

(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2013-124663

(P2013-124663A)

(43) 公開日 平成25年6月24日(2013.6.24)

(51) Int.Cl.

**F01D 9/02** (2006.01)  
**F02C 7/16** (2006.01)  
**F02C 7/18** (2006.01)  
**F01D 25/12** (2006.01)

F 1

F 01 D 9/02  
F 02 C 7/16  
F 02 C 7/18  
F 01 D 25/12

1 O 2  
A  
A  
E

テーマコード(参考)

3 G 2 O 2

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2012-268914 (P2012-268914)  
(22) 出願日 平成24年12月10日 (2012.12.10)  
(31) 優先権主張番号 13/326,372  
(32) 優先日 平成23年12月15日 (2011.12.15)  
(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・カンパニイ  
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、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】ガスタービン構成要素の熱伝達特性を向上させるための多面形のインピンジメント開口部の使用  
法

## (57) 【要約】

【課題】ガスタービン構成要素の熱伝達特性を向上させる。

【解決手段】ガスタービンエンジンのための改善されたノズルベーンが、内側壁表面と外側壁表面を有し、これらの壁表面が冷却媒体のための複数の流体連絡通路を画定するように互いに分離される、ベーン壁と、冷却媒体のための流体連絡通路内にあり、内側壁表面と外側壁表面との間に配置される内壁部材によって形成される個別の空洞と、内側壁表面および外側壁表面ならびに内壁部材によって画定される個別の空洞内に配置される複数のインピンジメント冷却スリーブと、インピンジメント冷却スリーブの各々の中にあり、冷却媒体の流れを収容するのに十分なサイズおよび数である、例えば鋸歯状の非円形の複数の開口部と、を有する。

【選択図】図1

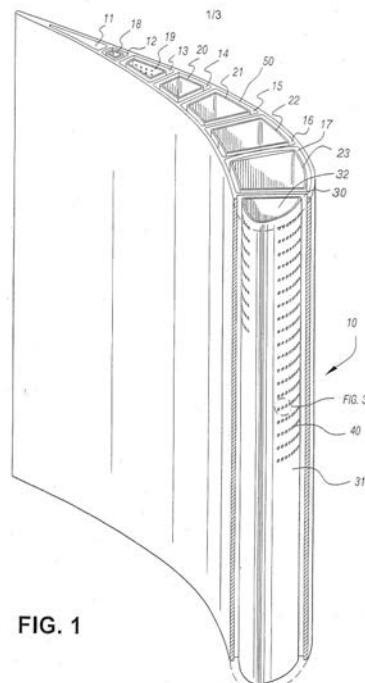


FIG. 1

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

ガスタービンエンジンのためのノズルベーンであって、

内側壁表面および外側壁表面を有し、前記壁表面が冷却媒体のための流体連絡通路を画定するように互いに一様に分離される、ベーン壁と、

前記流体連絡通路内にあり、前記内側壁表面と前記外側壁表面との間に配置される内壁部材によって形成される複数の空洞と、

前記内側壁表面および前記外側壁表面ならびに前記内壁部材によって画定される前記個別の空洞内に配置される複数のインピングメント冷却スリーブと、

前記インピングメント冷却スリーブの各々の中にあり、前記冷却媒体の流れを前記流体連絡通路の中で収容するのに十分なサイズおよび数である、複数の非円形インピングメント開口部と、

を備えるノズルベーン。

**【請求項 2】**

前記インピングメント冷却スリーブ内の前記非円形開口部が、各開口部の中心から延びる突出部の放射状のアレイを有する概して星形の流体通路を備える、請求項 1 記載のノズルベーン。

**【請求項 3】**

前記インピングメント冷却スリーブ内の前記円形開口部が、各開口部の中心から延びる概して一様で等距離の流体経路のアレイを画定する、請求項 1 記載のノズルベーン。

**【請求項 4】**

前記インピングメント冷却スリーブ内の前記非円形開口部が各インサートスリーブの実質的に全長に沿って配置される、請求項 1 記載のノズルベーン。

**【請求項 5】**

前記インピングメント冷却スリーブ内の前記非円形開口部がシェヴロン形状を含む、請求項 1 記載のノズルベーン。

**【請求項 6】**

前記冷却媒体の前記流れが前記ノズルの前記内壁表面に衝突する、請求項 1 記載のノズルベーン。

**【請求項 7】**

前記インピングメント冷却スリーブ内の前記非円形開口部が複数のインピングメント冷却スリーブの各々の 1 つの、第 1 の壁および第 2 の壁内に形成される、請求項 1 記載のノズルベーン。

