

(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2015-127533

(P2015-127533A)

(43) 公開日 平成27年7月9日(2015.7.9)

(51) Int.Cl.

FO1D 5/18 (2006.01)  
FO1D 9/02 (2006.01)

F 1

FO1D 5/18  
FO1D 9/02

テーマコード(参考)

3G202  
102

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 31 頁)

(21) 出願番号 特願2014-254634 (P2014-254634)  
 (22) 出願日 平成26年12月17日 (2014.12.17)  
 (31) 優先権主張番号 14/143,537  
 (32) 優先日 平成25年12月30日 (2013.12.30)  
 (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、スケネクタディ、リバーロード、1  
 番  
 (74) 代理人 100137545  
 弁理士 荒川 智志  
 (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

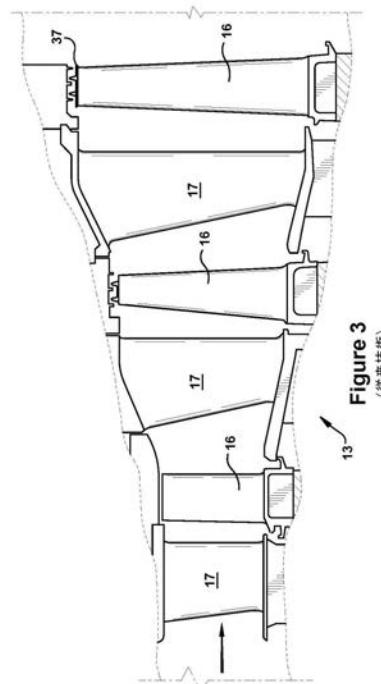
(54) 【発明の名称】タービンブレード内の構造構成および冷却回路

## (57) 【要約】

【課題】エーロフォイルを冷却する。

【解決手段】タービンブレードは、凹形状をした加圧側外壁および凸形状をした吸引側外壁であり、前縁および後縁に沿って接続し、これらの外壁の間に冷却剤の流れを受けるための半径方向に延びるチャンバを形成する、加圧側外壁および吸引側外壁によって画定されるエーロフォイルを含む。タービンブレードは、エーロフォイルのチャンバを半径方向に延びる流路へと仕切るリブ構成をさらに含むことができる。第1の流路は、タービュレータが上に設置される第1の面を含むことができ、タービュレータの各々は、傾斜した構成を備える。

【選択図】図3



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

凹形状をした加圧側外壁および凸形状をした吸引側外壁であり、前縁および後縁に沿って接続し、前記外壁の間に冷却剤の流れを受けるための半径方向に延びるチャンバを形成する、前記加圧側外壁および前記吸引側外壁によって画定されるエーロフォイルを備え、

前記エーロフォイルの前記チャンバを半径方向に延びる流路へと仕切るリブ構成をさらに備え、

第1の流路は、タービュレータが上に設置される第1の面を含み、前記タービュレータの各々が傾斜した構成を備える、

タービンプレード。

10

**【請求項 2】**

前記第1の流路が、半径方向に広がる面によって画定され、前記第1の面に対向する第2の面、ならびに前記第1の面の横に並び、かつ前記第1の面に隣接して広がる2つの追加の面、第3の面および第4の面を含み、

前記傾斜した構成が、一定の半径方向の高さを有する前記第1の面上の基準線に対して傾斜する前記タービュレータの各々を備える、

請求項1記載のタービンプレード。

**【請求項 3】**

前記タービュレータの前記傾斜した構成が、前記タービュレータの各々と前記基準線のうちの1つとの間に形成される少なくとも20°の鋭角を含み、

前記タービュレータの各々が、細長く、急峻な面を持った突起を含む、  
請求項2記載のタービンプレード。

20

**【請求項 4】**

前記タービュレータの前記傾斜した構成が、前記タービュレータの各々と前記基準線のうちの1つとの間に形成される少なくとも40°の鋭角を含む、請求項2記載のタービンプレード。

**【請求項 5】**

前記タービュレータの各々が、前記流路の前記第1の面の幅を横切って途切れずに延び、

前記第1の面が、前記第1の面の内側寄り端部と外側寄り端部との間に半径方向に間隔を空けて設置された少なくとも5つのタービュレータを備え、

30

前記タービュレータが、平行な構成を備える、

請求項2記載のタービンプレード。

**【請求項 6】**

前記タービュレータの各々が、前記流路の前記第1の面の幅を部分的に横切って延び、

前記第1の面が、前記第1の面の内側寄り端部と外側寄り端部との間に半径方向に間隔を空けて設置された少なくとも5つのタービュレータを備え、

前記タービュレータが、平行な構成を備える、

請求項2記載のタービンプレード。

**【請求項 7】**

前記タービュレータの各々が、前記第1の面を部分的に横切って延び、

前記第1の面が、前記第1の面の内側寄り端部の近くに設置された第1のタービュレータと前記第1の面の外側寄り端部の近くの第10のタービュレータとの間に規則的な半径方向の間隔を含む少なくとも5つのタービュレータを備え、

前記タービュレータが、横方向に互い違いである、

請求項2記載のタービンプレード。

40

**【請求項 8】**

前記第2の面が、前記第1の面上の前記タービュレータをほぼ鏡面反転するように構成されたタービュレータを備える、請求項2記載のタービンプレード。

**【請求項 9】**

前記第2の面が、前記第1の面上の前記タービュレータのように構成されたタービュレ-

50

夕を備え、

前記第2の面上の前記タービュレータが、前記第1の面上の前記タービュレータと半径方向に互い違いになるように構成される、

請求項2記載のタービンプレード。

**【請求項10】**

前記第2の面が、一定の半径方向の高さを有する前記第2の面上の基準線に対して傾斜するタービュレータを備え、

前記第2の面上の前記タービュレータが、細長く、急峻な面を持った突起をそれぞれ含み、

前記第2の面上の前記タービュレータの前記傾斜した構成が、前記タービュレータの各々と前記基準線のうちの1つとの間に形成される少なくとも $20^{\circ}$ の鋭角を含む、

請求項2記載のタービンプレード。

**【請求項11】**

前記第2の面が、傾斜した構成を有するタービュレータを備え、

前記第2の面上の前記タービュレータは、少なくとも $20^{\circ}$ の鋭角が前記タービュレータの各々と前記第2の面上の基準線のうちの1つとの間に形成されるように、一定の半径方向の高さを有する前記第2の面上の前記基準線に対して傾斜し、

前記第2の面が、前記第2の面の内側寄り端部と外側寄り端部との間に半径方向に間隔を空けて設置された少なくとも5つのタービュレータを備え、

前記第2の面の前記タービュレータが、平行な構成を備える、

請求項3記載のタービンプレード。

**【請求項12】**

前記第1の面および前記第2の面の前記タービュレータが、半径方向に互い違いである、

請求項11記載のタービンプレード。

**【請求項13】**

前記第3の面が、傾斜した構成を有するタービュレータを備え、

前記第3の面上の前記タービュレータは、少なくとも $20^{\circ}$ の鋭角が前記タービュレータの各々と前記第3の面上の基準線のうちの1つとの間に形成されるように、一定の半径方向の高さを有する前記第3の面上の前記基準線に対して傾斜する、

請求項3記載のタービンプレード。

**【請求項14】**

前記第3の面が、前記第3の面の内側寄り端部と外側寄り端部との間に半径方向に間隔を空けて設置された少なくとも5つのタービュレータを備え、

前記第3の面の前記タービュレータが、平行な構成を備え、

前記第1の面および前記第3の面の前記タービュレータが、半径方向に互い違いである、

、

請求項13記載のタービンプレード。

**【請求項15】**

前記第2の面、前記第3の面、および前記第4の面が、傾斜した構成を有するタービュレータを備え、

前記第2の面上の前記タービュレータは、少なくとも $20^{\circ}$ の鋭角が前記タービュレータの各々と前記第2の面上の基準線のうちの1つとの間に形成されるように、一定の半径方向の高さを有する前記第2の面上の前記基準線に対して傾斜し、

前記第3の面上の前記タービュレータは、少なくとも $20^{\circ}$ の鋭角が前記タービュレータの各々と前記第3の面上の基準線のうちの1つとの間に形成されるように、一定の半径方向の高さを有する前記第3の面上の前記基準線に対して傾斜し、

前記第4の面上の前記タービュレータは、少なくとも $20^{\circ}$ の鋭角が前記タービュレータの各々と前記第4の面上の基準線のうちの1つとの間に形成されるように、一定の半径方向の高さを有する前記第4の面上の前記基準線に対して傾斜する、

請求項3記載のタービンプレード。

10

20

30

40

50

**【請求項 16】**

前記第1の面および前記第2の面の各々が、前記エーロフォイルのカンバ線リブ、加圧側外壁、および吸引側外壁のうちの1つを含む、請求項11記載のタービンブレード。

**【請求項 17】**

前記第1の面および前記第2の面の各々が、トラバースリブを含む、請求項11記載のタービンブレード。

**【請求項 18】**

前記第1の面が、トラバースリブを含み、

前記トラバースリブおよび前記タービュレータが、前記エーロフォイルのカンバ線を通って延びるように構成される、

請求項3記載のタービンブレード。

**【請求項 19】**

前記第1の面および前記第2の面の各々が、中央トラバースリブを含み、前記中央トラバースリブの各々が、加圧側カンバ線リブと吸引側カンバ線リブとの間に延びる、請求項11記載のタービンブレード。

**【請求項 20】**

前記第1の面、前記第2の面、前記第3の面、および前記第4の面のうちの1つが、波形プロファイルを有するカンバ線リブのセグメントを含み、

前記波形プロファイルが、少なくとも1つの前後への「S字」形状を有する前記波形プロファイルを含み、

前記タービンブレードが、タービン回転子ブレードを備える、

請求項13記載のタービンブレード。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、タービンエーロフォイルに関し、より詳細には、エーロフォイルを冷却するために空気などの流体を通すための内部導管を有する回転子ブレードまたは固定子ブレードなどの中空タービンエーロフォイルに関する。

**【背景技術】****【0002】**

燃焼タービンエンジンまたはガスタービンエンジン（以降「ガスタービン」）は、圧縮機、燃焼器、およびタービンを含む。本分野において良く知られているように、圧縮機において圧縮された空気は、燃料と混合され、燃焼器において点火され、その後タービンを通して膨張して、動力を生み出す。タービン内部の構成要素、特に円周方向に配列した回転子ブレードおよび固定子ブレードは、それらによって消費される燃焼生成物の極端に高い温度および圧力によって特徴付けられる好ましくない環境に曝される。繰り返し熱サイクルならびにこの環境の極端な温度および機械的応力に耐えるために、エーロフォイルは、堅固な構造を有し、能動的に冷却されなければならない。

**【0003】**

認識されるように、タービン回転子ブレードおよび固定子ブレードは、冷却システムを形成する内部通路または回路を多くの場合に含み、内部通路または回路を通して冷却剤を、典型的には圧縮機から流れ出る空気を循環する。このような冷却回路は内部リブによって典型的には形成され、内部リブは、エーロフォイルに対して要求される構造的な支持を与え、許容可能な温度プロファイル内にエーロフォイルを維持するように設計された複数の流路を含む。これらの冷却回路を通過する空気を、エーロフォイルの前縁、後縁、吸引側、および加圧側に形成した膜冷却アパーチャを介して多くの場合に放出する。

**【0004】**

ガスタービンの効率は着火温度が上昇するにつれて向上することを認識するであろう。このために、タービンブレードがこれまでにない高い温度に耐えることを可能にする技術的な進歩が絶えず求められている。これらの進歩は、時には高温に耐えることができる新

10

20

30

40

50

材料を含むが、同時に多くの場合に、これらの進歩は、ブレード構造および冷却能力を高めるようにエーロフォイルの内部構成を改善することを含む。しかしながら、冷却剤を使用することがエンジンの効率を低下させるという理由で、冷却剤使用量のレベルの増加に余りに強く依存する新しい配列は、1つの非効率性をもう1つのものに単に交換するにすぎない。その結果として、内部エーロフォイル構成および冷却剤効率を向上させる冷却剤循環を提供する新しいエーロフォイル設計に対する要求が継続している。

