(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第5027871号
(P5027871)

(45)発行日　平成24年9月19日(2012.9.19)　(24)登録日　平成24年6月29日(2012.6.29)

(51)Int.Cl.		F I		
F02C 3/14	(2006.01)	F02C	3/14	
F01D 5/18	(2006.01)	F01D	5/18	
F01D 9/02	(2006.01)	F01D	9/02	102
F02C 7/18	(2006.01)	F02C	7/18	A
F01D 25/12	(2006.01)	F01D	25/12	E

請求項の数 14　(全 16 頁)

(21)出願番号　特願2009-505808 (P2009-505808)
(86)(22)出願日　平成19年2月13日 (2007.2.13)
(65)公表番号　特表2009-534570 (P2009-534570A)
(43)公表日　平成21年9月24日 (2009.9.24)
(86)国際出願番号　PCT/EP2007/051403
(87)国際公開番号　WO2007/122022
(87)国際公開日　平成19年11月1日 (2007.11.1)
審査請求日　平成22年1月29日 (2010.1.29)
(31)優先権主張番号　06008319.3
(32)優先日　平成18年4月21日 (2006.4.21)
(33)優先権主張国　欧州特許庁 (EP)

(73)特許権者　390039413
シーメンス　アクチエンゲゼルシヤフト
Ｓｉｅｍｅｎｓ　Ａｋｔｉｅｎｇｅｓｅｌｌｓｃｈａｆｔ
ドイツ連邦共和国　Ｄ－８０３３３　ミュンヘン　ヴィッテルスバッハープラッツ　２
Ｗｉｔｔｅｌｓｂａｃｈｅｒｐｌａｔｚ　２，　Ｄ－８０３３３　Ｍｕｅｎｃｈｅｎ，　Ｇｅｒｍａｎｙ
(74)代理人　100075166
弁理士　山口　巖
(74)代理人　100133167
弁理士　山本　浩

最終頁に続く

(54)【発明の名称】タービン翼

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

燃焼ガス（２２）が流入する前縁（１８）と燃焼ガス（２２）が流出する後縁（２０）とを有する燃焼ガス（２２）で洗流される翼形部（１６）と、タービン翼（１０）に別々に導入される二種類の媒体（Ｍ１、Ｍ２）を別々に案内するための第１通路系（３０）および第２通路系（４０）とを備え、第１通路系（３０）が、第１媒体（Ｍ１）を燃焼ガス（２２）の中に吹き出すために後縁（２０）の部位に配置された少なくとも１つの第１流出開口（４８）に開口し、第２媒体（Ｍ２）を吹き出すために後縁（２０）の部位に配置された少なくとも１つの第２流出開口（５２）が、第２通路系（４０）に接続されている、タービン翼（１０）であって、

翼形部主軸線（２１）に沿って見て、第２流出開口（５２）が第１流出開口（４８）と少なくとも部分的に同じ高さに配置されていることを特徴とするタービン翼。

【請求項２】

それぞれ１個の第１流出開口（４８）がそれぞれ１つの第２流出開口（５２）と共に、翼形部主軸線（２１）に沿って見て重なり合い、対になった開口を形成していることを特徴とする請求項１に記載のタービン翼。

【請求項３】

複数の第１流出開口（４８）および複数の第２流出開口（５２）を備えていることを特徴とする請求項１又は２に記載のタービン翼。

【請求項４】

後縁（２０）に沿って、対になった開口が順次続いていることを特徴とする請求項２又は３に記載のタービン翼。
【請求項５】
後縁（２０）の部位に、第１媒体（Ｍ１）と第２媒体（Ｍ２）との混合を流出開口（４８、５２）の下流直後で引き起こす混合手段が設けられていることを特徴とする請求項１ないし４のいずれか１つに記載のタービン翼。
【請求項６】
混合手段が、第１媒体（Ｍ１）と第２媒体（Ｍ２）の一方あるいは両方が尖った縁の部位で燃焼ガス（２２）に吹き出されることによって、第１媒体（Ｍ１）と第２媒体（Ｍ２）との逆流の無い混合を引き起こすことを特徴とする請求項５に記載のタービン翼。
【請求項７】
混合手段が翼形部（１６）の後縁（２０）に配置された接続通路（４６、５０）を有し、該接続通路（４６、５０）が、両通路系（３０、４０）の少なくとも一方をそれに付属された流出開口（４８、５２）に接続し、前記接続通路（４６、５０）が、これを通って流れる媒体（Ｍ１、Ｍ２）に旋回あるいはうずを与えるように形成されていることを特徴とする請求項５又は６に記載のタービン翼。
【請求項８】
混合手段が流出開口（４８、５２）に設けられていることを特徴とする請求項６に記載のタービン翼。
【請求項９】
第１媒体（Ｍ１）と第２媒体（Ｍ２）とを混合するための混合手段が、翼形部（１６）の背側翼壁（４２）の内側面（７４）および／又は腹側翼壁（４４）の内側面（７６）に設けられていることを特徴とする請求項５又は６に記載のタービン翼。
【請求項１０】
混合手段として、四面体状の混合用組込み体、ディンプル、乱流発生体あるいはピン群域が、流出開口（４８、５２）の内側あるいはその上流に設けられていることを特徴とする請求項９に記載のタービン翼。
【請求項１１】
燃焼ガス（２２）で洗流される翼形部（１６）の燃焼ガス側に、乱流発生要素が設けられていることを特徴とする請求項１ないし１０のいずれか１つに記載のタービン翼。
【請求項１２】
翼形部（１６）が鋳造形成され、両媒体（Ｍ１、Ｍ２）の混合のための混合手段が、別個に製造されたインサート（９０、１００、１１０、１２０）として翼形部（１６）内に取り付けられていることを特徴とする請求項５ないし１１のいずれか１つに記載のタービン翼。
【請求項１３】
インサート（９０、１００、１１０、１２０）が波板状あるいはノズル状に形成され、流出開口（４８、５２）を形成するために、孔（９０）の中あるいはスロット（１０２、１２２）の中にはめ込まれていることを特徴とする請求項１２に記載のタービン翼。
【請求項１４】
請求項１ないし１３のいずれか１つに記載のタービン翼を備えていることを特徴とするガスタービン。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、燃焼ガスが流入する前縁と燃焼ガスが流出する後縁とを有する燃焼ガスで洗流される翼形部と、タービン翼に別々に導入される二種類の媒体を別々に案内するための第１通路系および第２通路系とを備え、第１通路系が、第１媒体を燃焼ガスの中に吹き出すために後縁の部位に配置された少なくとも１つの流出開口に開口している、タービン翼に関する。