**【請求項 8】**

前記インピングメント冷却スリーブによって形成される前記個別の空洞が前記内壁部材と概して同じ形状を有する、請求項 1 記載のノズルベーン。

**【請求項 9】**

前記個別の空洞および前記インピングメントスリーブが前記冷却媒体のための特定の流体流れ用の隙間を画定する、請求項 1 記載のノズルベーン。

**【請求項 10】**

前記個別の空洞が前記ノズルベーン内で互いに平行に長手方向に延在する、請求項 1 記載のノズルベーン。

**【請求項 11】**

前記冷却媒体が圧縮空気を含む、請求項 1 記載のノズルベーン。

**【請求項 12】**

前記冷却媒体が蒸気を含む、請求項 1 記載のノズルベーン。

**【請求項 13】**

前記冷却媒体が蒸気と圧縮空気との混合物である、請求項 1 記載のノズルベーン。

**【請求項 14】**

前記インサートスリーブの前方縁部が湾曲形状であり、前記スリーブの側壁が前記空洞の

10

20

30

40

50

側壁に概して対応する形状である、請求項 1 記載のノズルベーン。

【請求項 1 5】

前記冷却スリーブ内の前記インピンジメント開口部により前記ノズルベーンに沿った空気の混合が改善される、請求項 1 記載のノズルベーン。

【請求項 1 6】

前記冷却スリーブ内の前記インピンジメント開口部により、前記ノズルベーンに沿ったインピンジメント空気噴流の速度が上がる、請求項 1 記載のノズルベーン。

【請求項 1 7】

前記インピンジメント開口部により、前記ノズルベーンに沿った、クロスフローによる熱伝達の劣化が軽減される、請求項 1 記載のノズルベーン。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、発電および航空機エンジンに使用されるものなどの、ガスタービンエンジンに関し、より詳細には、改善された対流冷却能力およびインピンジメント冷却能力を有するノズル空洞およびベーン設計を使用する、冷却ノズルおよび関連のベーンのためのシステムに関する。本発明は、シュラウド、バケット、燃焼器などの、別のエンジン構成要素に対しても使用することができ、さらには、別のエアロフォイルならびに別の内側および外側ノズル側壁と共に使用することができる。

【背景技術】

【0 0 0 2】

長年にわたり、長時間の運転時に、ガスタービンエンジンの高温ガス経路の構成要素、特に、最も高温の排ガスがしばしば発生するステージ 1 (stage one) のノズルを保護するために、種々の冷却機構が使用されてきた。ほとんどの閉回路冷却システムは、ノズルの内側側壁と外側側壁との間に延在する複数のノズルベーンセグメントを有する。通常、これらのベーンは、外側壁および内側壁を冷却するために閉回路内の冷却媒体の流れを収容するように、外側側壁および内側側壁内のコンパートメントに流体連通する空洞を有する。冷却媒体が外側壁の中のプレナム内に送られ、別のチャンバ、およびインピンジメント開口部によって画定される流れ通路に分配されることにより、冷媒がベーンの外側壁表面上を流れることができる。使用されたインピンジメント冷却媒体は、次いで、前縁内、およびベーンを通って径方向に延在する後部空洞内へと流れる。

20

【0 0 0 3】

これまで、特定のタイプのノズルベーンに対しては、冷却媒体として蒸気が使用されてきた。蒸気は公称の運転温度では空気より高い熱容量を有するが、タービンベーンおよび別のエンジン構成要素のための蒸気冷却設計では、熱力学的にある程度の不効率さが生じる。例えば、蒸気は、高温ガスストリームと混合されるのを回避するために閉回路の内部で維持されなければならない。その結果、高温ガス経路内的一部の構成要素が閉回路内の蒸気を用いて効率的に冷却され得なくなる。これは例えば、ノズルベーンの、比較的薄い構造の後縁が、蒸気がベーンの特定の部分を効率的に冷却することを妨げることが原因である。

30

【0 0 0 4】

ガスタービンエンジンのブレードおよびノズルを冷却するための別の既知の手法は、ガスタービン圧縮機の中間ステージまたは最終ステージなどの内部供給源により通常供給される、高圧冷却空気の供給量の一部を使用することを伴う。通常、ノズルの中およびその周りの一連の内部流れ通路が空気膜冷却を使用してベーンを望ましいように補助的に冷却するのを可能にし、外部パイプが圧縮空気をノズルに供給し、圧縮空気は最終的にガスタービンの高温ガスストリーム内に吐出される。

40

【0 0 0 5】

また、現在のほとんどのガスタービンは、ベーン表面に対して円形孔のバンクを配置して比較的高速の流体噴流（蒸気または空気）を中実表面に対して直接に導入することによ

50

リノズルベーンを冷却するために、何らかの形態のインピングメント熱伝達を利用する。冷却流体の速度が高くなるほど、分子がより長く表面との接触を維持しようとし、熱を交換する。そのため、インピングメント冷却流体の噴流は、普通、金属表面に対する入射速度を最大にするために金属表面に対して垂直に空気を導入する。最近の一部の設計では、インピングメント空気冷却は、ノズルベーンの特定の部分の運転温度を低下させるために蒸気と組み合わされて使用される。ノズルベーンのこれらの特定の部分は蒸気のみでは効果的に冷却されない。しかし、空気のみを使用する、ガスタービンのための実質的にすべてのインピングメント冷却システムは、流体流れを収容するために、ベーン内にある、決まった数および配置構成の円形孔を利用する。