#### 【0005】

内部冷却型エーロフォイルの設計をさらに複雑にする検討事項は、動作中にエーロフォイル内部構造と外部構造との間に現れる温度差である。すなわち、高温ガス通路に露出するという理由で、エーロフォイルの外壁は、例えば、典型的に、内部リブの各々の側に画定される通路を通って流れる冷却剤を有することができる内部リブの多くよりも動作中にはるかに高い温度にある。事実、一般的なエーロフォイル構成は、長い内部リブが加圧側外壁および吸引側外壁に平行に延びる「四重壁（four-wall）」配置を含む。四重壁配置内に形成された壁に近い流路によって高い冷却効率を達成することができるが、外壁は、内壁よりも著しく大きなレベルの熱膨張を経験することが知られている。この不均衡な膨張は、内部リブと外壁とが接触する点のところで応力を発達させ、これがブレードの寿命を短くすることがある低サイクル疲労を引き起こすことがある。したがって、より効率的に冷却剤を使用する一方で、内部領域と外部領域との間での不均衡な熱膨張によって引き起こされる応力をやはり減少させるエーロフォイル構造の開発には、重大な技術産業上の難題が残されている。

10

20

30

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0006】

#### 【特許文献1】米国特許第8376706号公報

#### 【発明の概要】

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0007】

本出願は、したがって、凹形状をした加圧側外壁および凸形状をした吸引側外壁であり、前縁および後縁に沿って接続し、これらの外壁の間に冷却剤の流れを受けるための半径方向に延びるチャンバを形成する、加圧側外壁および吸引側外壁によって画定されるエーロフォイルを含むタービンブレードを記述する。タービンブレードは、エーロフォイルのチャンバを半径方向に延びる流路へと仕切るリブ構成をさらに含むことができる。第1の流路は、タービュレータが上に設置される第1の面を含むことができ、タービュレータの各々は、傾斜した構成を備える。

#### 【0008】

本出願のこれらの特徴および他の特徴は、図面および特許請求の範囲とともに検討すると好ましい実施形態の下記の詳細な説明を精査することで明らかになるであろう。

#### 【0009】

本発明のこれらの特徴および他の特徴は、添付した図面とともに検討して本発明の例示的な実施形態の下記のより詳細な説明を注意深く吟味することによって、より完全に理解され、認識されるであろう。

40

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0010】

【図1】本出願のある種の実施形態を使用することができる例示的なタービンエンジンの模式図である。

【図2】図1の燃焼タービンエンジンの圧縮機部の断面図である。

【図3】図1の燃焼タービンエンジンのタービン部の断面図である。

【図4】本発明の実施形態を利用することができるタイプのタービン回転子ブレードの斜視図である。

【図5】従来型の設計による内壁構成またはリブ構成を有するタービン回転子ブレードの

50

断面図である。

【図6】本発明の実施形態による内壁構成を有するタービン回転子ブレードの断面図である。

【図7】本発明の代替実施形態による内壁構成またはリブ構成を有するタービン回転子ブレードの断面図である。

【図8】本発明の態様による、図5の流路のうちの1つの断面図である。

【図9】本発明の態様による、図8の流路の2つの隣接する壁の斜視図である。

【図10】本発明の代替実施形態による、図8の流路の2つの隣接する壁の斜視図である。

【図11】本発明の代替実施形態による、図8の流路の2つの隣接する壁の斜視図である。

【図12】本発明の代替実施形態による、図8の流路の2つの隣接する壁の斜視図である。

【図13】本発明の代替実施形態による、図8の流路の3つの隣接する壁の斜視図である。

【図14】本発明の態様による、図7の流路のうちの1つの断面図である。

【図15】本発明の態様による、図14の流路の2つの隣接する壁の斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

初期事項として、現在の発明を明確に記述するために、ガスタービン内部の関係する機械部品を呼ぶときおよび記述するときに、ある種の用語を選択することが必要になるであろう。これを行うときに、可能な場合には、一般的な産業用語を、認められている意味と整合する様式で使用し利用するであろう。別段述べない限り、このような用語は、本出願の文脈および別記の特許請求の範囲の範囲と整合する幅広い解釈を与えるはずである。多くの場合に、特定の構成要素を、いくつかの異なる用語または重なる用語を使用して呼ぶことがあることを当業者なら認識するであろう。単一部品であるとして本明細書において記述することができるものは、複数の構成要素から構成されるもう1つの状況を含むことができ、もう1つの状況において参照されることがある。あるいは、複数の構成要素を含むとして本明細書において記述することができるものが、どこかでは単一部品として呼ばれることがある。したがって、本発明の範囲を理解する際に、本明細書において提供される用語および記述だけでなく、構成要素の構造、構成、機能、および／または使用にも注意を払うべきである。

【0012】

加えて、いくつかの説明的な用語を、本明細書においては定常に使用することがあり、この項のはじめにこれらの用語を定義することは役立つはずである。これらの用語およびその定義は、別段述べない限り、次の通りである。本明細書において使用するように、「下流（downstream）」および「上流（upstream）」は、タービンエンジンを通る作動流体などの流体の流れ、または例えば、燃焼器を通る空気の流れもしくはタービンの構成要素システムのうちの1つを通る冷却剤の流れに対して相対的な方向を示す用語である。「下流」という用語は、流体の流れの方向に対応し、「上流」という用語は、流れに反対の方向を呼ぶ。「前方（forward）」および「後（aft）」という用語は、何らかのさらなる特定がない場合、「前方」が前またはエンジンの圧縮機端を呼び、「後」が後方またはエンジンのタービン端を呼ぶことをともなう方向を呼ぶ。中心軸に関して異なる半径方向位置にある部品を説明することが、しばしば必要である。「半径方向（radial）」という用語は、軸に対して垂直な動きまたは位置を呼ぶ。このようなケースでは、第1の構成要素が第2の構成要素よりも軸の近くに存在する場合には、第1の構成要素は、第2の構成要素の「半径方向の内側（radially inward）」または「内側寄り（inboard）」であることを、本明細書においては述べるであろう。その一方で、第1の構成要素が第2の構成要素よりも軸から遠くに存在する場合には、第1の構成要素は、第2の構成要素の「半径方向の外側（radially 10 20 30 40 50

*outward*)」または「外側寄り(*outboard*)」であることを、本明細書においては述べることができる。「軸方向(*axial*)」という用語は、軸に平行な動きまたは位置を呼ぶ。最後に、「円周方向(*circumferential*)」という用語は、軸の周りの動きまたは位置を呼ぶ。このような用語を、タービンの中心軸に関連して適用することができることを認識するであろう。

#### 【0013】

背景として、ここで図を参照して、図1から図4は、本出願の実施形態をその中で使用することができる例示的な燃焼タービンエンジンを図示する。本発明がこの特定のタイプの使用に限定されないことを、当業者なら理解するであろう。本発明を、発電において使用するものなどの燃焼タービンエンジン、航空機、ならびに他のエンジンタイプにおいて使用することができる。提供する例は、別段述べない限り限定することを意味しない。10

#### 【0014】

図1は、燃焼タービンエンジン10の模式的な表示である。一般に、燃焼タービンエンジンは、圧縮された空気の流れの中で燃料を燃焼させることによって生成される高温ガスの加圧された流れからエネルギーを取り出すことによって動作する。図1に図示したように、燃焼タービンエンジン10を、軸流圧縮機11を用いて構成することができ、軸流圧縮機を、下流タービン部またはタービン13および圧縮機11とタービン13との間に位置する燃焼器12へ共通シャフトまたは回転子によって機械的に連結する。

#### 【0015】

図2は、図1の燃焼タービンエンジンにおいて使用することができる例示的な多段軸流圧縮機11の図を例示する。示したように、圧縮機11は、複数の段を含むことができる。各段は、圧縮機回転子ブレード14の列に続いて圧縮機固定子ブレード15の列を含むことができる。このように、第1の段は、中央シャフトの周りを回転する圧縮機回転子ブレード14の列に続いて動作中には静止したままである圧縮機固定子ブレード15の列を含むことができる。20

#### 【0016】

図3は、図1の燃焼タービンエンジンにおいて使用することができる例示的なタービン部またはタービン13の部分図を例示する。タービン13は、複数の段を含むことができる。3つの例示的な段を図示するが、より多くの段またはより少ない段が、タービン13内に存在する場合がある。第1の段は、動作中にシャフトの周りを回転する複数のタービンバケットまたはタービン回転子ブレード16、および動作中には静止したままである複数のノズルまたはタービン固定子ブレード17を含む。タービン固定子ブレード17は、一般的に、相互に円周方向に間隔を空けて設置され、回転軸の周りに固定される。タービン回転子ブレード16を、シャフト(図示せず)の周りの回転用のタービンホイール(図示せず)上に載置することができる。タービン13の第2の段をやはり図示する。第2の段は、同様に、複数の円周方向に間隔を空けて設置されたタービン固定子ブレード17に続いて回転用のタービンホイール上にやはり載置され、複数の円周方向に間隔を空けて設置されたタービン回転子ブレード16を含む。第3の段をやはり図示し、同様に複数のタービン固定子ブレード17および回転子ブレード16を含む。タービン固定子ブレード17およびタービン回転子ブレード16がタービン13の高温ガス通路内に置かれることを認識するであろう。高温ガス通路を通る高温ガスの流れの方向を、矢印によって示す。当業者なら認識するように、タービン13は、図3に図示したものよりも多くの段、またはいくつかのケースでは少ない段を有することができる。各々の追加の段は、タービン固定子ブレード17の列に続いてタービン回転子ブレード16の列を含むことができる。30

#### 【0017】

動作の一例では、軸流圧縮機11内部の圧縮機回転子ブレード14の回転は、空気の流れを圧縮することができる。燃焼器12では、圧縮空気を燃料と混合し、点火すると、エネルギーを放出することができる。燃焼器12からの得られた高温ガス、これを作動流体と呼ぶことができる、の流れを、次に、タービン回転子ブレード16の上方に向け、作動流体の流れがシャフトの周りのタービン回転子ブレード16の回転を引き起こす。これに40

より、作動流体の流れのエネルギーを、回転するブレード、および回転ブレードとシャフトとの間の接続によって回転するシャフトの機械的エネルギーへと変換する。シャフトの機械的エネルギーを、次に、圧縮機回転子ブレード14を回転させるために使用することができ、その結果、圧縮空気の必要な供給を作り、そしてやはり、例えば、発電機を回転させて電力を作るために使用することができる。

#### 【0018】

図4は、本発明の実施形態を利用することができるタイプのタービン回転子ブレード16の斜視図である。タービン回転子ブレード16は、付け根21を含み、これによって回転子ブレード16を回転子ディスクに取り付ける。付け根21は、回転子ディスクの周囲の対応するダブルテールスロット内に載置するために構成されたダブルテールを含むことができる。付け根21は、ダブルテールとプラットフォーム24との間に延びるシャンクをさらに含むことができ、プラットフォームは、エーロフォイル25と付け根21との接合部のところに配置され、タービン13を通る流路の内側寄り境界の一部を画定する。エーロフォイル25が、作動流体の流れを途中で捕え、回転子ディスクを回転させる回転子ブレード16の能動部品であることを認識するであろう。この例のブレードはタービン回転子ブレード16であるが、タービン固定子ブレード17を含むタービンエンジン10内部の他のタイプのブレードに本発明をやはり適用することができることを認識するであろう。回転子ブレード16のエーロフォイル25が、対向する前縁28と後縁29との間で軸方向にそれぞれ延びる凹型加圧側外壁26および円周方向にまたは横方向に対向する凸型吸引側外壁27を含むことを理解するであろう。側壁26および27は、プラットフォーム24から外側寄り先端31まで半径方向にやはり延びる。(本発明の用途は、タービン回転子ブレードに限定されないだけでなく、固定子ブレードにもやはり適用可能であり得ることを認識するであろう。本明細書において説明するいくつかの実施形態における回転子ブレードの使用は、別段述べない限り例示的である。)