【０００２】
かかるタービン翼は例えば国際公開第２００５／３５１７号パンフレットで知られている。その翼形部を形成する翼壁は内部に位置する空洞を囲い込み、その空洞内を冷却空気が流れる。また、タービン翼の翼壁に、第２媒体つまり燃料を案内するための通路も設けられている。タービン翼の翼壁を貫通して延びる複数の貫通孔を通して、タービン翼の内部を流れる冷却空気が外向きに燃焼ガス空間に流出する。可燃性混合気を形成するために、その貫通孔に燃料案内通路を接続する接続路が翼壁に設けられている。これによって、貫通孔の内部でも燃料が冷却空気と混合することができ、可燃性混合気として、タービン翼を洗流する燃焼ガスの中に吹き出される。かかるタービン翼によれば、タービンを貫流する燃焼ガス並びにタービン翼から流出する冷却空気が、混合気の燃焼によって再加熱され、このことは、一般に、ガスタービンの出力増大のために、有害物質発生の減少のために、およびガスタービンの効率を改善するために実施され、「カルノーの定理利用（Carnotisierung）」として知られている。

【０００３】
また、国際公開第９９／４６５４０号パンフレットにおいて、複数の多孔性遮熱シールド要素を備えた燃焼器が知られている。その遮熱シールド要素を通して、可燃性混合気が追加的に、即ち、ガスタービンのバーナの外側で、ガスタービンの燃焼室に入れられる。
また、欧州特許出願公開第０８９６１２７号明細書で、翼脚から翼先端まで延び曲がりくねって形成された複数の冷却路が内部に配置されたタービン翼が知られている。それらの冷却路は全部で３つの翼脚側開口に異なった性質の冷却空気を案内するために接続されている。その１つの開口は翼脚から翼先端近くまで延びる空洞に接続されている。その空洞はタービン翼の翼形部の後縁に直接隣接され、後縁に配置された流出開口に連通している。その翼脚側開口を通して導入された冷却材は空洞を貫流し、後縁をそのほぼ全長にわたって冷却して流出開口を通して流出する。タービン翼はまた、翼先端側端に翼形部の長手方向に対して直角に延びる冷却路が設けられた空洞も有している。その冷却路は後縁においてその翼先端側部位だけに開口している。
さらに、米国特許第６５５１０６３号明細書で、いわゆる「カットバック」後縁を備えたタービン翼において後縁リブを覆う鋼板要素がろう付けあるいは溶接されることによって、タービン翼の後縁をモジュールで形成することが知られている。

【０００４】
「局所（in-situ）翼再熱」としても知られたこの構想の欠点は、部品内における冷却空気と燃料との混合によって、反応パートナーが自己発火や逆火によって点火されることにある。これによって、タービン翼の内部において事情により安定した燃焼が生じ、このために、燃料・空気混合気の冷却作用が失われ、ないしは、部品が内部で生ずる燃焼により損傷を受けることがある。

【０００５】
本発明の課題は、タービン翼の寿命を保ち、ガスタービンにおける損傷を防止するために、内部で生ずる燃焼が確実に防止される、ガスタービンにおけるタービン翼を提供することにある。

【０００６】
この課題は、第１通路系に接続されている第１流出開口が後縁の部位に配置され、第２媒体を吹き出すために後縁の部位に配置された少なくとも１つの第２流出開口が、第２通路系に接続されている、冒頭に述べた形式のタービン翼によって解決される。

【０００７】
本発明は、タービン翼の内部で場合により生ずる意図しない燃焼を確実に防止するために、反応パートナー、即ち、両媒体をタービン翼の内部において別々に案内することおよび部品容積の内部における混合を防止することがまず必要である、という認識から出発している。燃焼ガス（作動ガス）における圧力および場合によってはその流れ方向が部品内に逆火を引き起こさないことも確実に防止されねばならない。この理由から、一方では、第１媒体例えば冷却空気が、他方では、第２媒体例えば燃料が流出する両流出開口は、燃

焼ガスの流れ方向に対して横に向けて開かれず、流出する媒体が三次元空間において少なくとも燃焼ガスと同一方向流れ成分を有するように、タービン翼の後縁に配置されている。

【０００８】

両媒体が部品から後縁で吹き出され、燃焼ガスの中に吹き込まれるので、反応パートナーはタービン翼の外側ではじめて場合により可燃性混合気の形に混合される。また、提案された解決策は、第１媒体と第２媒体との迅速な混合を可能にし、そのようにして生じた混合気は、さらにタービンの燃焼ガスに混入される。タービン翼の内部において第１媒体と第２媒体から成る混合気が発生せず、あるいは、燃焼ガスにおける圧力および／又はその流れ方向に基づいて、タービン翼の中に逆吹込みされないので、場合により生じる可燃性混合気の逆火の危険は有効に防止される。その結果、本発明によれば、第１媒体と第２媒体から成る可燃性混合気が逆流しない特に安全なタービン翼が得られる。タービン翼の内部における混合気の自己発火は確実に防止され、タービン翼の寿命が維持される。本発明に基づくタービン翼が装備されたタービンにおいて、タービン内を流れる燃焼ガスが、タービン翼の内部で全く燃焼が生ずる危険なしに再加熱される。

【０００９】

逆火防止性は、殊に、燃料が後縁近くで方向性を有する燃焼ガスの領域において、即ち、両方が同じ流れ方向成分で逆流領域の発生なしに噴射されることによって保証される。これによって、うずによって引き起こされ、タービン翼の内部において燃焼を引き起こしかねない滞留時間分布は生じない。

【００１０】

提案されたタービン翼は、ガスタービンあるいは蒸気タービンに無関係に、タービンの内部において燃料や冷却空気と異なった流体を付加するためにも使用できる。

【００１１】

後縁が翼形部主軸線に沿って翼形部の翼脚部位からこの翼脚部位と反対側に位置する翼先端部位まで延び、翼形部主軸線に沿って見て、第２流出開口が第１流出開口と少なくとも部分的に同じ高さに配置されていることによって、燃焼ガスにおける燃料は最も効果的に少ない有害物質発生で燃焼される。これによって初めて、特に効果的な燃焼を達成するために、ガスタービンの環状燃焼ガス通路の半径方向高さで後縁を通して、燃料並びに燃焼空気を同時に燃焼ガスの中に注入することができる。その結果、第１流出開口と第２流出開口は、翼形部主軸線の方向に見て、互いに前後して位置せず、重なり合って位置する。