## 【0006】

10

比較的高レベルの熱伝達が、円形開口部を用いるインピングメント冷却を利用して第1のステージのノズル内で実現され得るが、インピングメント接触（impingement contact）後、流体分子は中実のベーン表面に平行に移動するようになり、流体速度が大幅に低下し、中実表面に接触する分子が減少し、熱伝達が弱まる。冷却流体の速度もまた、近隣の円形インピングメント孔から入る流体により大幅に低下するが、そのような流体は、衝突し、混ざり合い、最終的に冷媒のスループットを低下させる可能性がある。同様に、局所的に圧力が低下することにより流体流れの方向が変えられる傾向があることでも、流体の速度がさらに低下する。ノズルベーン内でのこのような熱伝達の弱まり（「クロスフロー効果」と呼ばれる）は、円形のインピングメント開口部に常に付随する現象により、熱伝達のレベルを低下させる。

20

## 【0007】

したがって、冷却目的のために、円形インピングメント孔を用いて圧縮空気および／または蒸気を使用する場合、その犠牲として、それにより得られる空気流れ特性により、熱力学的な効率がある程度低下することが分かっている。冷媒とベーン表面との間の熱伝達量は、冷媒が冷却されるベーン表面に衝突してその表面に平行な方向へと向きをえるときの冷媒の速度に、正比例する。したがって、冷却されるべき高温の表面全体にわたって熱伝達率の変化が離散的に起こる。最も高い熱伝達は衝突用の孔（impinging hole）のちょうど反対側で実現されるが、孔から離れるにつれて冷媒の速度が低下することにより、この熱伝達は弱まる。さらに、この冷却効果は隣接する円形孔からのクロスフローとの相互作用によっても低下する。というのは、近隣の孔からの冷媒が円形インピングメント孔からの冷媒に混合されると、その速度が低下し、熱伝達のポテンシャルが低下するからである。

30

## 【0008】

したがって、ベーンを冷却するのに使用される圧縮空気または蒸気の熱伝達のポテンシャルを最大にし、それにより構成要素の温度を厳密な運転条件の範囲内で維持する方法を示すことが依然として強く必要とされている。また、全体の熱伝達効率を向上させるために、冷却されるベーン表面のより大きい範囲にわたって流れをより一様にしながら同時に冷却速度を上げることを必要とされている。

## 【0009】

40

上述したように、インピングメント冷却の問題に対処する現況技術は、ほとんどすべて、所望の冷却効果を得るために円形のインピングメント孔を使用する。例えば、米国特許第6,468,031号明細書を参照されたい（エーロフォイルの内側面上での熱伝達を強めるために円形インピングメント孔を使用するノズルを説明している）。同様に、EP1247940A1が、冷媒とノズル表面との間の熱伝達を弱めることなくクロッギングが起こるのを防止するために、多様な直径を有する円形インピングメント孔を使用することを説明している。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0010】

## 【特許文献1】米国特許第7300251号公報

50

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0011】**

このため、ガスタービン構成要素の熱伝達特性を向上させることが求められる。

**【課題を解決するための手段】****【0012】**

本発明は、明確に異なる空気流れが得られるようにするために明確に異なるインピングメント開口部を使用する、ガスタービンための改善されたノズルベーンを提供する。上述したように、本発明は、シュラウド、バケットおよび燃焼器などを含めた、インピングメント冷却の利益を享受し得る別のガスタービンエンジン構成要素と共に、さらには、別のタイプのエーロフォイルまたさらには別のタイプの内側および外側ノズル側壁と共に使用され得る。

10

**【0013】**

ノズルベーンに関連する例示の一実施形態では、本発明は、(1)内側表面および外側表面を有し、これらの壁表面が冷却媒体（通常は圧縮された周囲空気）のための流体連絡通路を画定するように互いに分離される、ベーン壁と、(2)冷却媒体のための流体連絡通路内にあり、内側壁表面と外側壁表面との間に配置される、ベーン内の内壁部材によって形成される複数の個別の空洞と、(3)内側壁表面および外側壁表面ならびに内壁部材によって画定される個別の空洞内に配置される複数のインピングメント冷却スリーブと、(4)各々のインピングメント冷却スリーブの中にあり、高圧冷却媒体の流れを収容するのに十分なサイズおよび数である、複数の非円形開口部と、を有する。