図5は、従来型の設計を有する回転子ブレードエーロフォイル25に見出すことができるような内部壁構成を示す。示したように、エーロフォイル25の外側表面を、比較的薄い加圧側外壁26および吸引側外壁27によって画定することができ、これらの外壁を、複数の半径方向に延び交差するリブ60を介して接続することができる。リブ60は、エーロフォイル25に対する構造的支持を与える一方で、複数の半径方向に延び実質的に分離された流路40をやはり画定するように構成される。典型的には、リブ60は、エーロフォイル25の半径方向の高さの大部分にわたり流路を仕切るように半径方向に延びるが、下記により詳細に論じるように、冷却回路を画定するように、流路をエーロフォイルの周辺に沿って接続することができる。すなわち、流路40は、エーロフォイル25の外側寄り端部または内側寄り端部のところで、ならびに多数の小さな交差通路または交差通路の間に位置することができるインピングメントアーチャ(図示せず)を介して流体連通することができる。このようにして、流路40のうちのあるものは一緒に、曲がりくねったまたは蛇行する冷却回路を形成することができる。加えて、冷却剤を流路40からエーロフォイル25の外側表面上へと通して放出する出口を形成する膜冷却ポート(図示せず)を含むことができる。

#### 【0019】

リブ60は、2つの異なるタイプを含むことができ、これらを次に、本明細書において行うように、さらに細分割することができる。第1のタイプ、カンバ線リブ62は、典型的には、エーロフォイルのカンバ線に平行またはほぼ平行に延びる長いリブであり、カンバ線は、前縁28から後縁29まで伸び、加圧側外壁26と吸引側外壁27との間の中間点を接続する基準線である。しばしばあるように、図5の従来型構成は、2つのカンバ線リブ62、すなわち加圧側外壁26からオフセットし、近接する様式で与えられる加圧側内壁ともやはり呼ばれることがある加圧側カンバ線リブ63、吸引側外壁27からオフセットし、近接する様式で与えられる吸引側内壁ともやはり呼ばれることがある吸引側カンバ線リブ64を含む。述べたように、このタイプの設計は、2つの側壁26、27および2つのカンバ線リブ63、64を含む行きわたる4つの主要な壁のために、「四重壁」構

10

20

30

40

50

成を有するとしばしば呼ばれる。外壁 26、27 およびカンバ線リブ 62 は、一体型構成部品として鋳造されることを認識するであろう。

#### 【0020】

第 2 のタイプのリブは、本明細書においてはトラバースリブ 66 と呼ばれる。トラバースリブ 66 は、四重壁構成の壁および内部リブを接続するように示された短いリブである。示したように、4 つの壁を、多数のトラバースリブ 66 によって接続することができ、トラバースリブ 66 を、どの壁を各々が接続するかにしたがってさらに分類することができる。本明細書において使用するように、加圧側外壁 26 を加圧側カンバ線リブ 63 に接続するトラバースリブ 66 は、加圧側トラバースリブ 67 と呼ばれる。吸引側外壁 27 を吸引側カンバ線リブ 64 に接続するトラバースリブ 66 は、吸引側トラバースリブ 68 と呼ばれる。最後に、加圧側カンバ線リブ 63 を吸引側カンバ線リブ 64 に接続するトラバースリブ 66 は、中央トラバースリブ 69 と呼ばれる。

10

#### 【0021】

一般的に、エーロフォイル 25 内の四重壁内部構成の目的は、効率的な壁に近い冷却を与えることであり、この中では、冷却空気が、エーロフォイル 25 の外壁 26、27 に隣接する導管内を流れる。冷却空気がエーロフォイルの熱い外側表面のすぐそばにあり、狭い導管を通る流れを制約することによって実現される大きな流速のために、得られる熱伝達係数が大きいという理由で、壁に近い冷却が有利であることを認識するであろう。しかしながら、このような設計は、エーロフォイル 25 内で経験する異なるレベルの熱膨張のために低サイクル疲労を経験しがちであり、これが結局は、回転子ブレードの寿命を短くすることがある。例えば、動作では、吸引側外壁 27 は、吸引側カンバ線リブ 64 よりも大きく熱膨張する。この膨張差は、エーロフォイル 25 のカンバ線の長さを増加させる傾向にあり、これによって、これらの構造のそれぞれの間に、ならびにこれらを接続するこれらの構造間に応力を生じさせる。加えて、加圧側外壁 26 は、より冷たい加圧側カンバ線リブ 63 よりもやはり大きく熱膨張する。このケースでは、差は、エーロフォイル 25 のカンバ線の長さを減少させる傾向にあり、これによって、これらの構造の各々の間に、ならびにこれらを接続するこれらの構造間に応力を生じさせる。1 つのケースではエーロフォイルカンバ線を減少させる傾向があり、他方ではこれを増加させるエーロフォイル内の反対の力が、さらなる応力集中をもたらすことがある。エーロフォイルの特定の構造的構成が与えられるとこれらの力が現れる様々な形態、および力がその後つり合い補償される様式は、回転子ブレード 16 の部品寿命の重要な決定的要因になる。

20

#### 【0022】

より具体的に、一般的なシナリオでは、高温ガス通路の高温に曝すことが吸引側外壁を熱膨張させるので、吸引側外壁 27 は、その湾曲の頂点のところで外側にたわむ傾向がある。内部壁である吸引側カンバ線リブ 64 が、同じレベルの熱膨張を経験せず、これゆえ、外方にたわむ同じ傾向を有することがないことを認識するであろう。カンバ線リブ 64 は、次に、外壁 27 の熱膨張に抗する。従来型の設計が、ほとんどまたはまったくコンプライアンスのない硬い幾何学的形状で形成されたカンバ線リブ 62 を有するという理由で、この抗性およびこれからもたらされる応力集中を、実体的なものとする場合がある。問題を悪化させると、カンバ線リブ 62 を外壁 27 に接続するために使用するトラバースリブ 66 は、直線プロファイルで形成され、一般に、トラバースリブが接続する壁に対して直角に向けられる。こういう状況であれば、加熱された構造が著しく異なる速度で膨張するので、トラバースリブ 66 は、外壁 27 とカンバ線リブ 64との間の「冷たい」空間的関係を基本的に早く保持するように動作する。したがって、「弾力性」が構造中にほとんどまたはまったく作られない、従来型の配列は、構造のある領域に集中する応力を取り除くことに不適当である。差異のある熱膨張バスは、構成要素寿命を短くする低サイクル疲労問題を結果としてもたらす。

30

#### 【0023】

多くの異なる内部エーロフォイル冷却システムおよび構造的構成を、過去に評価してきており、この問題を直すための試みを行ってきてている。1 つのそのような取り組みは、外

40

50

壁 26、27を過冷却することを提案し、その結果、温度差および、これによって熱膨張差を減少させる。とはいへ、これを典型的に達成する方法は、エーロフォイルを通じて循環する冷却剤の量を増加させることであることを認識するであろう。冷却剤が典型的には圧縮機から流れ出る空気であるという理由で、冷却剤の使用量の増加は、エンジンの効率への負の影響を有し、したがって、好ましくは避ける解決策である。製造方法の改善および／または同じ量の冷却剤を使用するが冷却剤をより効率的に使用するさらに複雑な内部冷却構成を使用する他の解決策が、提案されている。これらの解決策がいくぶんか効率的であることを証明しているとはいへ、それぞれが、エンジンの動作または部品の製造のいずれかに追加コストをもたらし、動作中にエーロフォイルがどのように熱膨張するかの観点から従来型の設計の幾何学形状の欠点である根本問題に直接対処することに対して何も行わない。

10

## 【0024】

本発明は、全体として、タービンブレードのエーロフォイル内にしばしば生じる熱応力の不均衡を緩和するある種の湾曲したまたは気泡を形成したまたはサイン波形のまたは波形の内部リブ（以降「波形リブ」）を教示する。この一般的なアイデア内で、本出願は、このアイデアを実現することができるいくつかの方法を記述し、これらの方法は、波形のカンバ線リブ62および／またはトラバースリブ66、ならびにこれらの間のあるタイプの角度を付けた接続部を含む。これらの新規な構成 - これを、別記の特許請求の範囲に正確に記述したように、別々にまたは組み合わせて利用することができる - は、目標とする柔軟性を与えるようにエーロフォイル25の内部構造の硬さを減少させ、これによって、応力集中を分散させ、応力にさらに耐えることが可能な別の構造的な領域に歪を移動させることを認識するであろう。これは、例えば、大きな面積の全体にわたり歪を分散させる領域に移動させること、または、おそらく、引張り応力の代わりに、典型的にはより好ましい圧縮負荷に移動する構造を含むことができる。このようにして、寿命を短くする応力集中および歪を回避することができる。

20

## 【0025】

図6および図7は、本発明の実施形態による、内部壁構成を有するタービン回転子ブレード16の断面図を提供する。具体的に、本発明は、構造的支持体ならびに仕切りの両者として典型的に使用されるリブ60の構成を含み、仕切りは、中空のエーロフォイル25を実質的に分離され半径方向に延びる流路40へと分割し、流路40を、冷却回路を作るために望むような相互接続することができる。特定の様式でエーロフォイル25を通る冷却剤の流れを管理するために、これらの流路40および流路が形成する回路を使用し、その結果、冷却剤の使用は、的を絞られ、より効率的である。本明細書において提供する例を、タービン回転子ブレード16において使用されるように示すが、同じ概念をやはりタービン固定子ブレード17において利用することができることを認識するであろう。一実施形態では、本発明のリブ構成は、波形プロファイルを有するカンバ線リブ62を含む。（本明細書において使用するように、「プロファイル」という用語は、リブが図6および図7の断面図において有する形状を呼ぶものとする。）カンバ線リブ62は、上に説明したように、典型的には、エーロフォイル25の前縁28の近くの位置から後縁29に向かって延びる長い方のリブの1つである。カンバ線リブが描く経路が、エーロフォイル25のカンバ線にほぼ平行であるという理由で、これらのリブを「カンバ線リブ」と呼び、カンバ線は、凹型加圧側外壁26と凸型吸引側外壁27との間の等距離である点の集合を通りエーロフォイル25の前縁28と後縁29との間に延びる基準線である。本出願によれば、「波形プロファイル」は、示したように、形状で顕著に湾曲しているおよびサイン波形であるプロファイルを含む。言い換えると、「波形プロファイル」は、前後への「S字」プロファイルを示すプロファイルである。この特定のタイプの波形プロファイルの例を、上記の図6および図7に与える。

30

## 【0026】

波形プロファイルで構成されたカンバ線リブ62のセグメントまたは長さは、設計基準に依存して変わることがある。提供した例では、波形カンバ線リブ62は、典型的には、

40

50

エーロフォイル 25 の前縁 28 に近い位置からエーロフォイル 25 のカンバ線の中間点を超える点まで延びる。カンバ線リブ 62 の波形部分は、長さが短くてもよいが、本明細書において論じた同じタイプの性能の長所を依然として与えることを認識するであろう。カンバ線リブ 62 の波形セグメントの湾曲の数ならびに長さを、最善の結果を実現するために入れ替えることができる。ある種の実施形態では、本発明の波形カンバ線リブ 62 は、カンバ線リブが含む完全な前後への「S字」形状の数によって定義される。このタイプの好ましい実施形態では、波形カンバ線リブ 62 は、少なくとも 1 つの途切れない前後への「S字」形状を含む。別の一実施形態では、波形カンバ線リブ 62 は、少なくとも 2 つの連続的であり途切れない前後への「S字」形状を含む。図 6 および図 7 に与えた例は、2 つ以上の完全な「S字」形状を有する経路をそれぞれ描くことを認識するであろう。全体の長さに関して、カンバ線リブ 62 の波形セグメントは、エーロフォイル 25 のカンバ線の長さのかなりの部分にわたり延びることができる。例えば、図 6 および図 7 に示したように、好ましい実施形態では、カンバ線リブ 62 の波形部分は、エーロフォイル 25 のカンバ線の長さの 50 % を超える。言い換えると、カンバ線リブ 62 の波形部分は、エーロフォイル 25 の前縁 28 の近くで始まり、後方に延び、エーロフォイル 25 の湾曲の頂点を十分に超える。カンバ線リブ 62 の少なくとも 25 % の長さの波形部分などのより短い長さを、性能利益のある状態でやはり利用することを認識するであろう。

