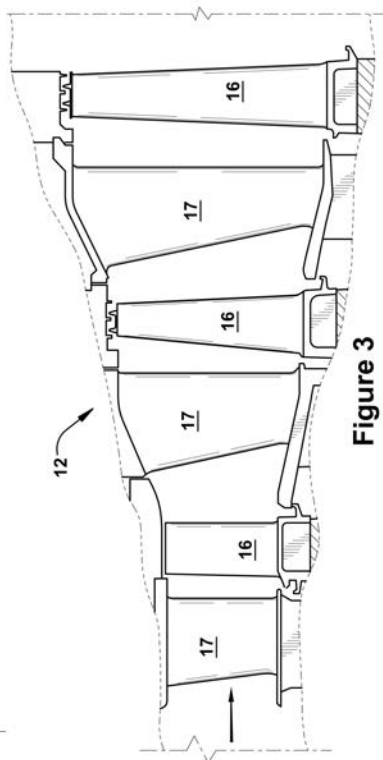
【図 1】



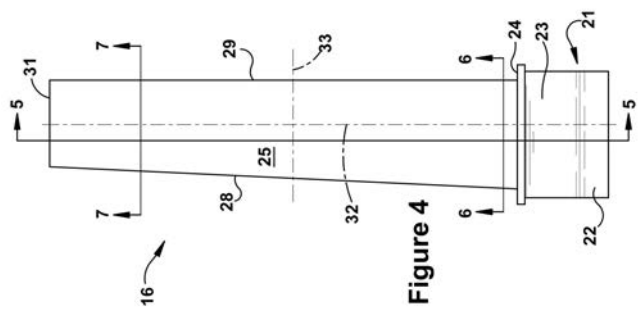
【図 2】



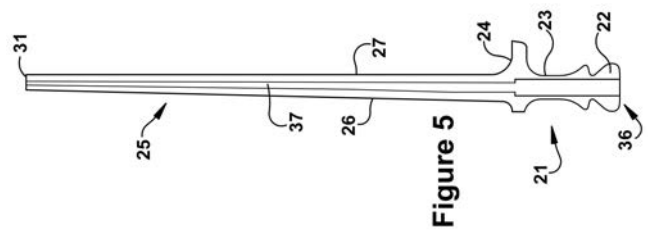
【図 3】



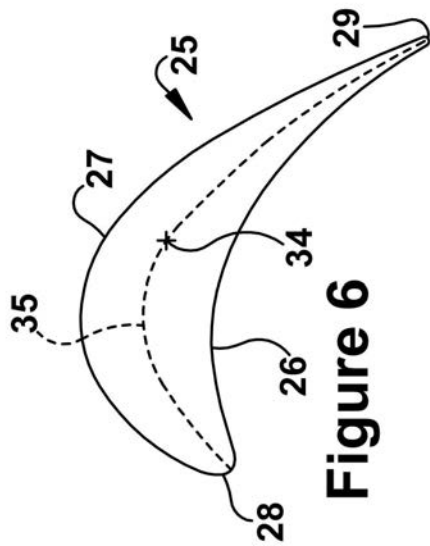
【図 4】



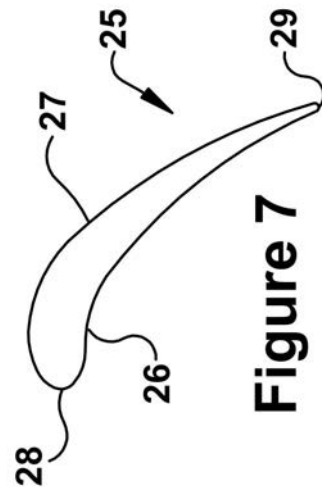
【図 5】



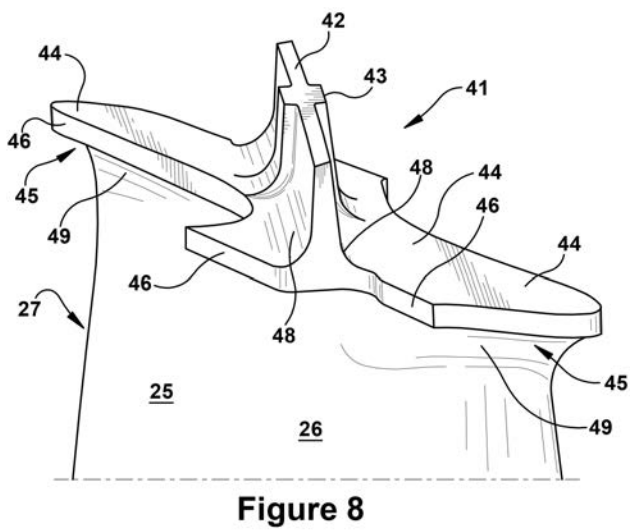