20

**【0014】**

本明細書で説明される実施形態では、複数のインピングメント開口部の各々は、各開口部の中心から延びる突出部の放射状のアレイを有する、小さい円周状流体通路として形成される。これらの突出部は、一体に、例えば、開口部の中心から延びる実質的に一様な流体経路の放射状のアレイの形態をとり、これは例えば星形の形態である。これらの突出部は種々の形態をとることができ、これには等距離の突出部が含まれるが、別法として、サイズが異なりさらに互いの間隔の距離が異なる突出部も含まれる。

30

**【0015】**

後で考察するように、本明細書で説明されるインピングメント冷却スリーブ内の非円形開口部により、円形の開口部と比較して混合がより効率的に行われるようになり、熱伝達のポテンシャルが向上する。すなわち、非円形インピングメント開口部の場合、冷却流体の速度が上がり、クロスフロー効果が最小化され、それにより冷却流体とベーン表面との間での熱伝達が強まっている。また、この新規の幾何形状パターンは、インピングメント開口部の中およびその周りに渦場を発生させ、それによりより効率的に混合が行われるようになり、各開口部での空気速度分布が改善される。各開口部の中心から延びる個別の流体経路のこの特性は（例えば、星形の形状を有する開口部）、開口部の混合特性が改善されさらに速度特性が改善されることから、現存のノズル設計の熱伝達能力を大幅に向上させる。

40

**【0016】**

さらに、これらの新規のインピングメント開口部の使用もまた、経済的に可能である。というのも、これらの開口部は、ガスタービンエンジンの他の部分に対する著しい設計または動作変更を必要とせずに形成することができるからである。このように、本発明は、製造コストおよび製造の複雑さが増すのを最小にして、種々のタイプのノズル、ベーン、シュラウド、バケット、燃焼器およびエーロフォイルのインピングメント熱伝達のポテンシャルを向上させる。また、熱伝達が強まることで、特にガスタービンエンジン内のガス経路の高い温度に露出される構成要素などの、重要なエンジン構成要素の予想される寿命も延びる。具体的には、中心から延びる突出部の放射状のアレイを有する複数の円周状流体通路を使用することにより、最終的には、金属の温度が低下し、重要な高温ガス経路構成要素の寿命が延びる。特定の用途によっては、このように熱伝導が強まることにより、

50

エンジン冷却の要求条件が軽減され、それにより最終的に、エンジン全体の性能および熱力学的な効率が向上する。

#### 【0017】

本発明による多面形のインピングメント開口部の使用法は、ノズル、バケット、シュラウド、燃焼器およびケーシングなどの、種々の構成要素で実施され得る。また、この星形の開口部の特定の幾何学的寸法は、特定の最終用途、ターゲット構成要素、および冷却流の要求条件に応じて、わずかに変更され得る。このように、本発明は、種々の形状の非円形インピングメント開口部を使用することを企図し、これには例えば、「シェヴロン」タイプの孔または別の対称形状が含まれる。早期ステージのノズル、第1ステージのバケット、燃焼器ライナおよび/またはケーシング温度制御デバイスに適用される場合、この設計によりこれらの構成要素の熱伝達能力を向上させることができる。10

#### 【0018】

本発明のこれらのおよび別の目的および利点は、添付図面と併せた現在好適である例示の実施形態の以下のより詳細な説明により、より完全に理解および認識される。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0019】

【図1】本発明を具体化するインピングメント開口部を備えるベーン空洞内に配置される冷却インサートスリーブを有するノズルベーンを示す概略的な破断斜視図である。

【図2】新規のインピングメント開口部を有する例示のインサートスリーブを示す別の斜視図である。20

【図3】図1の実施形態で描かれる特定の選択されたインピングメント開口部を示す拡大図である。

【図4】本発明を具体化する別のインサートスリーブを示す概略的な垂直方向断面図である。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0020】

上述したように、本発明によるインピングメント開口部は熱伝達を強め、ノズルおよび別のエンジン構成要素の温度を低下させるために冷却空気および/または蒸気を効果的に使用できるようにする。1つの開口部を画定する複数の幾何形状縁部は、同等の断面積を有する円形開口部と比較して、インピングメント噴流の速度を上げて熱伝達を強めるような、サイズおよび形状を有する。このような多面形のインピングメント孔を使用することにより、スループットが向上し、正味の金属温度が低下する。また、星形の形状は、ベーンに衝突する前に冷却空気をより効率的に混合させるような渦流れ場を発生させる能力を有することが分かっている。より効率的に混合が行われることにより、冷却空気の速度分布が改善され、それにより流体と表面との間での熱伝達が強まる。30

#### 【0021】

例示のインサートスリーブの全体の形態が図1～3に示されている。図1は前縁の空洞のためのスリーブを示しており、図2および3は、図1の特定の空洞17のための例示のスリーブを示している。図1の実施形態では、ノズルベーン10が複数の一體の空洞11、12、13、14、15、16および17を含み、これらは各々1つのインサートスリーブを有し、これらのインサートスリーブ18、19、20、21、22および23は、後で説明する多面形の流体通路を有する、全体の形状が中空の概略長方形である。これらのスリーブは、スリーブを中で収容するための特定の空洞の形状に緊密に対応するような形状であり、スリーブの2つの側面は、空洞の壁に隣接するスリーブ部分に沿って複数のインピングメント冷却開口部を有する。40