10

#### 【0027】

曲がりくねったプロファイルを与えられると、波形カンバ線リブ 62 は、その進行方向が変わる経路を描くことを認識するであろう。本発明の波形カンバ線リブ 62 を、いたるところで経路が曲がりくねる一般的な円弧を描く経路を有するようにさらに記述することができ、しかも、経路は、典型的に、前縁 28 に近い起点およびエーロフォイル 25 の後縁 29 に近い後端点から延びることを認識するであろう。波形カンバ線リブ 62 のケースでは、これは、エーロフォイル 25 のカンバ線に大雑把に平行であるこの一般的な円弧を描く経路である。

20

#### 【0028】

上に論じた図 5 の四重壁の例などの多くの知られているエーロフォイル 25 構成は、2 つのカンバ線リブ 62 を含む。このタイプの構成では、加圧側外壁 26 の近くに存在する加圧側カンバ線リブ 63、および吸引側外壁 27 の近くに存在する吸引側カンバ線リブ 64 を有するように記述することができる。本発明は、図 6 および図 7 に示したように、吸引側カンバ線リブ 64 および加圧側カンバ線リブ 63 の両者が波形リブとして形成される構成を含むことができる。代替実施形態では、これらのカンバ線リブ 62 のうちの一方だけが、波形プロファイルを有することができる。本発明を、1 つのカンバ線リブ 62 だけを有する構成でもやはり利用することを認識するであろう。

30

#### 【0029】

2 つのカンバ線リブ 62 を含むエーロフォイル 25 では、加圧側カンバ線リブ 63 および吸引側カンバ線リブ 64 が、中央流路 40 を画定することを認識するであろう。加圧側カンバ線リブ 63 および吸引側カンバ線リブ 64 の各々についての波形プロファイルを、中央流路 40 に面するカンバ線リブ 62 の連続するセグメントによって取られる形状に関連して規定することができる。すなわち、例えば、中央流路 40 に関連して、第 1 の凹形セグメントが第 2 の凸形セグメントに移行する 2 つの連続するセグメントを含むように、カンバ線リブ 62 の波形プロファイルを記述することができる。代替実施形態では、波形プロファイルは、4 つ以上の連続するセグメントを含むことができ、そこでは、第 1 の凹形セグメントが第 2 の凸形セグメントに移行し、第 2 の凸形セグメントが第 3 の凹形セグメントに移行し、そして第 3 の凹形セグメントが第 4 の凸形セグメントに移行する。

40

#### 【0030】

本発明の態様によれば、エーロフォイルの内部構造は、エーロフォイルのカンバ線方向に沿って波形リブを含むことができる。カンバ線リブ 62 をこのようにしてバネ状に作ることによって、エーロフォイルの内部バックボーンを、性能の優位性を実現することができるようによりコンプライアンスを有するようにすることができる。加えて、負荷通路を

50

さらに柔軟にするために、ならびにリブ62およびリブが接続する外壁26、27とのよりコンプライアンスのある接続を作るために、エーロフォイル構造のトラバースリブを湾曲させることができる。標準的な直線リブ設計が、内部冷却キャビティ壁とはるかに熱い外壁との間のサーマルファイト(thermal fight)に起因する大きな応力および低サイクル寿命を経験するのに対し、本発明は、応力集中をより上手く負担することができるバネ状構成を提供し、これを、本明細書において与えたように、構成部品の寿命を改善するために使用することができる。

#### 【0031】

本発明のもう1つの態様に転じて、図8から図15を参照する。図8および図14は、上に論じた、それぞれ図5および図7中に見出すことができる1つの流路40の断面図を図示することを認識するであろう。他の図、図9から図13および図15は、エーロフォイル25の内部冷却システムを改良するために、タービュレータ50を流路40の壁にどのように配列させることができるかに関する本発明にしたがついくつかの実施形態を提供する。

10

#### 【0032】

第1の実施形態によれば、図8および図14に示した流路などの流路40は、図9に提供した実施形態などの傾斜した構成を有するタービュレータ50の配列を含むことができる。本明細書において使用するように、タービュレータ50は、細長く、急峻な面を持った突起であり、乱流を引き起こすために使用され、これによって、これらの流路などの冷却通路における熱交換を高め、ターピンブレード16のエーロフォイル25内で使用することができる。タービュレータ50が様々な構成を取り得ることを認識するであろう。好み深い実施形態では、タービュレータ50は、半円形または半楕円形の断面形状を有することができる。

20

#### 【0033】

図8および図14の断面図に示したように、流路40は、典型的には、半径方向に伸び、対向する対の面を含む。この配置は、エーロフォイル25の内側寄り端部と外側寄り先端31との間を前後に延びる、曲がりくねったまたはサイン波状の冷却剤通路を有するエーロフォイル25では特に一般的である。例示の目的で、図8の流路40を、第1の面61および隣接する第2の面65を含むように、図9から図12および図15では単純化する。(図8に示したように)隣接する面61、65の各々は、同じタイプの面61、65と流路40をはさんで対向することができることを認識するであろう。したがって、例えば、第1の面61および図8と図14とにおいて第1の面に対向して示した面は、カンバ線リブ62の対を表すことができる、または別のケースでは、カンバ線リブ62およびエーロフォイル25の外壁26、27のうちの一方を表すことができる。上に論じたように、これらのいずれかのように、可能性は、エーロフォイル25において使用される一般的な内部構成を表す。さらに例を挙げると、第2の面65および図8と図14とにおいて第2の面に対向して示した面は、このケースでは、トラバースリブ66を表すはずであることを認識するであろう。したがって、単純化し2面を持った説明図を参照する下記に記述する本発明の実施形態について、図示した面と対向する面61、65は、別段述べない限り、タービュレータ50の任意のタイプの配列を有することができる、または、まったく含まないことがあることと理解されたい。加えて、示さない面上のタービュレータ50の配列は、いくつかの事例では、それに対向する面の配列を鏡面反転したタービュレータ50の配列、またはそれに対向する面の配列に対して半径方向にもしくは横方向に互い違いにした配列、またはそれに対向する配列に無関係なタービュレータ50の配列を含む配列を有することができる。下記にやはり提供するように、面61、65上のタービュレータ50の配列は、隣接する面上の配列に関係することがある。本発明のある種の実施形態は、しかしながら、流路40の面61、65のうちの一方の上だけに存在するタービュレータ50の配列を記述する。

30

#### 【0034】

図9から図13および図15に示したように、タービュレータ50の傾斜した構成を、

40

50

特定の基準線 5 1 に対して各々が形成する鋭角 5 2 によって規定することができる。本発明によれば、基準線 5 1 を、ほぼ一定の半径方向の高さを維持しながら流路 4 0 の面 6 1 、 6 5 のうちの一方を横切って延びる基準線とすることができます。そのように導き出された基準線 5 1 が任意のタービュレータ 5 0 に適用可能であるように、このような基準線 5 1 を、面 6 1 、 6 5 上の任意の位置のところに形成することを認識するであろう。好ましい実施形態では、各タービュレータ 5 0 の傾斜した構成は、タービュレータ 5 0 および基準線 5 1 が少なくとも 20° の鋭角 5 2 を形成する構成である。代替実施形態では、傾斜した構成は、基準線 5 1 のうちの 1 つと少なくとも 40° の鋭角 5 2 を形成するタービュレータ 5 0 を含む。好ましい実施形態では、タービュレータ 5 0 を、流路 4 0 の長さに沿って半径方向に間隔を空けて設置する。示したように、タービュレータ 5 0 間の半径方向の間隔を、ある種の好ましい実施形態では一定とすることができます。加えて、面 6 1 、 6 5 のうちの一方の上の、または面 6 1 、 6 5 のうちの 2 つ以上の間のタービュレータ 5 0 の配列は、互いに対して平行な構成を有することができる。このケースでは、各タービュレータ 5 0 が、基準線 5 1 とほぼ同じ鋭角 5 2 を形成することを認識するであろう。

10

#### 【 0 0 3 5 】

好ましい実施形態では、複数のタービュレータを、流路 4 0 の面 6 1 、 6 5 のいずれかに沿って設けることができる。好ましくは、少なくとも 5 つのタービュレータ 5 0 が、流路 4 0 の面 6 1 、 6 5 上に含まれる。より多くのまたはより少ないタービュレータ 5 0 を、やはり設けることができる。エーロフォイル 2 5 の内側寄り端部の近くに位置することができる通路の内側寄り端部と、エーロフォイルの外側寄り先端 3 1 の近くに位置することができる通路の外側寄り端部との間の流路 4 0 のすべての領域、大部分の領域、または対象とする領域をカバーするように、これらのタービュレータ 5 0 を、間隔を空けて設置することができる。

20

#### 【 0 0 3 6 】

一実施形態によれば、図 9 および図 1 1 に示したように、タービュレータ 5 0 の各々は、流路 4 0 の第 1 の面 6 5 の全幅を横切って（または図 1 1 のケースでは、第 1 の面および第 2 の面 6 1 、 6 5 の全幅を横切って）途切れずに（かつ傾斜して）延びることができる。別の一実施形態では、図 1 0 および図 1 2 に与えたように、タービュレータ 5 0 は、流路 4 0 の面 6 1 、 6 5 のいずれかの幅を横切る一部の距離に延びることができる。示したように、図 1 0 に示した実施形態におけるように、タービュレータの断面プロファイルが整列するように、これらの部分タービュレータ 5 0 を、配列させることができる。あるいは、別の一実施形態では、部分タービュレータ 5 0 は、図 1 2 に示した実施形態のように、横方向に互い違いにした構成を有することができる。記述したように、流路 4 0 の対向する面は、相互にほぼ鏡面反転したタービュレータ 5 0 を有することができる、または本明細書において記述した他の配列のいずれかとは異なるもしくは類似するタービュレータ 5 0 の配列を有することができることを認識するであろう。加えて、本発明の実施形態は、流路 4 0 の一面 6 1 、 6 5 上だけに、または流路 4 0 の複数の面 6 1 、 6 5 の任意の組合せの上に形成したタービュレータ 5 0 を含む。図 8 に示した流路 4 0 の 3 つの面 6 1 、 6 5 の斜視図を含む図 1 3 に与えたように、対向する面 6 1 、 6 5 上のタービュレータ 5 0 を、相互に半径方向に互い違いになるように構成することができる。

30

#### 【 0 0 3 7 】

本発明の好ましい一実施形態によれば、流路 4 0 の面 6 1 は、トラバースリップ 6 6 を表し、図 9 に示したように、多数の傾斜したタービュレータ 5 0 を含む。このケースでは、面 6 1 / トラバースリップ 6 6 は、エーロフォイル 2 5 のカンバ線を横切って延びることができ、示されたその例が、図 5 から図 7 の中央トラバースリップ 6 9 に見出される。本発明の実施形態によれば、このようなトラバースリップ 6 6 は、傾斜した構成を有するタービュレータ 5 0 を含むことができる。好ましい実施形態によれば、傾斜した構成を有するタービュレータ 5 0 はやはり、エーロフォイル 2 5 のカンバ線を横切って延びる。当業者には認識されるように、この特定の構成が新規である 1 つの理由は、その形成に対して議論さ

40

50

れる製造上の制限のためである。したがって、本発明の傾斜したタービュレータ50を、好ましくは中央トラバースリブ69上に設置する。記述したように、中央トラバースリブ69は、加圧側カンバ線リブ63と吸引側カンバ線リブ64との間に延びる構造的支持体であり、これは典型的には、図9のタービュレータと類似のタービュレータ50がやはりエーロフォイル25のカンバ線を通って延びるように、エーロフォイル25のカンバ線を通って延びる。