【００１２】

第１媒体と第２媒体の特に調和された量を後縁の比較的狭い部位内で燃焼ガスの中に注入するために、それぞれ１つの第１流出開口がそれぞれ１つの第２流出開口と共に、（翼形部主軸線に沿って見て）重なり合った一対の開口を形成している。特に好適には、本発明に基づくタービン翼の実施態様において、互いに並べて配置された複数対の開口が後縁に沿って順次位置し、これによって、タービン翼の翼形部の全高さにわたって、両媒体の並んだ吹き出しが行われる。これを達成するために、上述の解決策の代案として、第１流出開口と第２流出開口がそれぞれ後縁の全高さにわたって延びるようにもできる。

【００１３】

第１実施態様において、後縁の部位に、第１媒体と第２媒体との混合を流出開口の下流直後で引き起こす混合手段が設けられている。その両媒体の吹き出しは、それらの燃焼ガスへの注入後に最短距離内と最短時間内で迅速な混合を生じさせる様式で行われる。これによって、燃焼ガス通路において初めて両媒体の非常に均質な混合が行われ、その後にはじめて、タービンを貫流する燃焼ガスを再加熱するためにその燃焼ガスに混合され、燃焼ガスにおける温度に基づいて自己発火される。これは、第１混合過程で発生された可燃性混合気の予混合火炎による有害物質低発生の燃焼を可能とする。

【００１４】

さらに、短い反応距離内と短い反応時間内における混合によって、混合気が環状燃焼ガ

ス通路から出る前にまだなお燃焼されることが達成される。これにより、燃焼ガスの再熱によって生ずる燃焼ガスの含有エネルギ増大が、その再熱済み燃焼ガスが流れエネルギを機械エネルギに転換するためにタービンの動翼のそばを流れるときだけ出力増大およびタービンの効率向上に貢献される。

【００１５】

また、短い反応距離によって、タービンの構造長が短縮される。従って、本発明によれば、本発明に基づくタービン翼が装備された特にコンパクトに且つ安価に製造できるガスタービンが得られる。

【００１６】

さらに、混合手段が、第１媒体と第２媒体の一方あるいは両方が少なくともほぼ尖った縁の部位で燃焼ガスに吹き出されることによって、第１媒体と第２媒体との逆流無し混合を引き起こす、ことを提案する。尖った縁によって逆流無しうずが発生され、このうずはその流れ方向に基づいて、混合気がタービン翼に逆流することを防止する。また、燃焼ガス通路内に存在する混合気の逆流は、流出開口における両媒体の圧力が燃焼ガスの圧力より大きい圧力状態によってもともと防止される。従って、タービン翼の内部で場合により生じうる混合気の燃焼過程は効果的に防止され、これはタービン翼の寿命を維持する。

【００１７】

さらに、翼形部の後縁に配置された混合手段が、両通路系の少なくとも一方をそれに付属された流出開口に接続する少なくとも１つの接続通路を有し、この接続通路が、これを通って流れる媒体に旋回あるいはうずを与える形状を有していることを提案する。これによって、通路系をそれに対応した流出開口に接続する接続通路は、これを通って流れる媒体にその流出開口からの流出後も継続する旋回あるいはうずを与える立体的形状を有している。旋回ないしうずの方向は、両媒体が流出開口からの流出直後に入り交じって流れ、そのようにして、効果的な混合を引き起こすように選定されている。これは、特に均質な混合気を生じさせ、自己発火した予混合火炎によるその特に効果的で有害物質低発生燃焼を生じさせる。その結果、ガスタービンによって引き起こされる有害物質負荷、特に窒素酸化物（ＮＯｘ）放出を少なくすることができる。

【００１８】

例えば接続通路はコルク抜きの形にねじられ、これによって、流出開口を通して流出する媒体が、このねじれ運動を、即ち、その流れ方向を、流出後も保つようにされている。これによって、二条ねじの形態でコルク抜き状に与えられた接続通路の適切な配置において、即ち、ずれた配置において、両媒体には、その接続通路からの流出後に両媒体の特に効果的な混合を可能とする旋回が与えられる。

【００１９】

他の有利な実施態様において、混合手段が流出開口に設けられている。その結果、それ自体が、前置された接続通路だけでなく流出開口にも、それを通して流出する媒体に旋回あるいは逆流無しうずを与える手段として、乱流発生体やディンプルなどが設けられる。好適には円形開口の中に、両媒体に対する分離要素として星形の環状輪郭のノズルがはめ込まれる。そのノズルの中心から、両媒体の一方が流出し、円形開口と星形輪郭との間の横断面から他方の媒体が流出する。このノズル状の形態は、流出する両媒体の一層向上された混合を生じさせる。

【００２０】

また本発明によって、第１媒体と第２媒体とを混合するための混合手段が、その後縁壁が燃焼ガスで洗流入される翼形部の背側翼壁の内側面および／又は腹側翼壁の内側面に設けられていることを提案する。

【００２１】

流出開口に設けられる手段は、片持ち支持されて自由に振動する舌片でもよく、この舌片はその流れ励起振動によって両媒体を互いに特に効果的に混合する。

【００２２】

両媒体の吹き出しが燃焼ガスの流れ方向に対して本質的にあるいはほぼ平行に行われる

とき、両媒体の混合は、部品の逆火防止を損なうことなく、タービン翼の内部において後縁の部位でほんの僅かしか行われない。例えば両媒体の混合は、ピン群域および／又は乱流発生体によって達成される。

【００２３】

さらに、翼形部が鋳造形成され、両媒体の混合のための混合手段が、別個に製造されたインサート（組込み物）として翼形部内に取り付けられることを提案する。通常、本発明によって提案されたタービン翼の構造的な特徴部は、鋳造法では特に製造に手間がかかる。従って、本発明は、その構造を別個に製造されたインサートとして予め作り、続いて、鋳造翼形部に固定することを提案する。これによって、特に安価なタービン翼が得られる。

【００２４】

本発明は、本発明に基づくタービン翼が装備されているガスタービンも提案する。その場合、タービン翼に伴って生ずる利点はガスタービンにも転用される。

【００２５】

他の利点および特徴は以下の実施例の詳細から理解できる。なお各図において同一部分には同一符号が付されている。また、同一の特徴および機能に関して実施例についての説明を参照されたい。

【００２６】

図１は、例えば定置形軸流ガスタービンにおける例えばタービンの前段部に採用されるようなタービン翼を概略的に示している。そのタービン翼１０は静翼として示され、そのガスタービンにおける据付け位置に関して、内側翼台座１２、外側翼台座１４およびガスタービンの半径方向においてその両者間を延びる翼形部（羽根部）１６を有している。その外側翼台座１４は脚部位１３であり、タービン翼１０はこの脚部位１３で例えば静翼ホルダに取り付けられる。脚部位１３とは反対側に位置する先端部位１５は内側翼台座１２を有している。