#### 【0022】

図1の前縁の空洞30では、インサートスリーブ31の前方縁部が、多面形の空洞30の側壁に概して対応する形状の側壁を備える湾曲形状を有する。インサートスリーブの側壁はその全長の一部分に沿って複数のインピングメント開口部を有する。示されるように、インピングメント開口部は多面的な形状すなわち鋸歯状の形状を有する（拡大されたイ50

ンピングメント開口部 40 としても示される)。インサートスリーブ 31 の後側面 32 はインピングメント開口部を一切有さない。同様に、後方空洞 13、12 および 11 では、インサートスリーブ 19 および 18 の側壁がその全長の一部分のみに沿ってインピングメント開口部を有するが、インサートスリーブ 19 および 18 の前方壁および後方壁は中実の非穿孔材料から形成される。図 1 に描かれる多面的な形状は、本発明によって企図されるタイプの開口部の单なる一例である。多点星形、シェvronタイプの孔、および「尖った部分を有する(spike d)」開口部などの、一様な鋸歯形状および非一様な鋸歯形状を有する別の幾何学的形状も使用され得る。

#### 【0023】

空洞 30、17、16、15、14、13 および 12 内のスリーブは空洞の壁から分離されており、したがって、例えば圧縮空気などの冷却媒体がインピングメント開口部に入ってそこを通って流れて空洞の内側の壁表面に衝突することが可能であり、それにより上述したように壁表面が冷却される。インピングメント冷媒が空洞の上流側端部から下方に進行すると、クロスフローによる劣化が強まり、通常は熱伝導が弱まる。しかし、この新規のインピングメント冷却開口部はベーンの全長にわたる圧力低下を軽減し、冷却の効率を上げる。

#### 【0024】

図 1 にやはり示されるように、インサートスリーブはスリーブの上流部分に配置されるインピングメント冷却開口部を有する。その他の下流部分は実質的に非穿孔であり、孔を有さないが、インサートスリーブと空洞の内壁との間の領域における冷媒の流れ範囲を縮小することで遮断機構として機能する。スリーブギャップ 50 を参照されたい。この新規のインピングメント開口部を使用するこのような設計では、空気がこれらの開口部からターゲットの表面まで移動することから、混合が改善されてインピングメント空気噴流の速度が上がり、それによりベーンの全長に沿った熱伝達効率が向上する。また、この新規の開口部により、インピングメント後に冷媒のクロスフローが意図せず発生することが軽減される。

#### 【0025】

図 1 および 2 に示されるインサートスリーブ 23 は、例えば図 1 の空洞 17 などの対応する空洞の開口部に接続されるための縁部フランジを備える下側開端部を有する細長いスリーブを有する。スリーブ 23 の側壁 50、51 はそれぞれ複数の鋸歯状のインピングメント冷却開口部 52、53 を有し、これらは拡大図の図 3 の 40 のところに詳細に示されている。インピングメント冷却孔 52、53 は、スリーブと冷却される内側ベーン壁表面との間の空間内に冷却媒体を流し込むために、スリーブの第 1 の上流側スリーブ部分 55 および 56 に沿うように画定される。また、開口部上の鋸歯形状により渦場が発生し、それにより、外側インピングメントインターフェース内での混合が改善され、それにより空洞壁に衝突するインピングメント噴流渦の速度が上がり、それにより熱伝導率が上がり、結果として金属表面温度が下がり、利用可能な冷却空気をより効率的に使用できるようになる。スリーブの下流側のスリーブ部分 57、58 はインピングメント孔を有さない。代わりに、下流側の部分は流体流れチャネルを画定することにより空洞 17 内の冷媒の流れ範囲を縮小させるが、これには、インピングメント後の冷媒が、スリーブ内で第 1 のインピングメント開口部に隣接して画定される空間を介して流れることができるという利点がある。

#### 【0026】

図 2 に示されるように、スリーブ上でインピングメント孔 52 および 53 が形成されることになる部分の範囲は、インサートスリーブの側面がエーロフォイルの正圧面または負圧面のいずれに面するかによって決定される。各側のインピングメント孔の範囲は必要であるとみなされる場合または所望される場合には変更され得るが、インピングメントの範囲は好適にはスリーブの負圧面より正圧面の方が大きい。