#### 【0038】

動作では、タービュレータ50は、流路40を通る流れを乱流にさせ、これが、熱伝達係数を、したがって通路の熱い表面に対する冷却剤の伝熱性の利点を大きくする。従来技術は、これらを含むことに対して議論される製造上の制限のために、ある領域においてはタービュレータ50を含み損ねた。本発明は、冷却剤使用の効率を高め、これによって、タービンエンジンの総合的な効率を全体としてより高めるために、エーロフォイル25の内部通路40の全体にわたってタービュレータ50の利益を拡張することを含む。しばしばタービンブレードの寿命の決定的要因である局所的な熱勾配に対処するための方法として、本発明をさらに使用することができる。エーロフォイルの内部領域の一様な冷却を促進させるため、およびこののような領域が熱的に不均衡であるときに生じる歪を少なくするために、タービュレータ50を利用することができる。エーロフォイル構造、特に内部の壁に近い冷却キャビティとより中央に位置する通路との間におけるこのタイプの熱不均衡に起因するファイトが、多くの場合に短いトラバースリブであるこれらの2つの領域を接続する構造にしばしば集中する歪を結果としてもたらすことを認識するであろう。トラバースリブ内の熱勾配を減少させ、これによって構成部品のサイクル寿命を向上させるために、本出願の好ましい実施形態のうちの1つのタービュレータ50を使用することができることを認識するであろう。さらに、タービンブレードの冷却システムを調整し、対象とする領域における問題となる熱勾配を減少させるために、本明細書において記述したタービュレータ50を使用することを認識するであろう。

10

20

30

40

50

#### 【0039】

当業者なら認識するように、いくつかの例示的な実施形態に関連して上に記述した多くの変わるべき特徴および構成を、本発明の別の可能性のある実施形態を形成するために、さらに選択的に適用することができる。簡潔さのためにおよび当業者の能力を考慮して、可能性のある繰り返しのすべてを詳細には提供しないまたは論じないが、下記のいくつかの請求項によって包含されようがそうでなかろうがすべての組合せおよび可能性のある実施形態は、本出願の一部であるものとする。加えて、本発明のいくつかの例示的な実施形態の上の記述から、当業者なら、改善、変更、および修正に気付くであろう。本分野の技術内でのこのような改善、変更、および修正もやはり、別記の特許請求の範囲によって保護されるものとする。さらに、上記は、本出願の記述した実施形態だけに関係し、数多くの変更および修正を、別記の特許請求の範囲およびそ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せずにここに行うことができるなどを認識されたい。

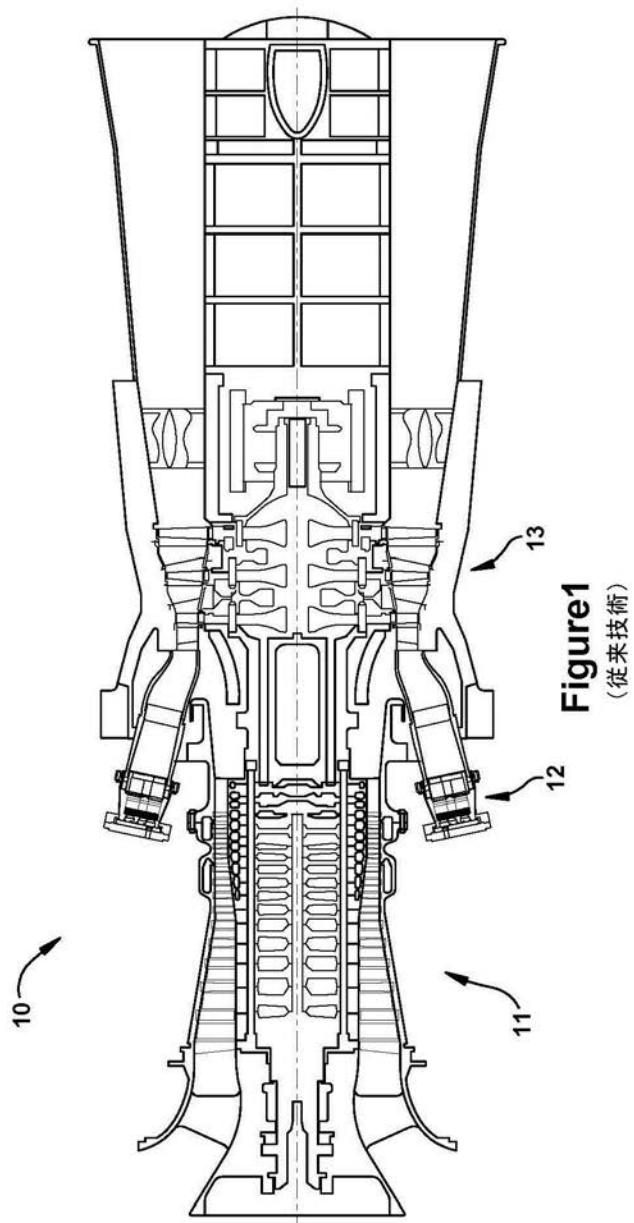
#### 【符号の説明】

#### 【0040】

- 1 0 燃焼タービンエンジン
- 1 1 圧縮機
- 1 2 燃焼器
- 1 3 タービン
- 1 4 圧縮機回転子ブレード
- 1 5 圧縮機固定子ブレード
- 1 6 タービン回転子ブレード
- 1 7 タービン固定子ブレード
- 2 1 付け根
- 2 4 プラットフォーム
- 2 5 エーロフォイル

2 6	加圧側外壁	
2 7	吸引側外壁	
2 8	前縁	
2 9	後縁	
3 1	外側寄り先端	
4 0	流路、中央流路	
5 0	タービュレータ	
5 1	基準線	
5 2	鋭角	
6 0	リブ	10
6 1	第1の面	
6 2	カンバ線リブ	
6 3	加圧側カンバ線リブ	
6 4	吸引側カンバ線リブ	
6 5	第2の面	
6 6	トラバースリブ	
6 7	加圧側トラバースリブ	
6 8	吸引側トラバースリブ	
6 9	中央トラバースリブ	

【図1】



【図2】

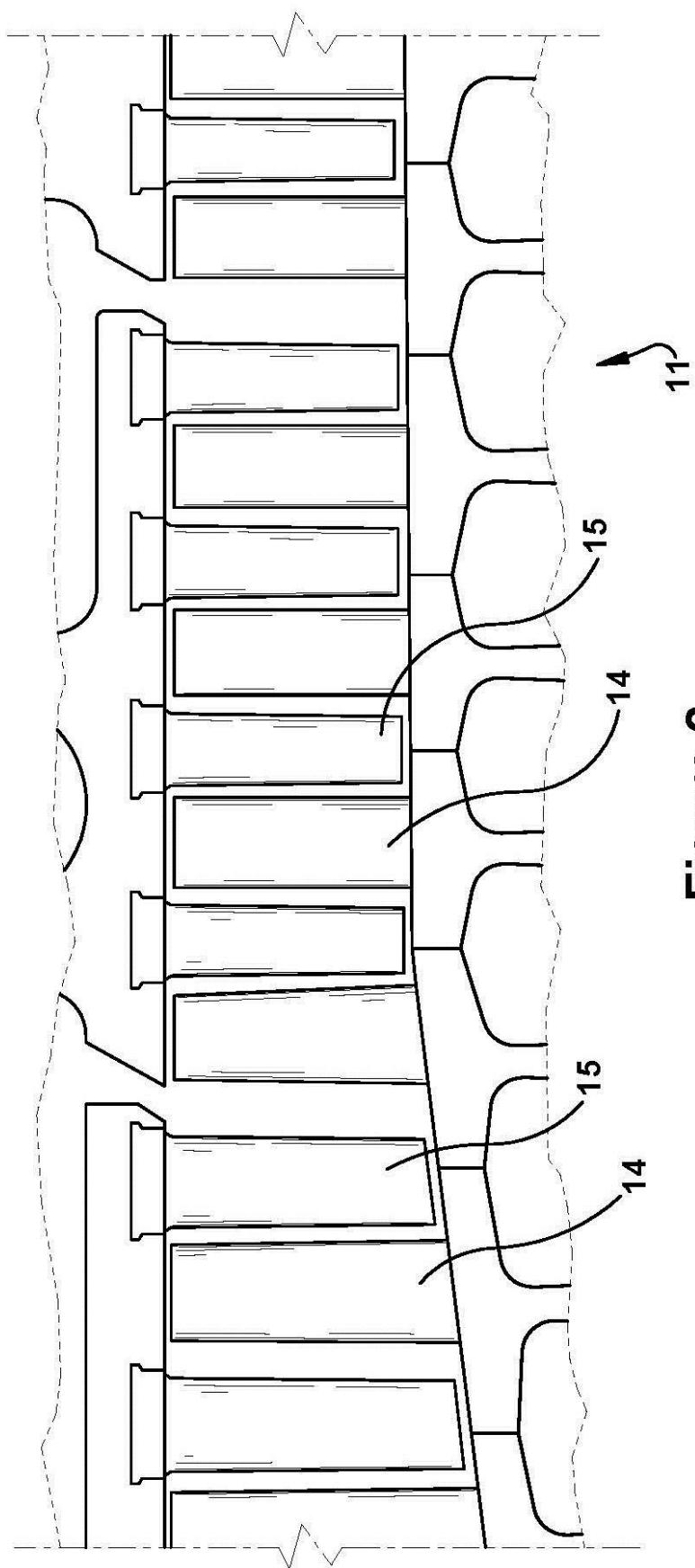


Figure 2  
(従来技術)