【００２７】

翼形部１６は、図２ａ～図２ｃに示されているように、横断面が液滴状に湾曲され、前縁（入口縁）１８から後縁（出口縁）２０まで延びている。翼形部主軸線２１は後縁２０に対してほぼ平行に、ないしガスタービンの半径方向に沿って延びている。ガスタービンの運転中、高さＨを有する翼形部１６は燃焼ガス（作動ガス）２２で洗流され、この燃焼ガス２２はタービン翼１０にはじめ前縁１８で流入し、翼形部１６の洗流後に後縁２０で流出する。その間において燃焼ガス２２は環状の燃焼ガス通路２４に沿って流れる。その環状の燃焼ガス通路２４は、半径方向内側がタービン翼１０の内側翼台座１２によって、半径方向外側がタービン翼１０の外側翼台座１４によって、少なくとも部分的に境界づけられている。

【００２８】

翼形部１６はその内部が空洞に形成され、その中に少なくとも１つの第１通路系３０と第２通路系４０を有し、これらの両通路系３０、４０は互いに分離して形成されている。従って、各通路系３０、４０にそれぞれ媒体Ｍ１ないし媒体Ｍ２を別々に導入することができる。第１媒体Ｍ１は例えばタービン車室を通して半径方向外側から第１通路系３０に導入される。特にタービン翼１０の内部で第１媒体Ｍ１と混合されてはならない第２媒体Ｍ２が、別個の供給路３２を介してタービン翼１０に導入される。このために、タービン翼１０は接続口３４を有し、この接続口３４に供給路３２が、例えば蒸気冷却方式で知られたシール３６によって気密に接続されている。翼形部１６において第２媒体Ｍ２を継続案内するために、好適には、接続口３４から内部においてパイプ系３７が分岐している。

【００２９】

翼形部１６の内部において第２媒体Ｍ２を案内するために利用される第２通路系４０は種々の様式で形成できる。

【００３０】

図２ａに横断面図で示された翼形部１６は中央空洞３８を有し、この中央空洞３８は第

１媒体Ｍ１を案内するための第１通路系３０の１部分として利用されている。図示された実施例において、第１通路系３０はタービン翼１０の空洞３８全体を含んでいる。異なった形態において、腹側翼壁４４から背側翼壁４２までリブ４５が延びていることによって、空洞３８を複数の部位に仕切ることも考えられる。そのリブ４５は図２ａにおいて前縁１８の領域に破線で示されている。

【００３１】

第１通路系３０の内部を流れる第１媒体Ｍ１特に冷却空気は、タービン翼１０を冷却するために用いられ、この第１媒体Ｍ１は冷却作用後にタービン翼１０の後縁２０から開放冷却方式で吹き出され、そのようにして、ほぼ平行に流れる燃焼ガス２２の中に吹き込まれる。このために、タービン翼１０は第１接続通路４６を有し、この第１接続通路４６は後縁２０の部位に設けられた第１流出開口４８に開口している。図２ａ、図２ｂ、図２ｃにおいて、空洞２８は第１接続通路４６に、この第１接続通路４６は第１流出開口４８にそれぞれ段差なしに移行している。

【００３２】

図２ａにおいて、第２媒体Ｍ２を継続案内するために利用される第２通路系４０が、背側翼壁４２に設けられた空洞４０を有している。第２通路系４０はタービン翼１０の鋳造時に適当な中子によって直接形成され、第２接続通路５０によって第２流出開口５２に流れ技術的に接続されている。

【００３３】

第１通路系３０並びに第２通路系４０は、それぞれガスタービンの半径方向に延びる翼形部１６の高さＨにわたって延びている。タービン翼１０の後縁２０に、翼形部１６の全高さＨにわたって延びる第１媒体Ｍ１用の第１流出開口４８と、その高さＨに沿って一様に分布された第２媒体Ｍ２用の複数の第２流出開口５２が設けられている。複数の第１流出開口４８および／又は唯一の第２流出開口５２が設けられることも考えられる。この形態および後述の形態において、両媒体Ｍ１、Ｍ２をできるだけ近接して吹き出すことができるようにするために、第１流出開口４８並びに第２流出開口５２が少なくとも部分的に後縁２０の同じ半径方向高さに位置し、従って、重なり合っていることが重要である。

【００３４】

図２ｂはタービン翼１０の異なった形態を横断面図で示している。この場合、第２媒体Ｍ２を案内するための第２通路系４０は、タービン翼１０の空洞３８内にはめ込まれたパイプ６０を有している。このパイプ６０は翼形部１６の高さＨにわたって背側翼壁４２の内側面７４に結合されている。図２ｂに示されていないその接続通路は、図２ａに示されたタービン翼１０に類似して、第２媒体Ｍ２を吹き出すために鋳造時に既に背側翼壁４２に形成されるか、後から穿孔加工され、一方ではパイプ６０に開口し、他方では流出開口５２に開口している。

【００３５】

図２ｃは他の変形例を示している。翼壁４２、４４の衝突冷却のために必要な衝突冷却用インサート６２が、翼形部１６の内側面７４に対してスペーサ６６によって間隔を隔てられ、その横断面が、この衝突冷却用インサート６２が空洞３８の内部において第１通路系３０並びに第２通路系４０を形成するために貢献し、その両通路系３０、４０が互いに気密に分離されている。

【００３６】

図２ｂと同じようにして、第２接続通路５０がタービン翼１０の背側翼壁４２に鋳造形成されている。

【００３７】

既に述べた形態において、燃料案内は、燃料通路系とも呼ばれる第２通路系４０の部分が、タービン翼１０を半径方向に貫通し、その場合、翼壁４２、４４に鋳造形成された通路として（図２ａ）、別個に形成された単壁あるいは複壁パイプとして（図２ｂ）、あるいは衝突冷却用インサートによる別個の燃料通路（図２ｃ）として形成される、ようにして行われる。上述した各形態は、後縁２０の近くにおける燃料の案内を可能とし、これに

よって、方向性を有する燃焼ガス領域への構造的に単純な燃料注入が可能となる。

【００３８】

図２ａ～図２ｃに示された形態は、「局所（in-situ)翼再熱」を実施するために、タービンにおいて燃料を案内することおよびそこを流れる燃焼ガス２２に燃料を加えることを、タービン翼１０の冷却、強度あるいは空力学的特性に不利な影響を与えることなしに可能とし、その場合、両媒体Ｍ１、Ｍ２が互いに気密に分離して案内されることにより、タービン翼１０の内部での混合が常に確実に防止される。

【００３９】

図３は、内外の翼台座を省いた状態で、翼形部１６の後縁２０を斜視図で示している。タービン翼１０の内部に形成された空洞３８は、第１通路系３０の部分として第１接続通路４６に移行し、この第１接続通路４６自体は、タービン翼１０の後縁２０に配置された第１流出開口４８に段差なしに移行している。