#### 【0027】

図 4 を参照すると、ベーン空洞 19 内にインサートスリーブ 60 が設けられている。イ

10

20

30

40

50

ンサートスリーブ 6 0 の周囲外形は、やはり空洞の輪郭に従っており、側壁 6 3、6 4 上に星形のインピンジメント開口部 6 1、6 2 を有する。例えば圧縮空気などの冷媒はプレナムからインサートスリーブ 6 0 内に流れ、次いで開口部 6 1、6 2 を通って外側へと流れ、それにより、空洞 1 9 の両側においてベーンの外側壁でインピンジメント冷却が行われる。

#### 【0028】

インピンジメント孔 6 1、6 2 を有するインサートスリーブ 6 0 の範囲は、インサートスリーブの側表面がエーロフォイルの正圧面または負圧面のいずれに面するかによって決定される。各面のインピンジメント孔の範囲は本発明の目的を達成するために必要であるとみなされる場合または所望される場合には変更され得るが、孔の範囲は一般にインサートスリーブの負圧面より正圧面の方が大きい。10

#### 【0029】

図 4 では、インピンジメント冷却用の鋸歯状の開口部がやはりインサートスリーブの上流側のスリーブ部分 6 5、6 6 に配置されているが、インサートスリーブの残りの下流側のスリーブ部分 6 7、6 8 は孔を有さない。代わりに、下流側の部分は空洞 1 9 内での冷媒の流れ範囲を縮小させる。前縁の空洞およびリターンキャビティ (return cavity) 内のインサートスリーブと同様に、新規のインピンジメント開口部を使用する上流側の部分により、混合を改善し、インピンジメント空気噴流の速度を上げ、それにより、ベーンのそれらの部分における熱伝導を強めることが可能となる。

#### 【0030】

現在最も実用的で好適であるとみなされる実施形態に関連させて本発明を説明してきたが、本発明が開示される実施形態のみに限定されず、添付の特許請求の範囲の精神および範囲に含まれる種々の修正形態および等価の構成を包含することを意図されることを理解されたい。20