【図3】

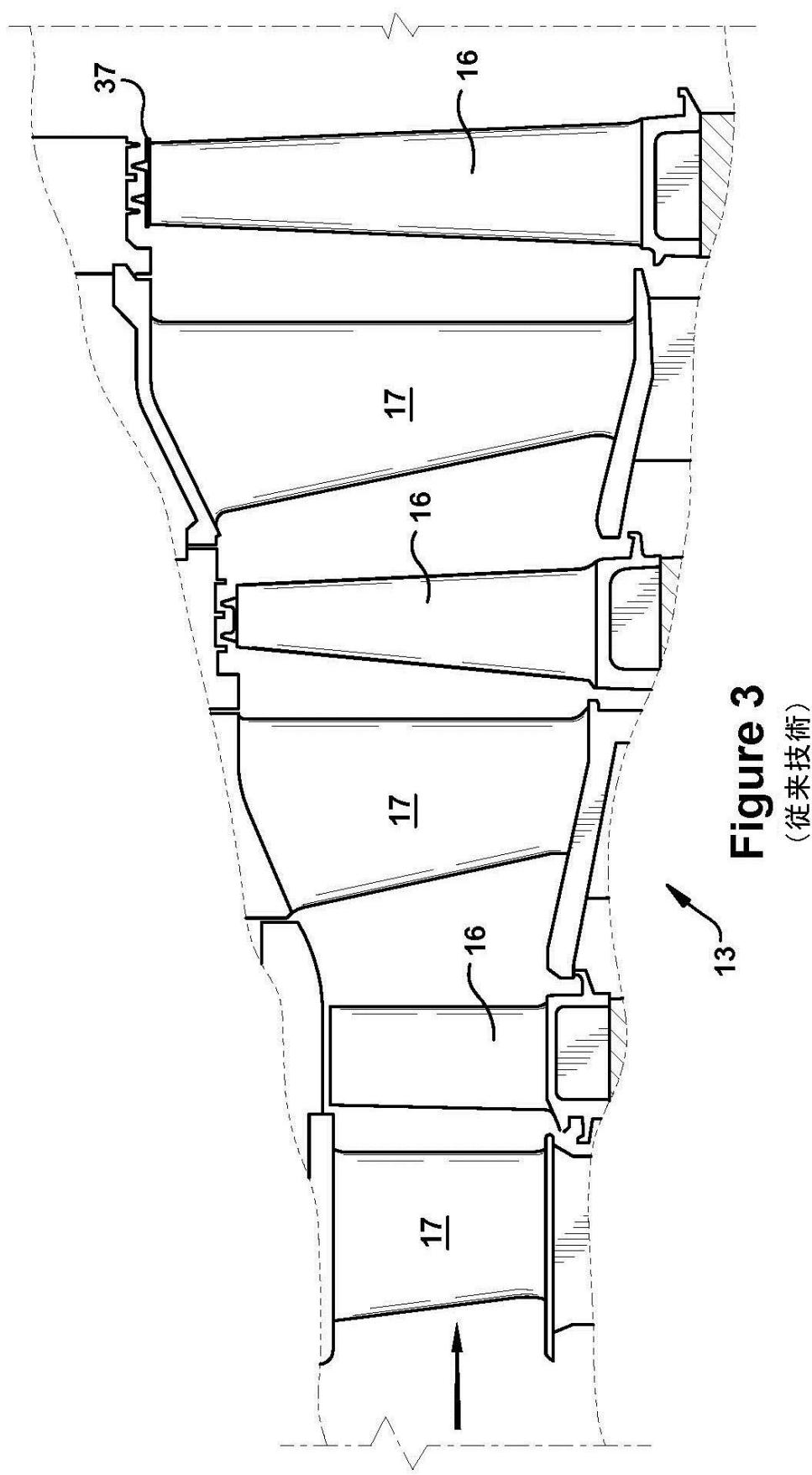
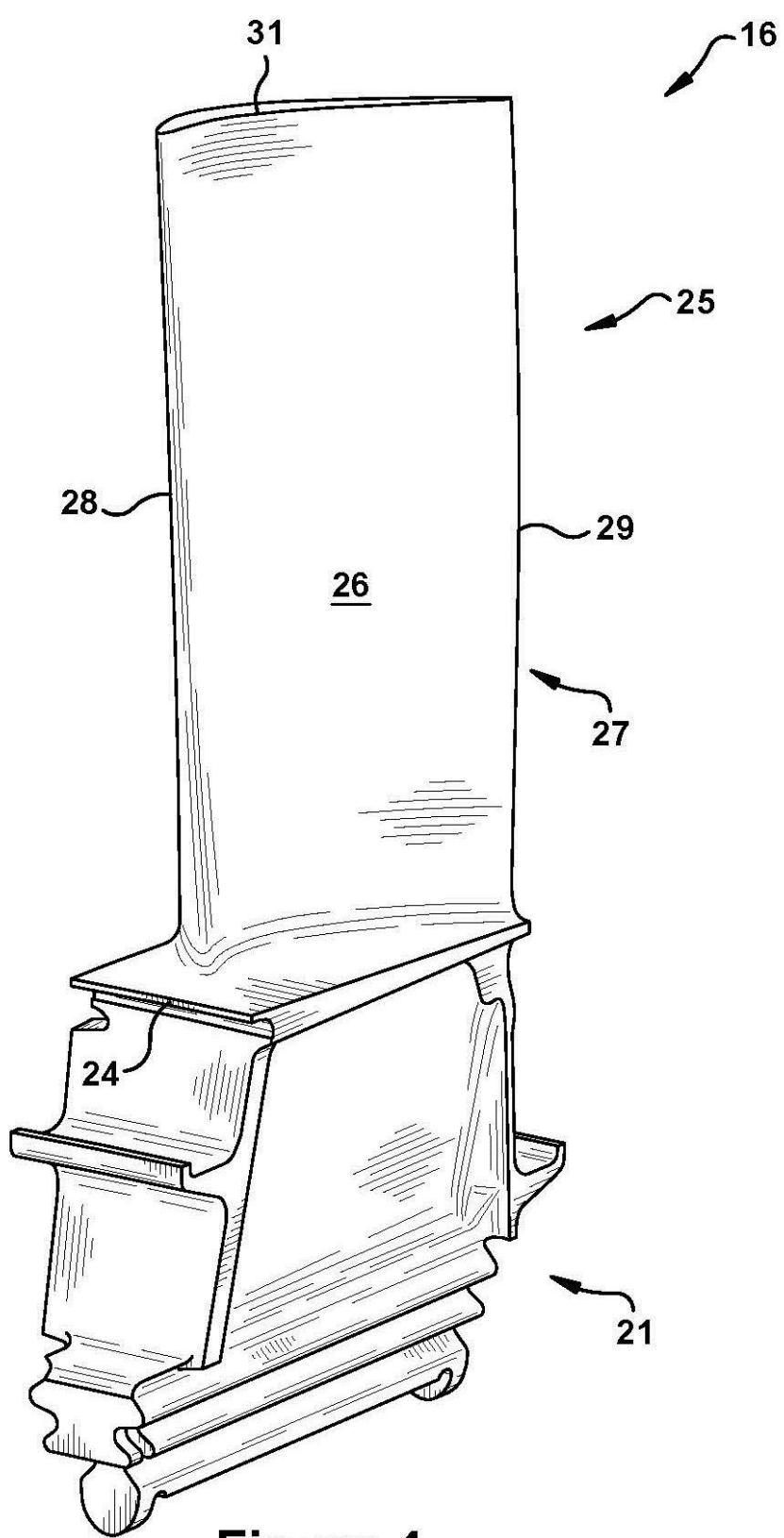


Figure 3  
(従来技術)

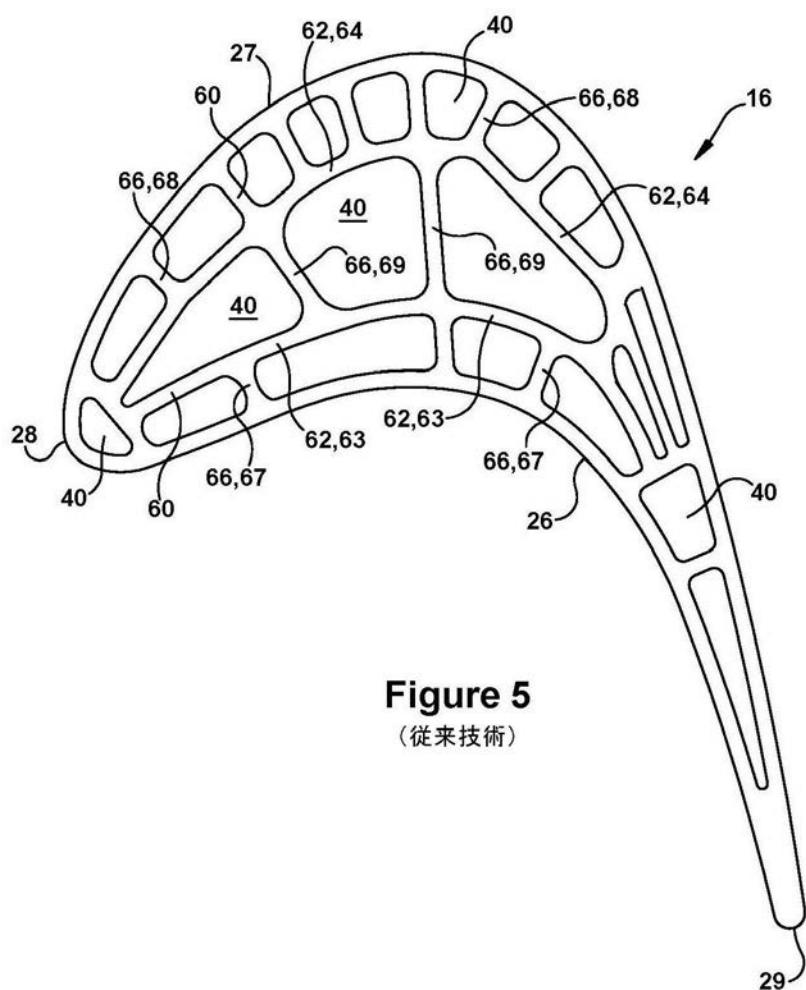
【図4】



**Figure 4**

(従来技術)