【００４０】

背側翼壁４２並びに腹側翼壁４４にそれぞれ、翼形部１６の高さにわたって延びる第２通路４０が鋳造形成されている。これらの第２通路４０はそれぞれ第２接続通路５０を介して第２流出開口５２に接続されている。

【００４１】

図示された形態に基づいて、タービン翼１０の内部での両媒体Ｍ１、Ｍ２の混合が効果的に防止される。

【００４２】

タービン翼１０から流出する両媒体Ｍ１、Ｍ２に旋回ないし渦流を生じさせる手段が、後縁２０の部位に設けられている。その図３に示された手段は、流出する両媒体Ｍ１、Ｍ２を良好に混合するためのいわゆる混合インサート７０である。この混合インサート７０は、角錐体状にくさび体としてあるいは四面体７２として形成され、その後方側三角形面、即ち、下流側三角形面にそれぞれ、第２流出開口５２が設けられている。例えば背側翼壁４２の内側面７４に、２個の四面体７２ａ、７２ｃが設けられ、それらの自由尖端は、腹側翼壁４４の内側面７６の側を向いている。第１流出開口４８に対して後縁２０に沿って外側端から内側端まで蛇行状隙間が生ずるように、両四面体７２ａ、７２ｃ間において腹側翼壁４４の内側面７６にも１個の四面体７２ｂが設けられている。

【００４３】

翼形部１６を形成する材料を熱的過負荷から保護するために、タービン翼１０の内部で空洞３８内において第１媒体Ｍ１特に冷却空気が、公知の様式で、例えば蛇行して流れる。第１媒体Ｍ１はそこから第１接続通路４６を介して第１流出開口４８に達する。第２通路４０に導入された第２媒体Ｍ２特に燃料は、それに類似して第２流出開口５２に導かれる。

【００４４】

その輪郭が尖っている混合インサート７０、特に角張った四面体７２に基づいて、第１流出開口４８を通して流出する冷却空気の逆流の無い渦流が得られる。その間に渦流状の冷却空気に流入する燃料が特に効果的に冷却空気と混合される。

【００４５】

両媒体Ｍ１、Ｍ２の別々の導入にもかかわらず、自己発火性の混合気を小さな予混合火炎の発生下で有害物質低発生状態で燃焼するために、短い混合時間と短い混合距離で効果的な混合を達成することができる。これによって、タービンの構造長も低減できる。また、タービン翼１０から出る媒体Ｍ１、Ｍ２の選択された流出方向に基づいて、流出開口４８、５０への混合気の逆流が確実に防止されることが保証される。それに応じて、タービン翼１０の内部、通路３０、４０、４６、５０の中での燃焼は生ぜず、これにより、タービン翼１０の寿命が維持される。

【００４６】

図４は図３におけるタービン翼の形態を横断面図で示し、そこには、互いにずれて対向して位置する四面体７２、背側翼壁４２、腹側翼壁４４、両第１通路３０並びに両第２通

路４０が示されている。混合インサート７０として、四面体７２の代わりに異なった幾何学形状の成形体も考えられる。

【００４７】

図５は、タービン翼１０の内部に設けられた空洞３８が第１媒体Ｍ１としての冷却空気を案内するために利用される本発明の異なった形態を示している。その背側翼壁４２に第２媒体Ｍ２を案内するための第２通路４０が設けられている。後縁２０にタービン翼１０の高さＨにわたり分布して、第１、第２の流出開口４８、５２が対を成して複数設けられている。その各第１流出開口４８および各第２流出開口５２はそれぞれ、それらに付設された螺旋状の接続通路５０、４６を介して対応した通路系３０、４０に接続されている。２つの接続通路４６、５０ごとに、二重らせん様式で互いに絡み合わされている。らせん状にねじれた接続通路４６、５０を通して流れる媒体Ｍ１、Ｍ２は、らせん形状に基づいて、タービン翼１０から出た後も、それによって旋回された状態で継続して流れる。接続通路４６、５０は、両媒体Ｍ１、Ｍ２の流出開口４８、５２からの流出後に、両媒体Ｍ１、Ｍ２が入り交じって流れ、そのようにして、特に短い混合領域内および混合時間内における特に効果的な混合が行われる、ように互いに配列されている。この特に効果的な混合は、燃焼ガス２２における温度に基づいて生ずる自己発火後の短い燃焼継続時間による混合気の有害物質低発生燃焼に対する前提条件である。混合気の燃焼によって、タービンに流入する燃焼ガス２２ないし冷却空気が再熱され、これによって、その含有エネルギが増大され、タービンによって用意された機械エネルギとして利用される。またこれによって、タービンの効率が高められる。

【００４８】

タービン翼１０に別々に導入された両媒体Ｍ１、Ｍ２を特に効果的に混合するための他の変形例が図６に示されている。図６は変更されたタービン翼１０の後縁２０を横断面図で示している。特に効果的に混合するための手段は、片持ち支持され自由端８２を備えた可動薄板要素８０である。この薄板要素８０は腹側翼壁４４の内側面７６あるいは背側翼壁４２の内側面７４に例えば溶接あるいはろう付けによって固定され、運転中にそれに沿って流れる媒体Ｍ１、Ｍ２に基づいて、腹側翼壁４４と背側翼壁４２の互いに対向して位置する両内側面７６、７４間で周期的に往復振動し、これにより、第１、第２の両流出開口４８、５２が互い違いに増大および縮小される。その場合、流出する媒体Ｍ１、Ｍ２は乱され、これによって、薄板要素８０の下流において、両媒体Ｍ１、Ｍ２の特に効果的な混合が行われ、上述の利点が得られる。図６において薄板要素８０の自由端８２は横断面が幾分厚く形成され、これによって、薄板要素８０はその箇所がより大きな質量を有する。これは、一方では、薄板要素８０の振動の維持を容易にし、他方では、うずを容易に発生するために、例えばカルマン渦を発生するために用いられる。薄板要素８０の自由端８２が振動過程中に翼壁４２、４４の内側面７４、７６に接する必要はない。

【００４９】

図６に示された形態の他の利点は、薄板要素８０が第２媒体Ｍ２の流出を抑制するとき、燃焼ガス２２あるいは第１媒体Ｍ１における圧力が薄板要素８０を背側翼壁４２の内側面７４に押し付けるので、第２通路系４０が燃焼ガス通路２４から分離されることにある。さもないと第２媒体Ｍ２により引き起こされる対向圧力が、この場合には現れない。その場合、第２流出開口５２は閉じられ、これによって、燃焼ガス侵入に対して保護される。