#### 【符号の説明】

##### 【0031】

1 0 ノズルベーン

1 1、1 2、1 3、1 4、1 5、1 6、1 7 一体の空洞

1 7 空洞

1 8、1 9、2 0、2 1、2 2、2 3、3 1 インサートスリーブ

30

3 0 多面形の空洞

3 1 インサートスリーブ

3 2 後側面

4 0 拡大されたインピンジメント開口部

5 0、5 1 スリーブ側壁

5 2、5 3 鋸歯状のインピンジメント冷却開口部

5 5、5 6 第 1 の上流側スリーブ部分

5 7、5 8 下流側スリーブ部分

6 0 インサートスリーブ

6 1、6 2 星形のインピンジメント開口部

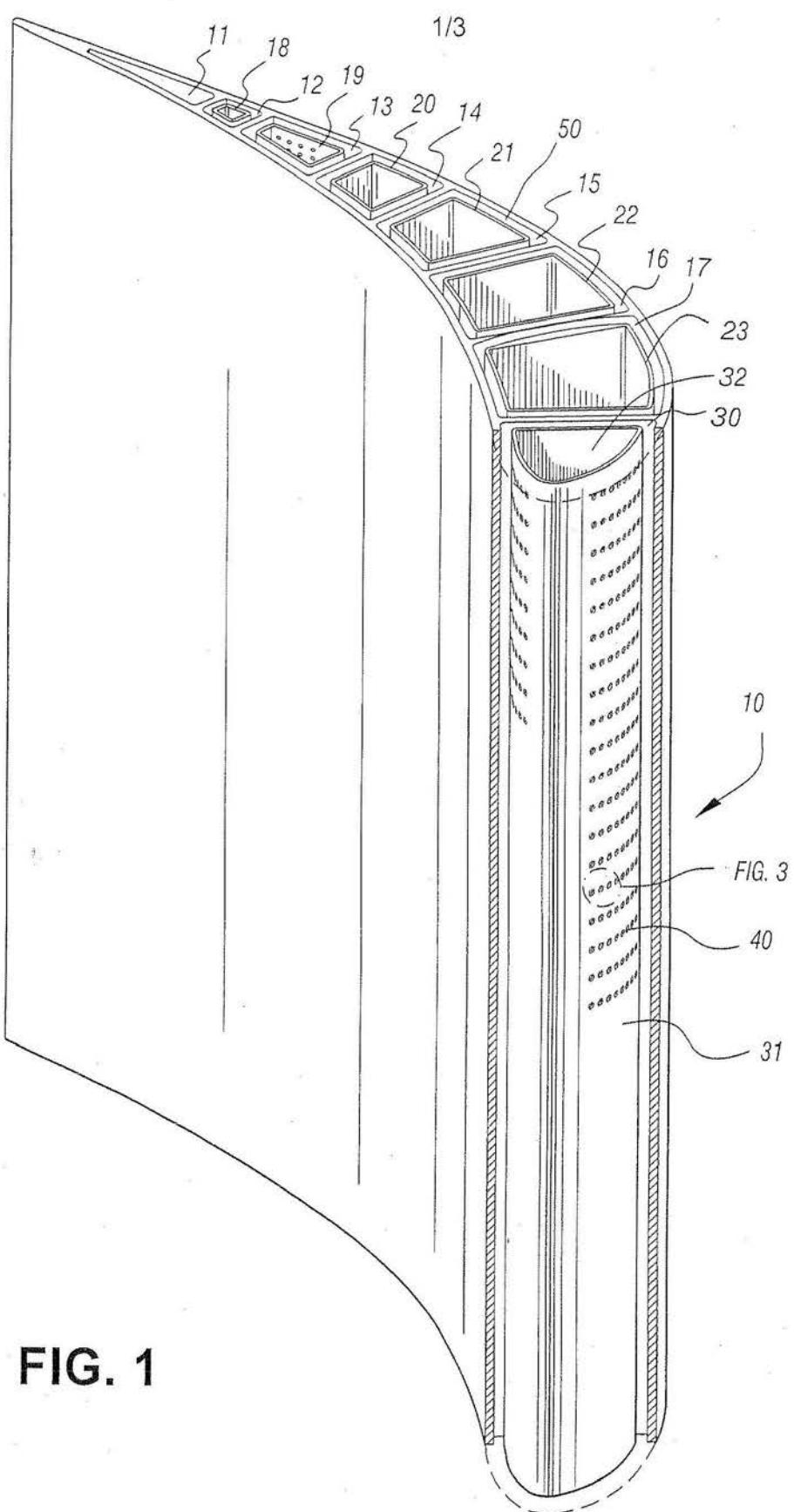
40

6 3、6 4 側壁

6 5、6 6 上流側スリーブ部分