【図5】



**Figure 5**  
(従来技術)

【図6】

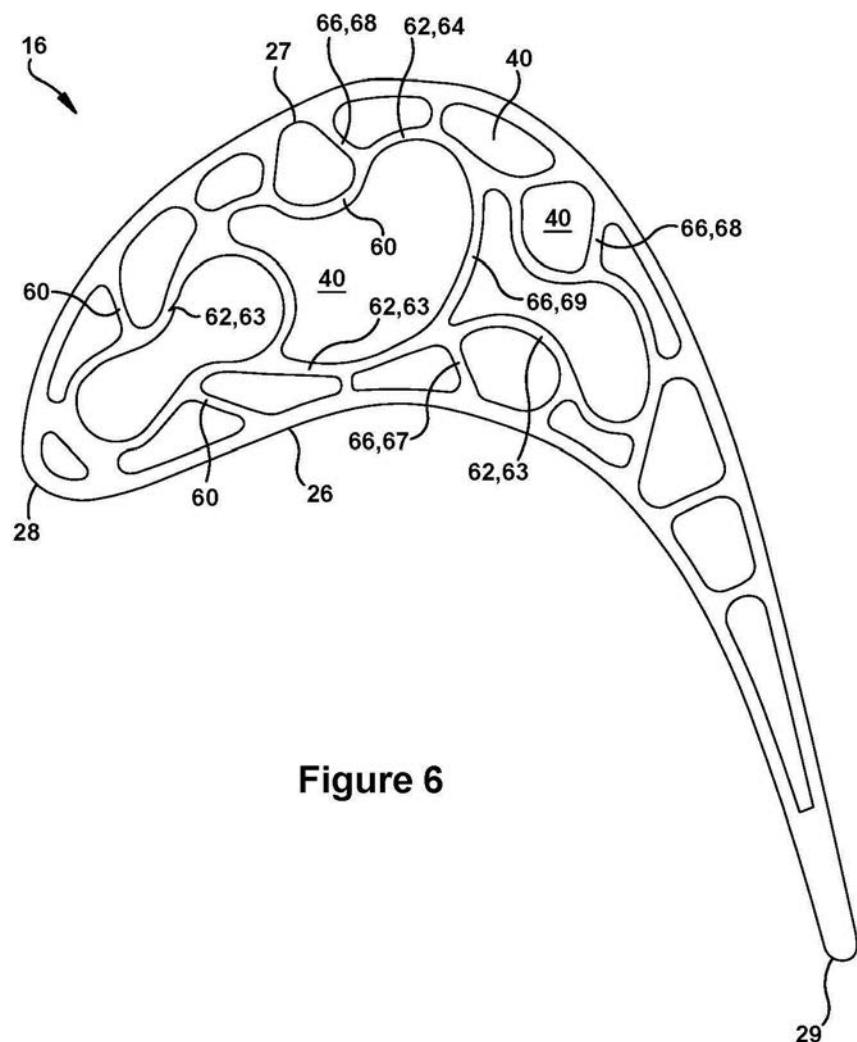
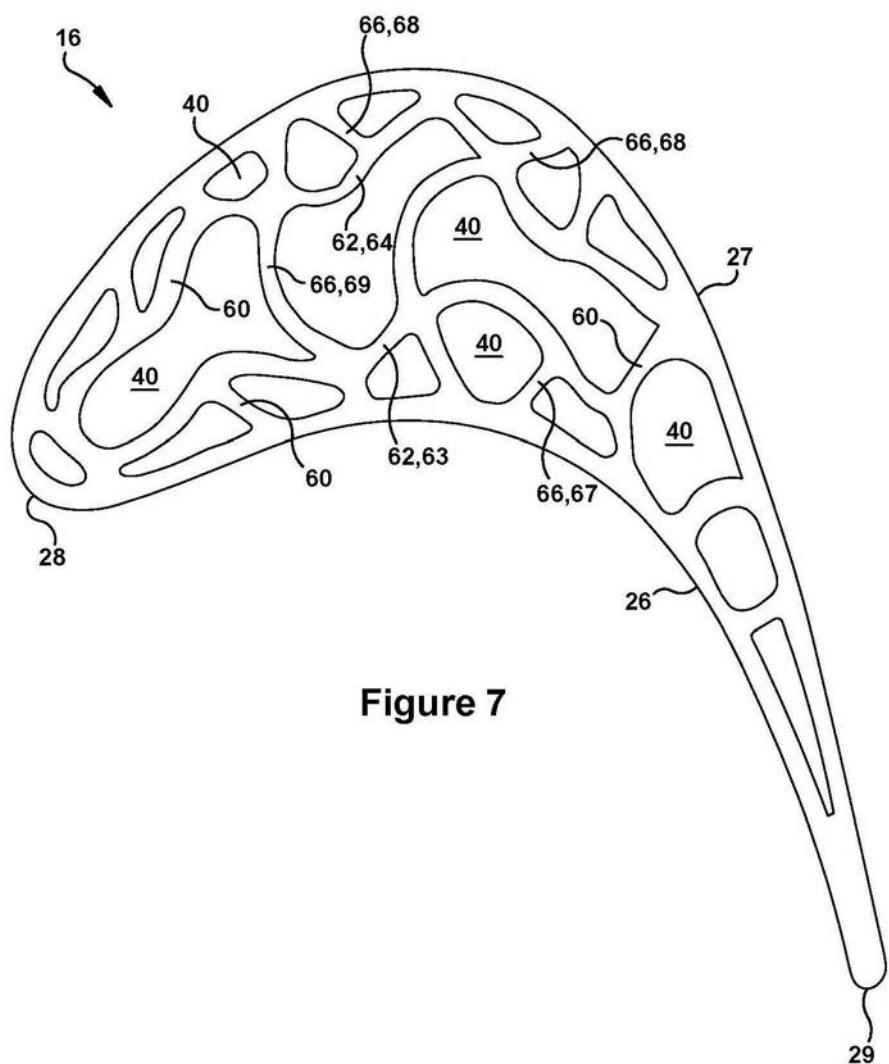
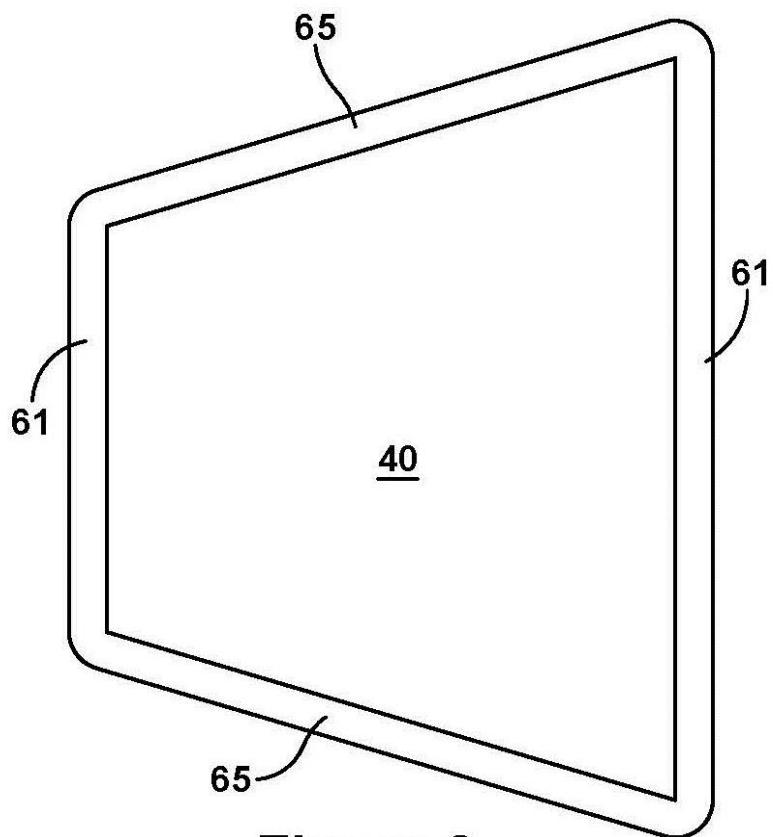


Figure 6

【図7】

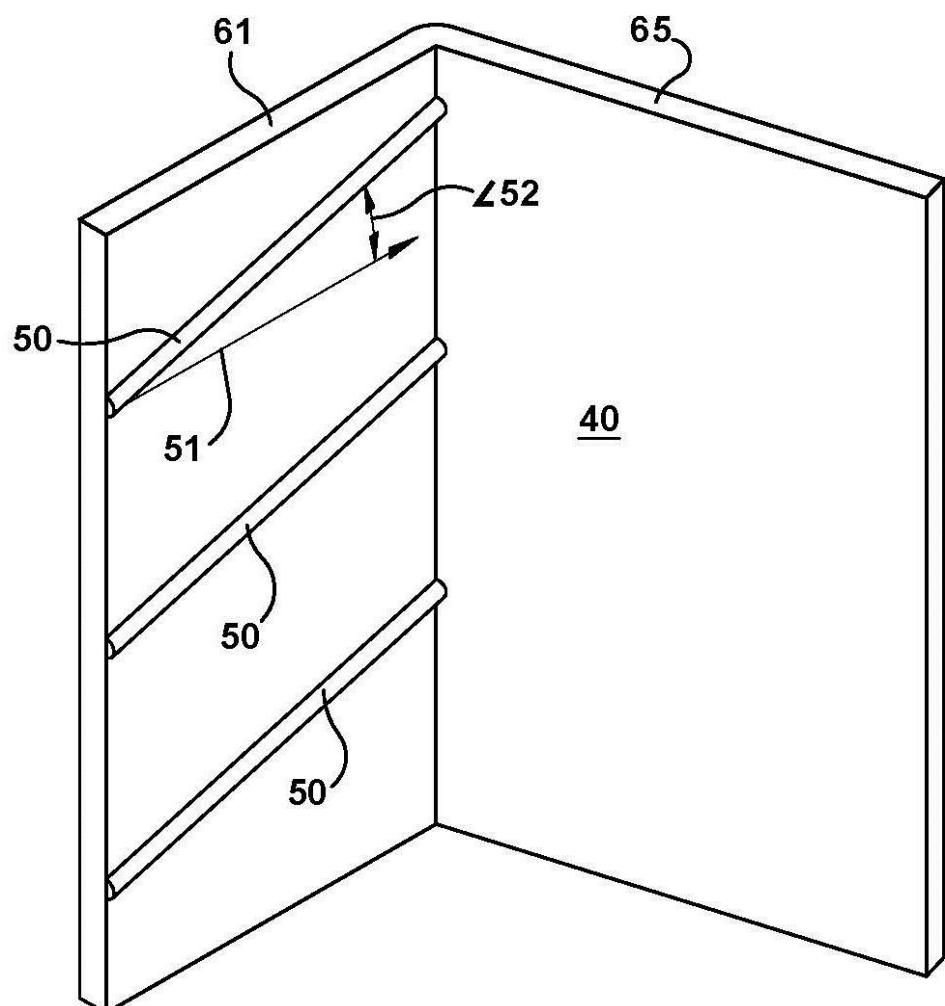
**Figure 7**

【図8】



**Figure 8**

【図9】



**Figure 9**

【図 10】

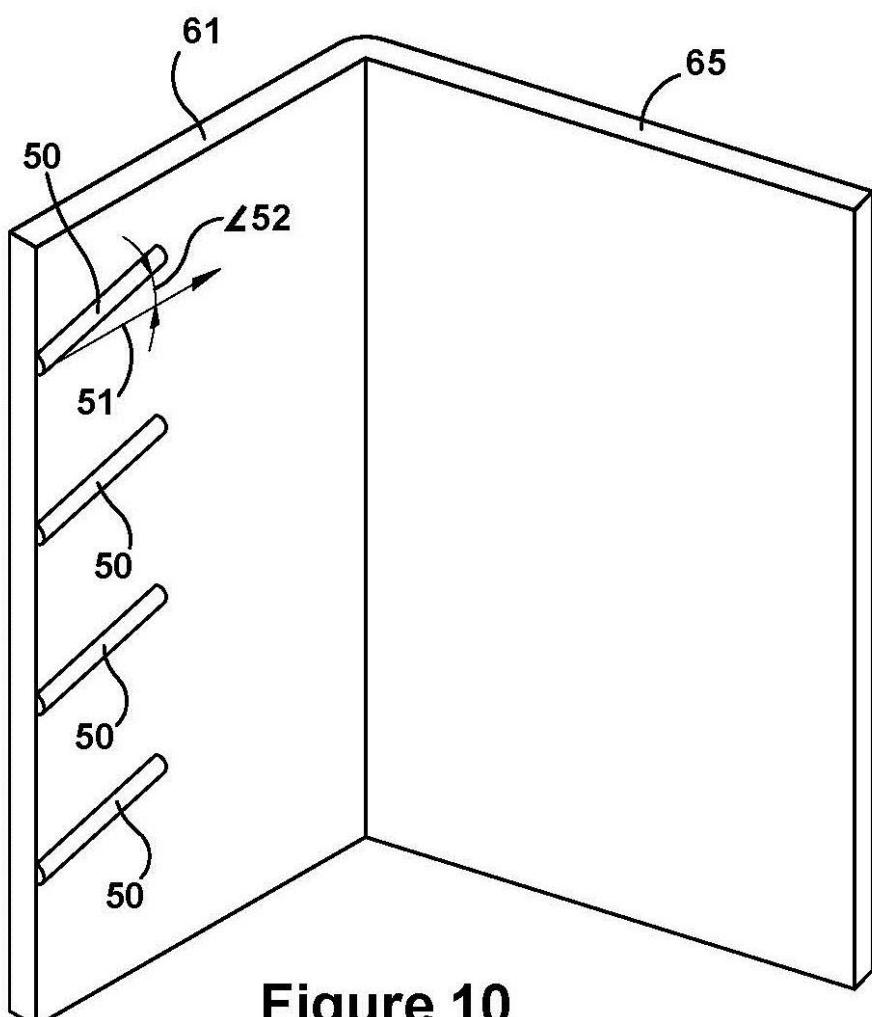
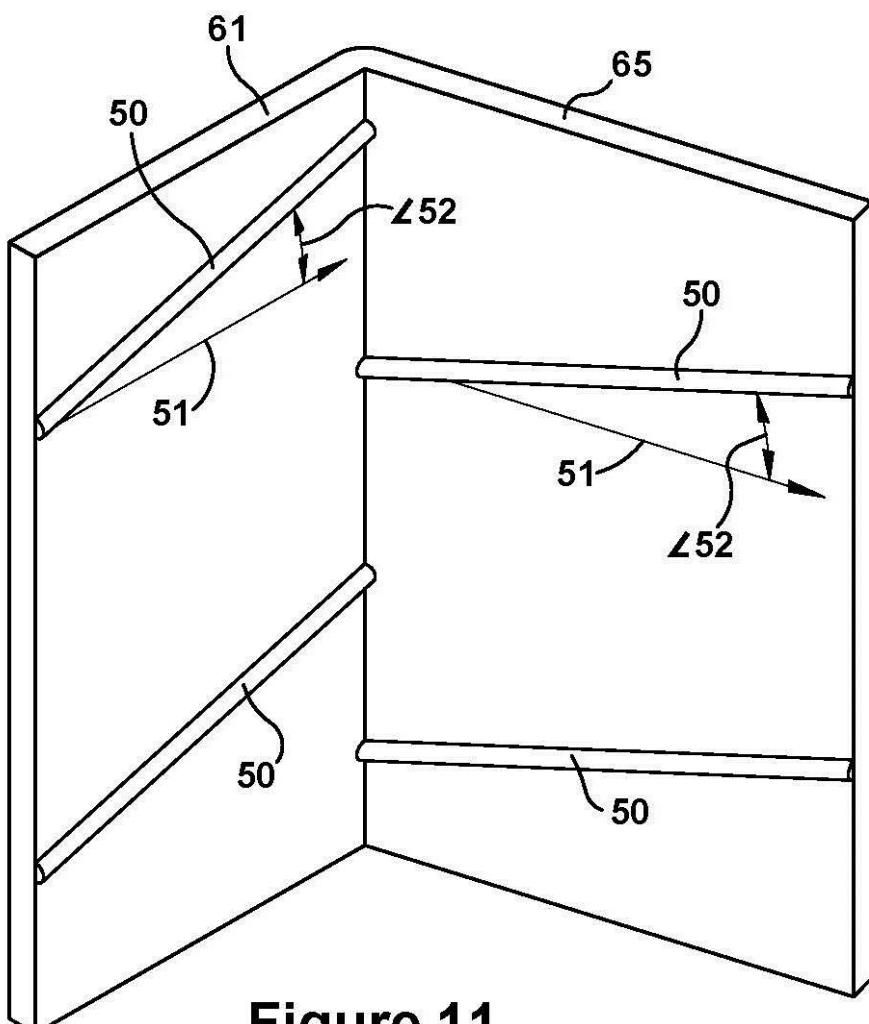
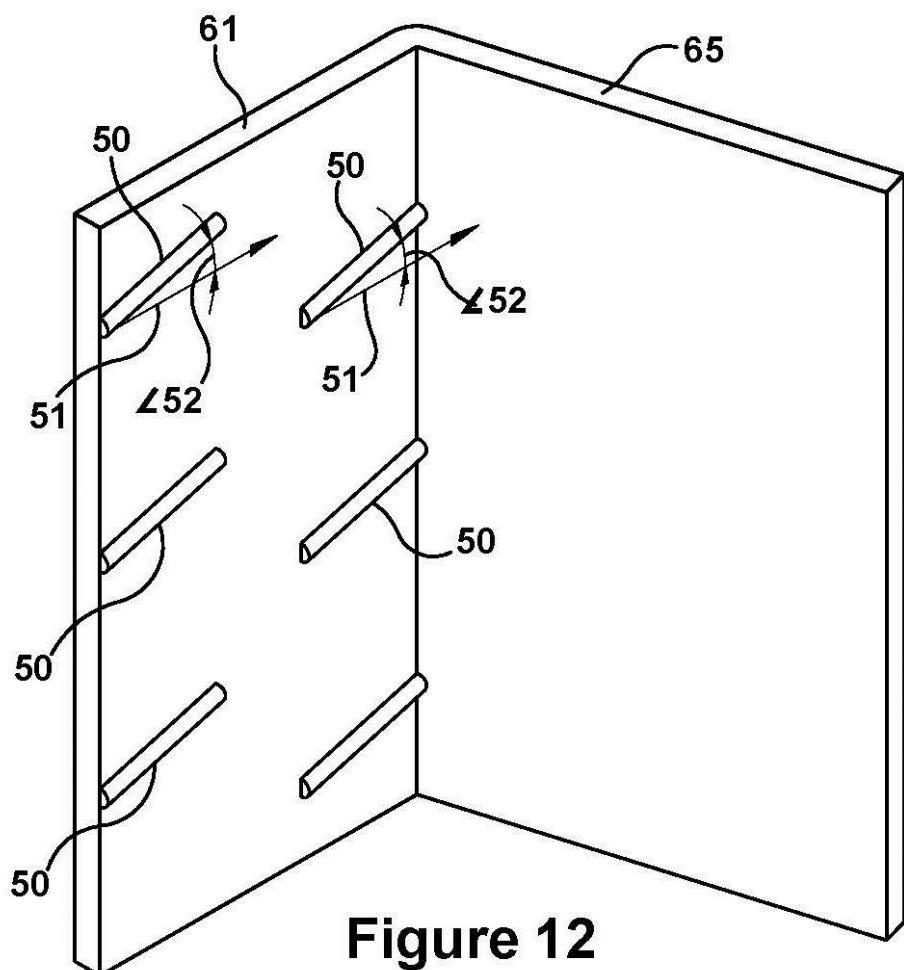