【００５０】

図７～図９はそれぞれ、ノズル状に形成された第１、第２の流出開口４８、５２を備えたタービン翼１０の後縁２０を異なった図で示している。燃焼ガス２２の流れ方向に対して平行に延びる複数の開口９２が後縁２０に沿って分布して設けられている。それらの開口９２は円形輪郭９３を有し、流出する媒体Ｍ１、Ｍ２に渦流を発生するための手段として、星形インサート９０がそれぞれはめ込まれている。そのインサート９０は、図９に示されているように、（両媒体Ｍ１、Ｍ２の流れ方向に関して）流出側が、星形の環状輪郭９６を有している。その流入側は非常に単純な輪郭９８例えば矩形輪郭を有している。

【００５１】
インサート９０は、それが開口９２にはめ込まれたとき、その星形の環状輪郭９６で囲い込まれた面が第１流出開口４８を形成する。開口９２の円形輪郭と星形輪郭９６の外側面との間に、第２流出開口５２が形成される。
【００５２】
図８に応じて、タービン翼１０が後縁２０の部位に翼壁４２、４４にそれぞれ設けられた第２通路４０並びに後縁に開けられた開口９２（図７参照）を備えている限りにおいて、図９に応じて形成され開口９２にはめ込まれたインサート９０によって、タービン翼１０の後縁２０で流出する両媒体Ｍ１、Ｍ２の特に簡単な渦流の発生が達成される。その場合、インサート９０の内部において、横断面矩形面を通して、第１媒体Ｍ１特に冷却空気が流入し、インサート９０の流れ方向に沿って変化した輪郭に基づいて、その輪郭に応じて案内される。星形に突出したフィンガー９４を備えたインサート９０の流出側輪郭９６は、そのフィンガー９４間に位置する隙間９９を第２接続通路５０から導入された媒体Ｍ２が流れるようにさせる。複数のノズル状流出開口４８、５２を備えた後縁によって、本発明に伴って現れる利点も得られる。この花びら混合器とも呼ばれる形態は、極めて高い混合率を有する。
【００５３】
図１０～図１２は、後縁２０の部位にその高さＨにわたって流出媒体に渦流を発生するための波形インサート１００が設けられている本発明の異なった形態を示している。そのために、後縁２０はその高さＨにわたって延びる矩形スロット１０２を有している。このスロット１０２はその中にはめ込まれたインサート１００によってその高さにわたって二分されている。インサート１００は両翼壁４２、４４のそれぞれの内側面７４、７６に対して間隔を隔てられ、その内側面７４、７６とインサート１００との距離は、インサート１００の波形形状に基づいて、後縁２０に沿って観察して周期的に増減している。渦流を発生するための手段として利用されるインサート１００の波面１０４は、媒体Ｍ１、Ｍ２の流れ方向に対して傾斜され、これによって、インサート１００の両側を導かれる媒体Ｍ１、Ｍ２は、インサート１００の波形を越えて横に流れ、そのインサート１００によって乱され、これによって、インサート１００の下流で両媒体Ｍ１、Ｍ２の均質な混合が行われる。その際に生じた混合気は、燃焼ガス２２を再熱し、その燃焼ガス２２の有害物質低発生処理に対しても役立つ。
【００５４】
図１３と図１４は異なった形態を示し、この場合、第１接続通路４６を通して導かれる第１媒体Ｍ１だけが、腹側翼壁４４の内側面７６から背側翼壁４２の内側面７４まで延び相互にずれて配置された複数のピン１１０により一連の渦流路を形成して乱される。特に効果的な混合のために、タービン翼１０からの第２媒体Ｍ２の乱流第１媒体Ｍ１への吹き出しは、後縁２０に設けられた第２流出開口５２を通して行われる。これらの第２流出開口５２に前置接続された第２接続通路５０は、直線的に延びているが、外側翼台座あるいは内側翼台座に向けて傾斜されている。それに応じて、媒体Ｍ１に乱流を発生するための手段は、第１接続通路４６内に設けられた多数のピン１１０のピン群域である。そのピン１１０の代わりに、内側面７４、７６にディンプルや乱流発生体やリブを設けることもできる。
【００５５】
図１５～図１７に、ほぼ中実で横断面が矩形のインサート１２０がタービン翼１０の後縁２０に設けられたスロット１２２にはめ込まれている本発明の異なった形態が示されている。そのインサート１２０によって、この箇所で流出する両媒体Ｍ１、Ｍ２の乱流化が行われる。図１７に斜視図で示されたインサート１２０は、互いに平行に延びる複数の第１接続通路４６が設けられ、これらの第１接続通路４６は第２接続通路５０に対して直角に延びている。第１接続通路４６と第２接続通路５０は互いに交差している。その交差箇所で相互に接続する必要はなく、対を成して一致する流出開口４８、５２に開口し、そこで、両媒体Ｍ１、Ｍ２の混合が行われる。両媒体Ｍ１、Ｍ２の互いに傾斜して位置する流

出方向によって、その両媒体Ｍ１、Ｍ２は短い混合距離内で互いに効果的に乱され混合される。

【００５６】

翼台座に対して外向きおよび内向きに傾斜された接続通路４６、５０に対して平行に、翼壁４２、４４の燃焼ガス２２の側の表面に、好適には、後縁２０の部位に、燃焼ガス２２の流れを追加的に乱すリブやディンプルの形態の乱流発生要素が設けることができる。

【００５７】

図１８は流れ断面が矩形の管状インサート１３０を斜視図で示している。このインサート１３０は内部に腎臓形うず１３２を発生するための手段を有している。その腎臓形うず１３２に入れられる一方の媒体は、乱流に基づいて特に一様に他方の媒体と混合される。

【００５８】

鋳造成形翼形部１６にインサート９０、１００、１２０、１３０を後からはめ込み、ろう付けあるいは溶接する代わりに、そのインサート９０、１００、１２０、１３０を、翼形部１６内に残存する中子の構成部分としてタービン翼１０に鋳込むこともできる。

【００５９】

かかるタービン翼が装備されたタービンは、そこを流れる燃焼ガスに他の媒体を導入することによって操作するのに特に適している。例えば燃焼ガスのエネルギ含有量が、「局所（in-situ)翼再熱」によって高められるか、添加物の付加によって作動媒体の有害物質発生負荷が低減される。