【図 6】



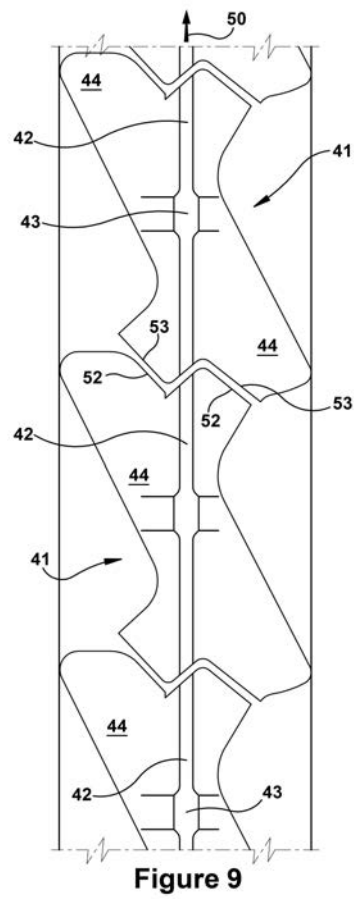
【図 7】



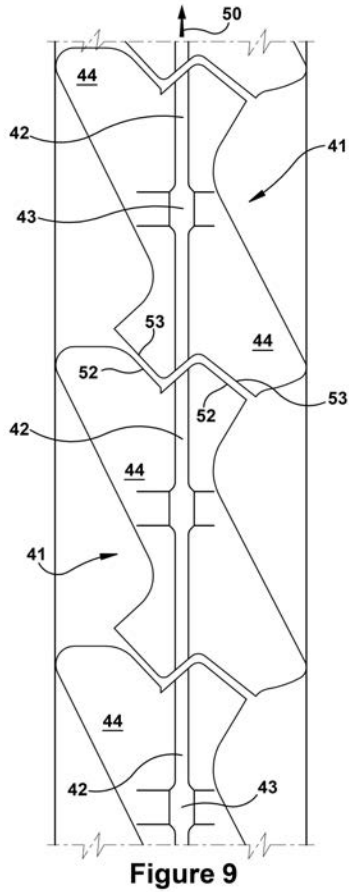
【図 8】



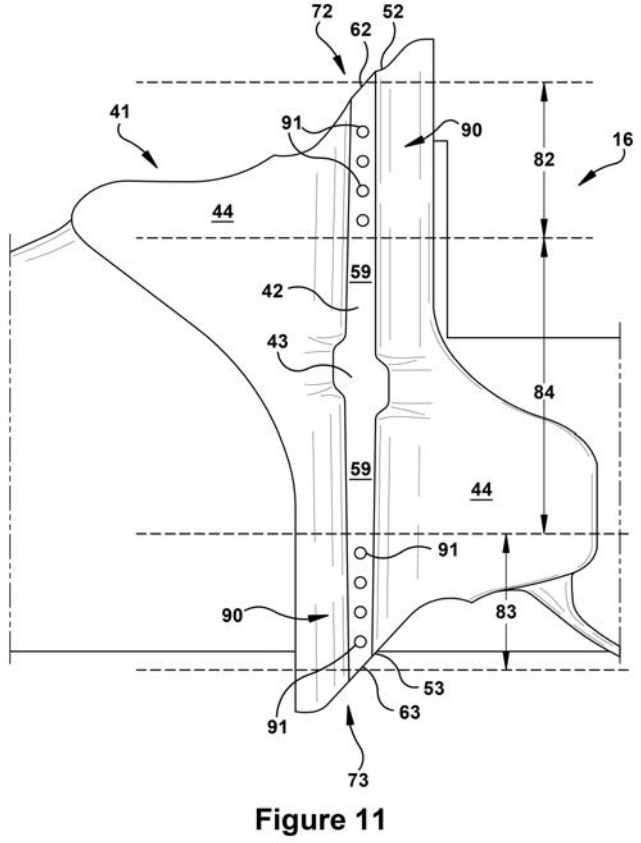
【図 9】



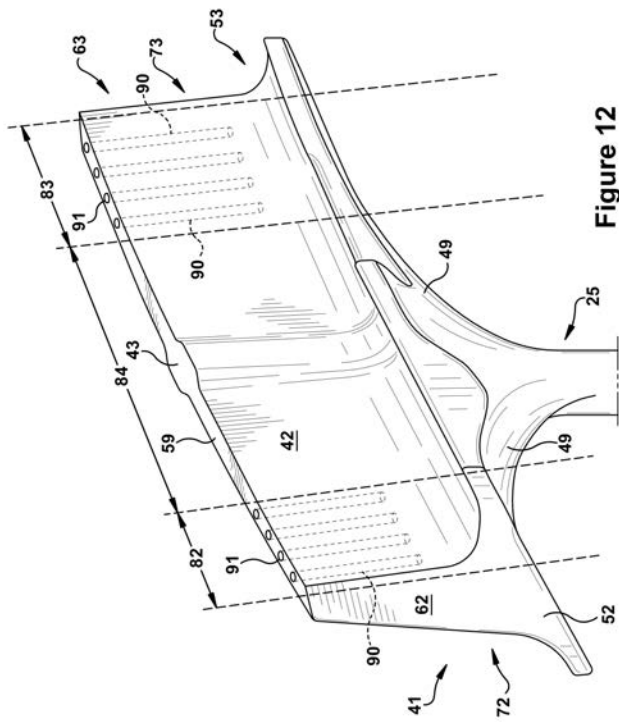
【図 10】



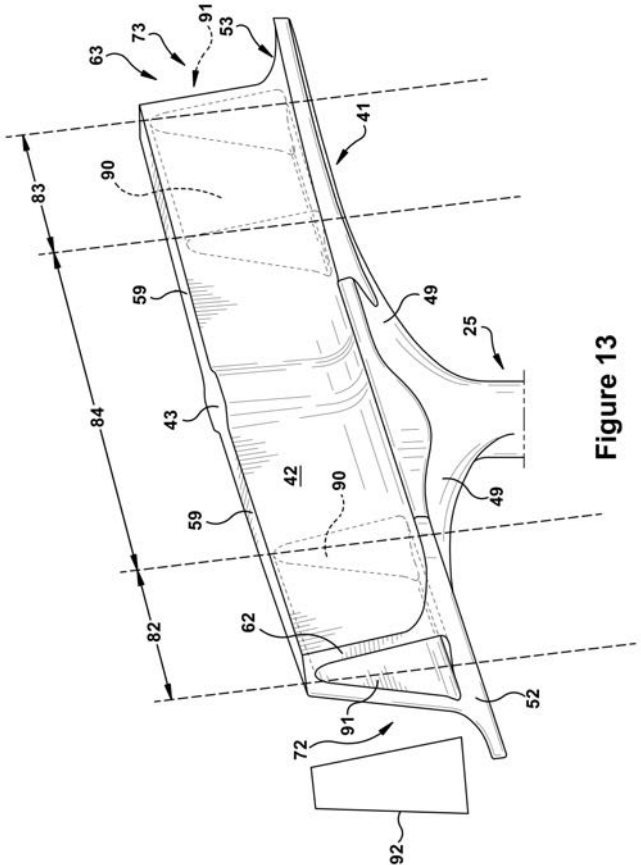
【図 11】



【図 12】