Figure 10

【図 11】

**Figure 11**

【図 12】



【図 13】

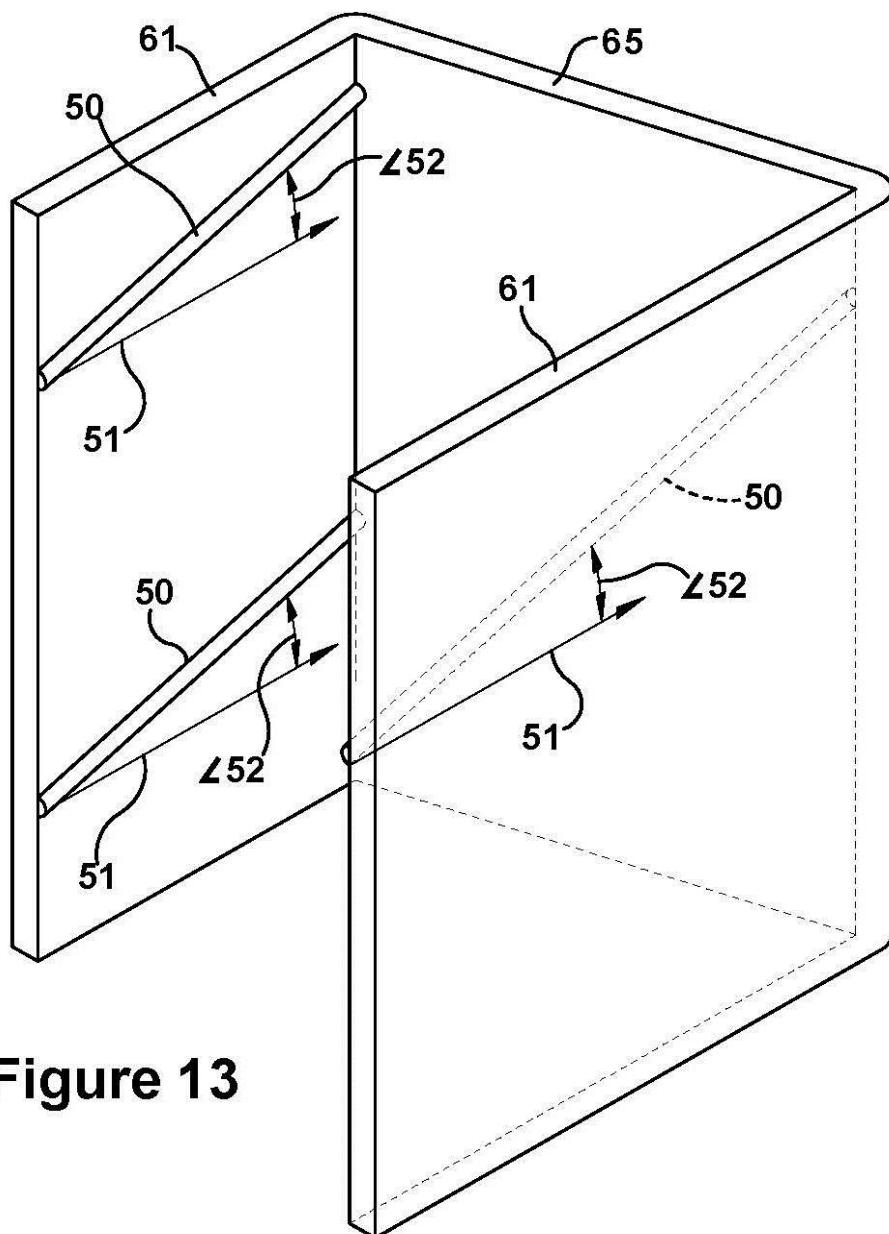
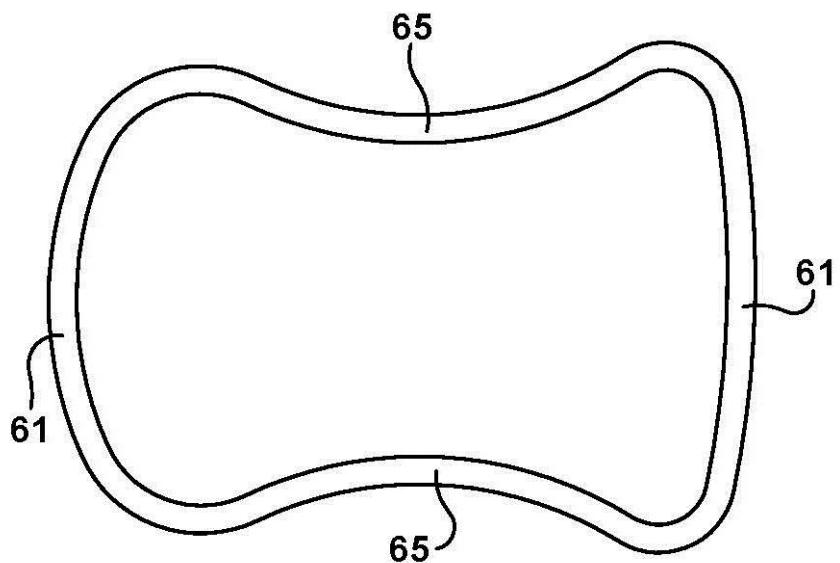


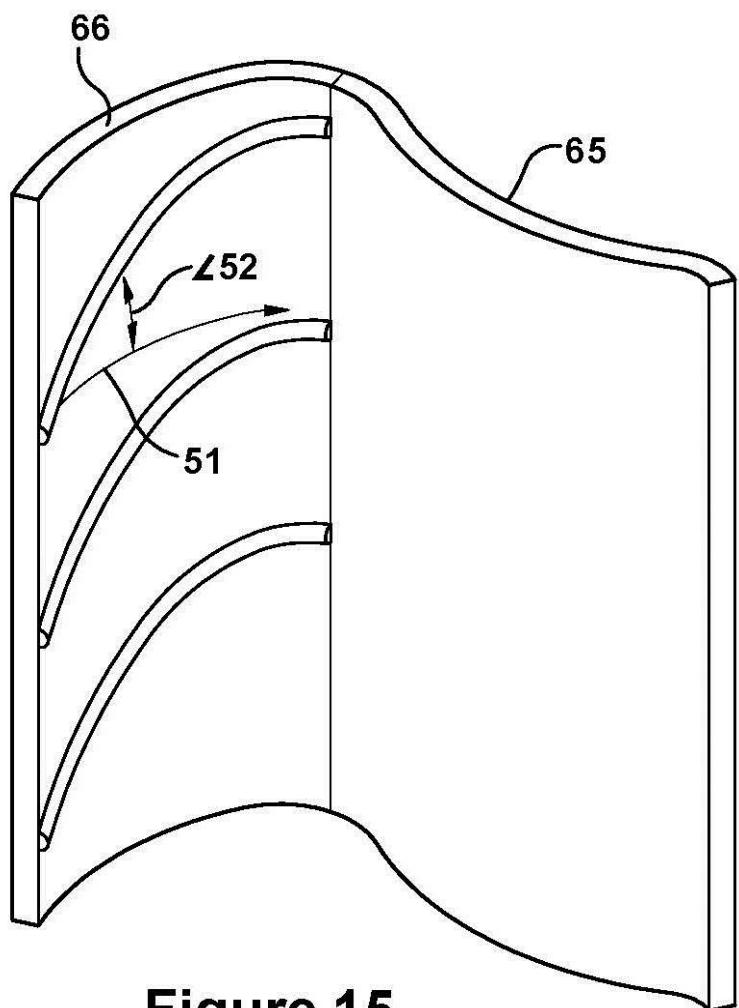
Figure 13

【図 14】



**Figure 14**

【図 15】



**Figure 15**

---

フロントページの続き

(72)発明者 アーロン・イゼキエル・スミス

アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、ビルディング・ケイ1-4エイ10エイ、ワン・リサーチ・サークル

(72)発明者 リサ・アン・ウィッチマン

アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、グリーンビル、マリオン・ビルディング、ガーリングトン・ロード、300番

F ターム(参考) 3G202 CA07 CB05 GA08 GB01 JJ02 JJ31 JJ32