【００６０】

本発明によれば全体として、タービン翼の内部で別々に案内される二種類の媒体が、混合気あるいは両媒体の一方がただ部分的に燃焼ガスと反応する前に、両媒体がまず互いに混合するようにして燃焼ガスに加えられるようなタービン翼の後縁が得られる。短い距離内での両媒体の特に効果的な混合を達成するために、流れを乱すか旋回するための手段が設けられ、これによって、可燃性混合気の場合、特に短い混合距離および短い混合時間に基づいて、燃焼ガスを再熱するための混合気の特に有害物質低発生の燃焼が、タービンから出る前に適時に達成される。

【図面の簡単な説明】

【００６１】

【図１】燃料の供給路を備えたタービン翼の概略構成図。

【図２ａ】翼壁に鋳造形成された第２媒体案内通路系を備えたタービン翼の翼形部の横断面図。

【図２ｂ】パイプ状インサートで形成された第２媒体案内通路系を備えたタービン翼の翼形部の横断面図。

【図２ｃ】衝突冷却板で囲い込まれた第２媒体案内通路系を備えたタービン翼の翼形部の横断面図。

【図３】タービン翼の翼形部の後縁の斜視図。

【図４】図３の翼後縁の横断面図。

【図５】二重らせんの形態でひねり合わされた２つの接続通路を備えたタービン翼の後縁の横断面図。

【図６】後縁内に取り付けられた可動要素を備えたタービン翼の後縁の横断面図。

【図７】後縁の部位にノズルが配置されたタービン翼の後縁の斜視図。

【図８】ノズル状流出開口が配置された図７におけるタービン翼の後縁の横断面図。

【図９】図７におけるタービン翼の後縁に取付け可能なノズルの斜視図。

【図１０】波形インサートを備えたタービン翼の後縁の横断面図。

【図１１】波形インサートを備えたタービン翼の後縁の斜視図。

【図１２】図１１におけるタービン翼の波形インサートの斜視図。

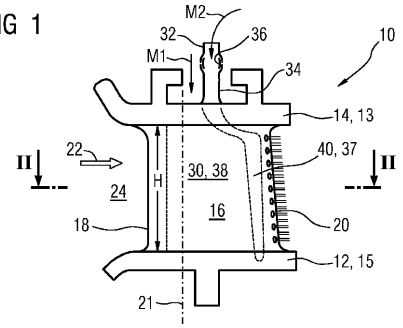
【図１３】後縁に配置されたピン群域を備えたタービン翼の後縁の横断面図。

【図１４】図１３におけるタービン翼の後縁部位の縦断面図。

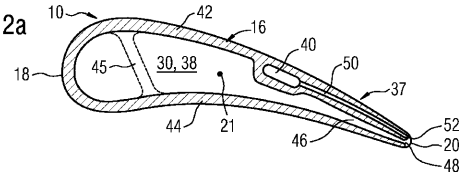
【図１５】交差吹出し形のタービン翼の後縁の斜視図。

【図１６】図１５における交差吹出し形のタービン翼の後縁の横断面図。
【図１７】交差吹出し形を形成するために後縁部位にはめ込まれるインサートの斜視図。
【図１８】タービン翼の後縁部位に対向うずを発生するためのインサートの斜視図。
【符号の説明】
【００６２】
１０　タービン翼
１２　翼台座
１３　翼脚部位
１４　翼台座
１５　翼先端部位
１６　翼形部
２０　後縁（出口縁）
２１　翼形部主軸線
２２　燃焼ガス（作動ガス）
３０　第１通路系
４０　第２通路系
４２　腹側翼壁
４４　背側翼壁
４８　第１流出開口
５２　第２流出開口
９０　孔
１００　波形インサート
１０２　スロット
１１０　ピン
１２０　インサート
１２２　スロット