6 7、6 8 下流側スリーブ部分

【図1】

**FIG. 1**

【図2】

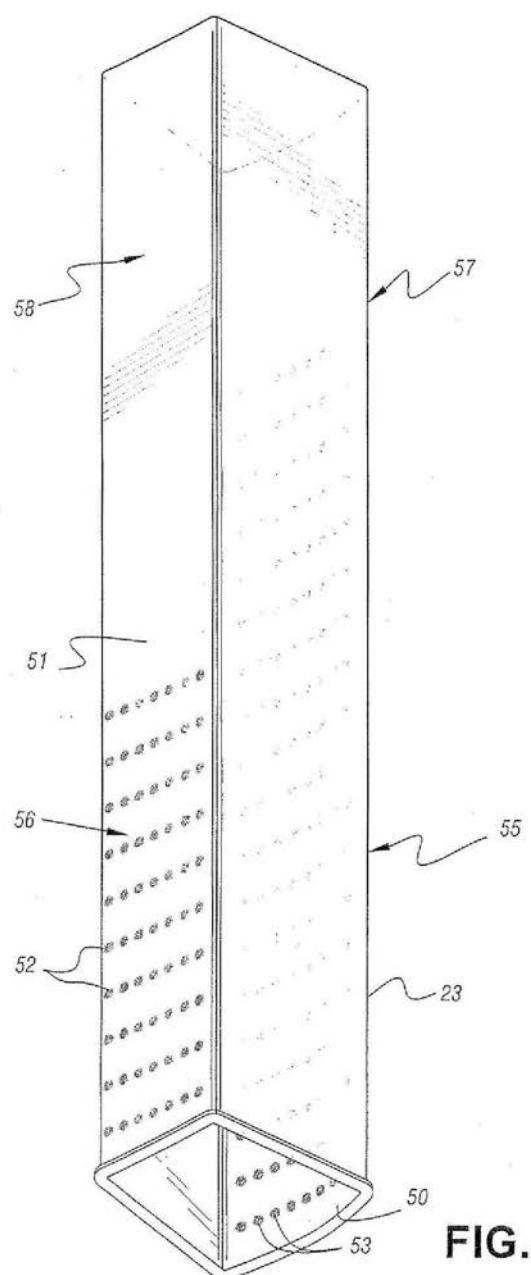


FIG. 2

【図3】

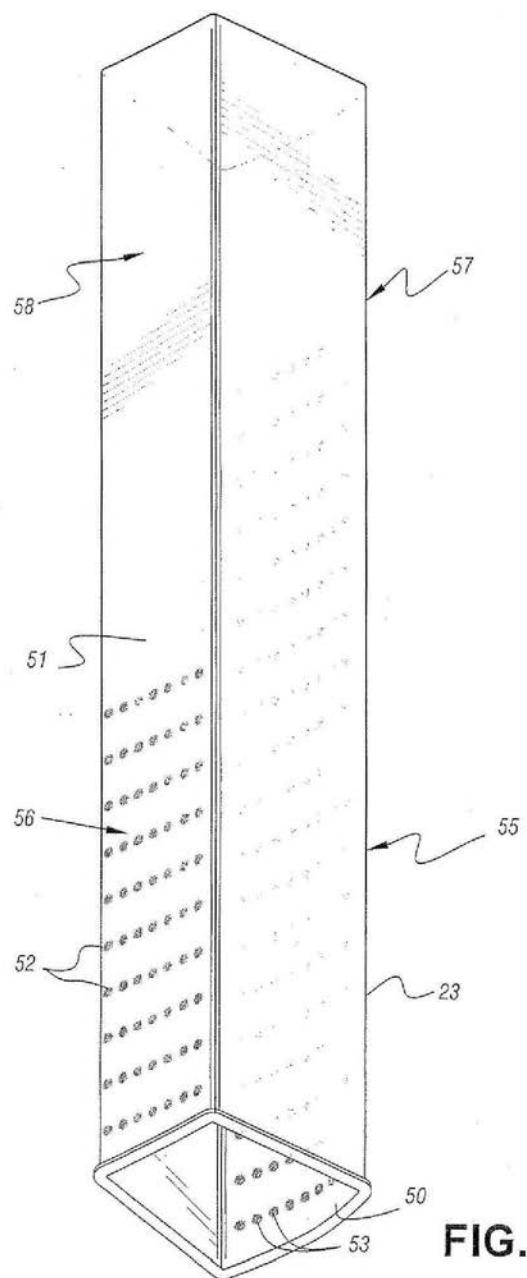
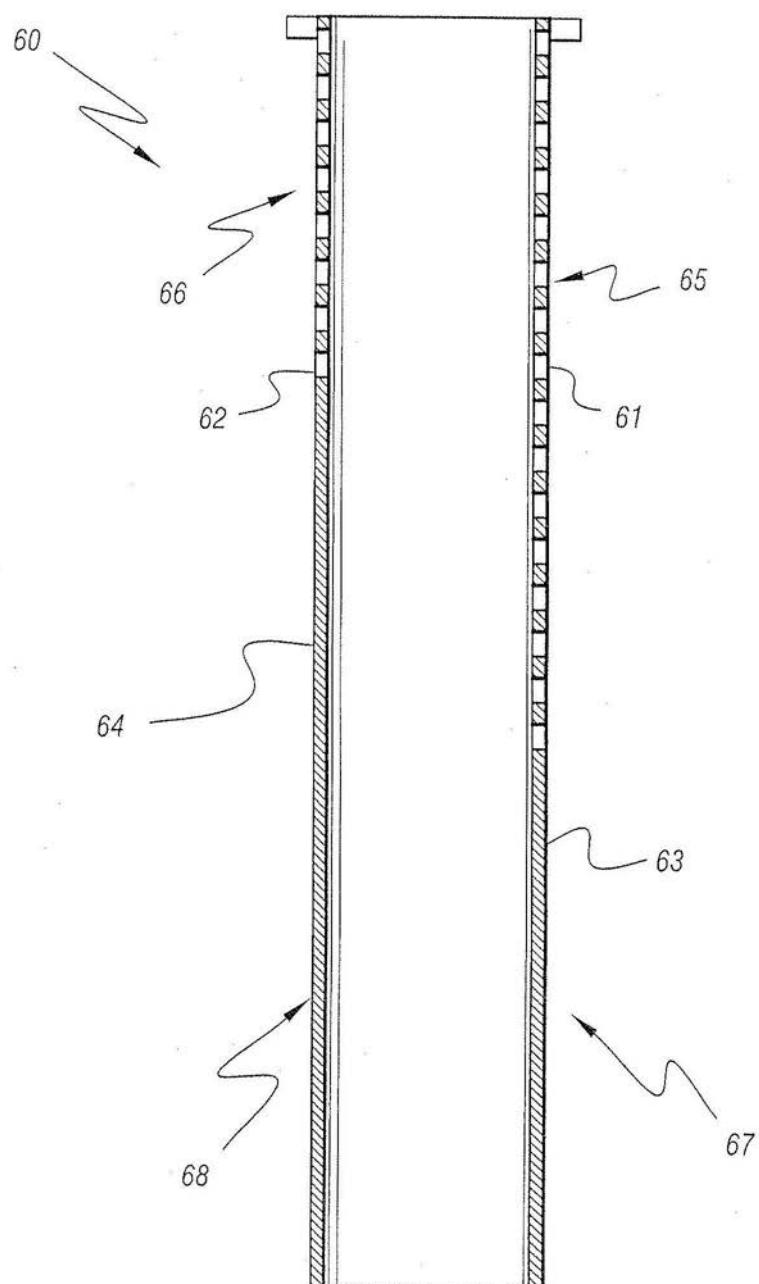


FIG. 2

【図4】

**FIG. 4**

---

フロントページの続き

(72)発明者 ジェイム・ジャヴィエー・マルドナド

アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・29615、グリーンヴィル、ガーリントン・ロード、3  
00番

Fターム(参考) 3G202 GA08 GB01 JJ02 JJ15 JJ16