【図 13】



【図 14】

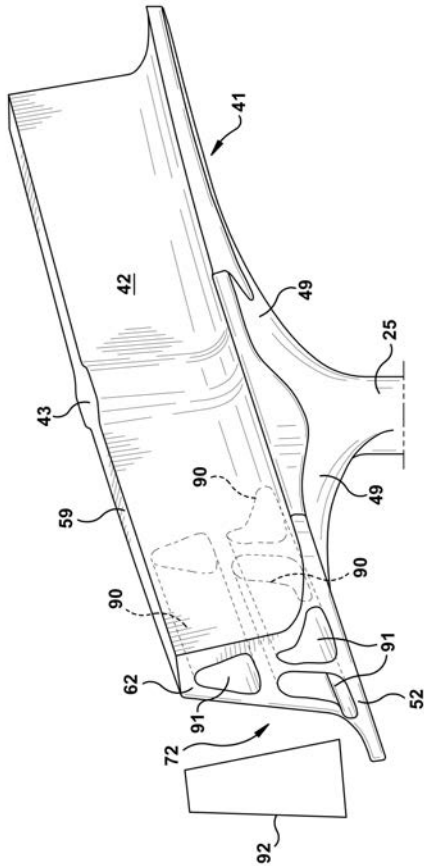


Figure 14

【図 15】

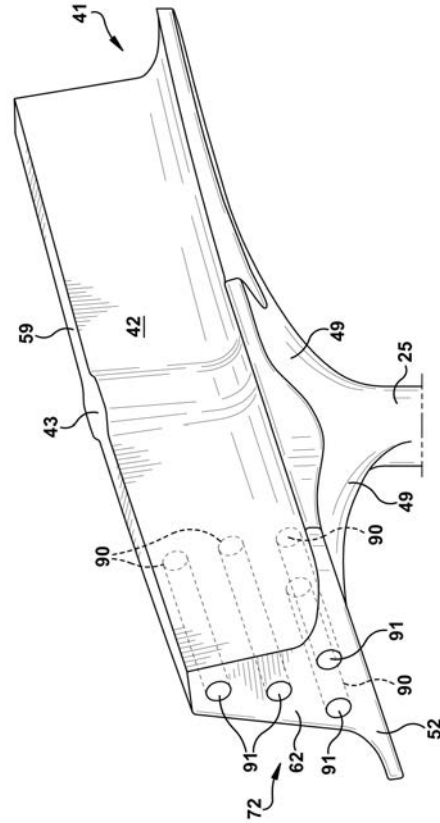


Figure 15

【図 16】

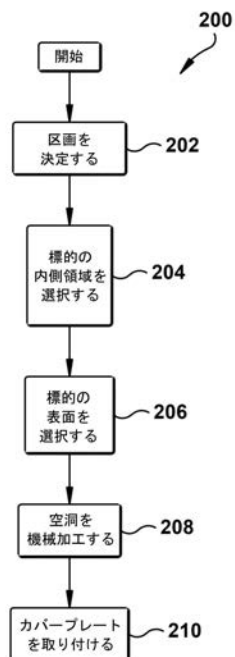


Figure 16

フロントページの続き

(72)発明者 マイケル・デイヴィッド・マクダフォード

アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・２９６１５、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、
３００番

(72)発明者 ジェフリー・クラレンス・ジョーンズ

アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・２９６１５、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、
３００番

Fターム(参考) 3G202 CB01 DA03

【外国語明細書】
2017120085000001.pdf