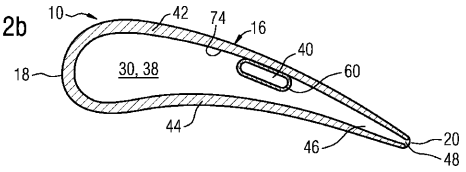
【図１】
FIG 1



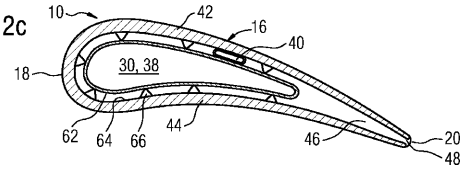
【図２ａ】
FIG 2a



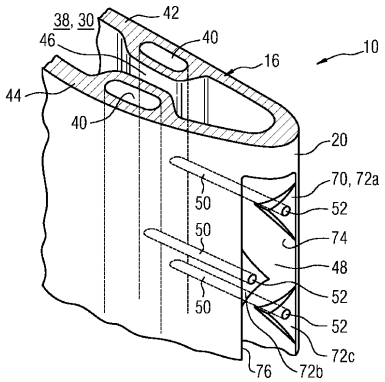
【図２ｂ】
FIG 2b



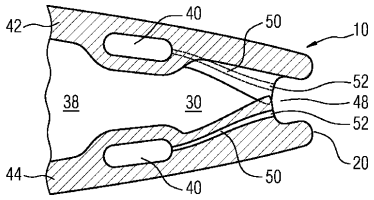
【図２ｃ】
FIG 2c



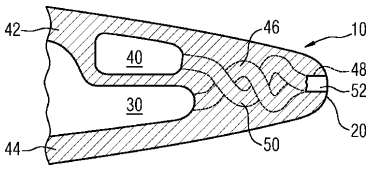
【図３】
FIG 3



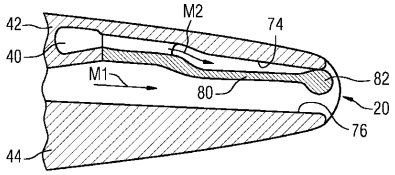
【図４】
FIG 4



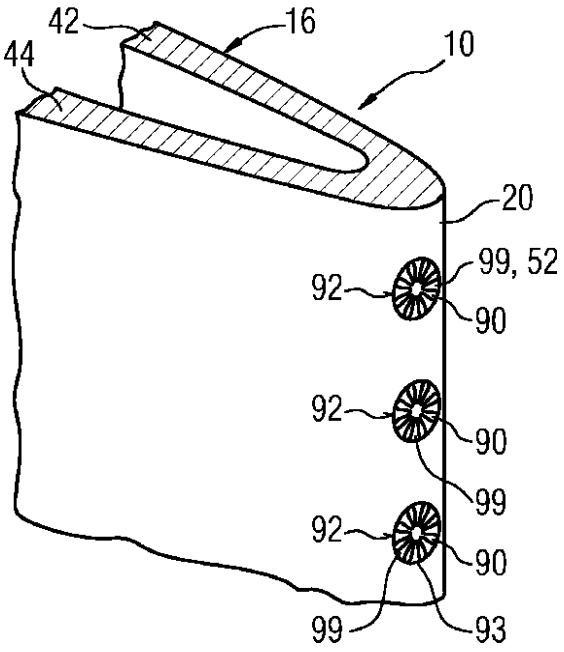
【図５】
FIG 5



【図６】
FIG 6

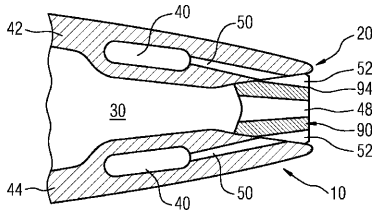


【図７】
FIG 7



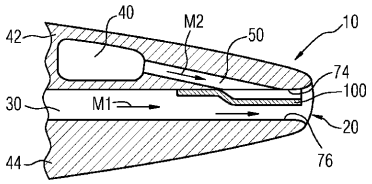
【図８】

FIG 8



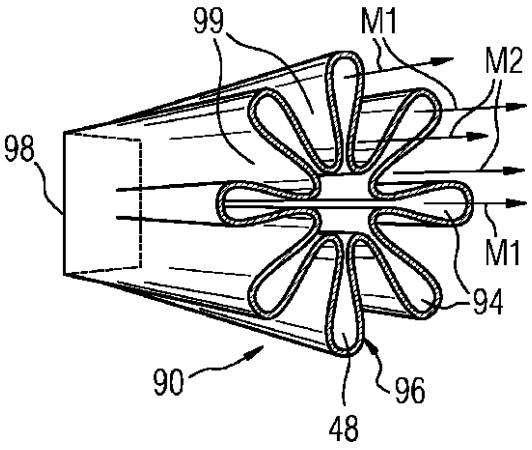
【図１０】

FIG 10



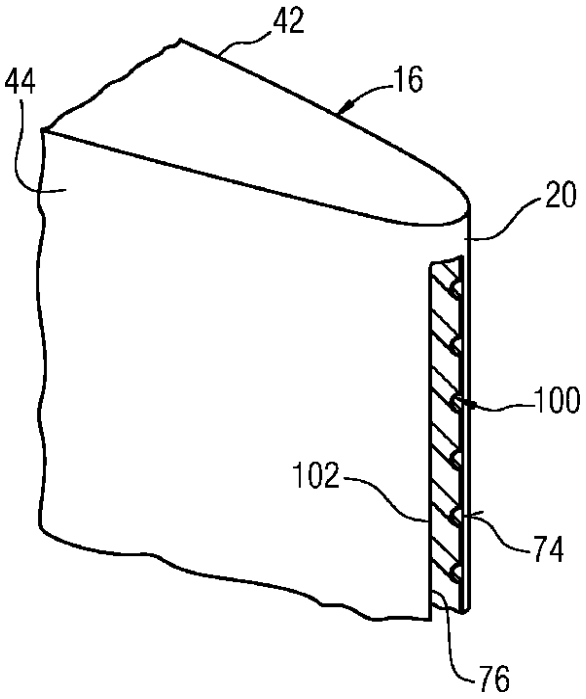
【図９】

FIG 9



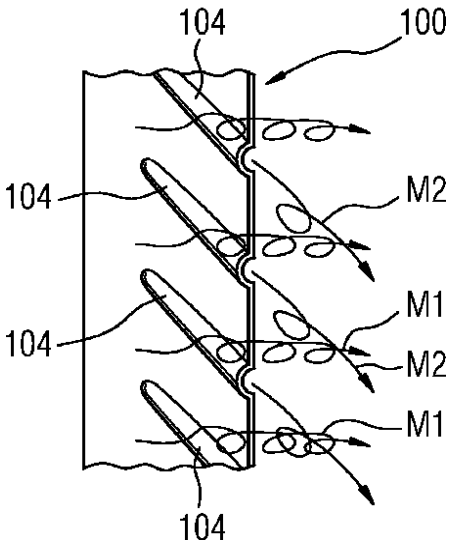
【図１１】

FIG 11

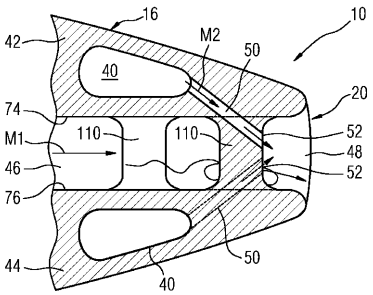


【図１２】

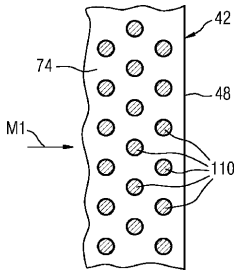
FIG 12



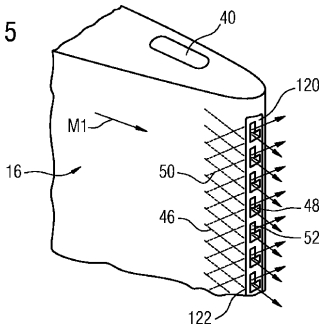
【図１３】
FIG 13



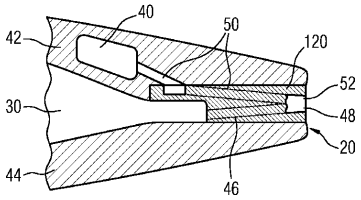
【図１４】
FIG 14



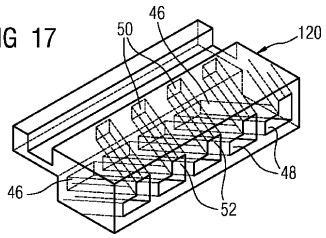
【図１５】
FIG 15



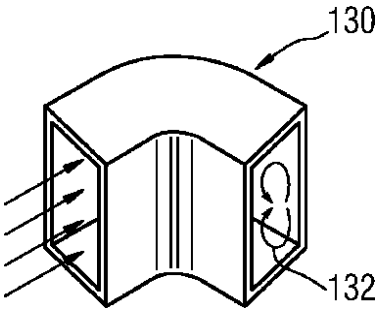
【図１６】
FIG 16



【図１７】
FIG 17



【図１８】
FIG 18



フロントページの続き

(72)発明者　ビーク、アレクサンダー　ラルフ
アメリカ合衆国　３２８２８　フロリダ　オーランド　スプリング　アイランド　ウェイ　５１６
(72)発明者　ホフマン、シュテファン
ドイツ連邦共和国　３５１１９　ローゼンタール　ゲンゼベルクヴェーク　３７

審査官　寺町　健司

(56)参考文献　米国特許出願公開第２００７／０１０１７２２（ＵＳ，Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
F02C　3/14-16
F02C　7/18
F01D　9/02
F01D　5/18
F01D　25/12