

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6613803号
(P6613803)

(45) 発行日 令和1年12月4日(2019.12.4)

(24) 登録日 令和1年11月15日(2019.11.15)

(51) Int. Cl.		F I			
FO1D	5/18	(2006.01)	FO1D	5/18	
FO1D	9/02	(2006.01)	FO1D	9/02	1 O 2
FO2C	7/18	(2006.01)	FO2C	7/18	A
FO2C	7/00	(2006.01)	FO2C	7/00	D
FO1D	25/00	(2006.01)	FO1D	25/00	X

請求項の数 14 (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2015-207873 (P2015-207873)
 (22) 出願日 平成27年10月22日(2015.10.22)
 (65) 公開番号 特開2017-78391 (P2017-78391A)
 (43) 公開日 平成29年4月27日(2017.4.27)
 審査請求日 平成30年7月3日(2018.7.3)

(73) 特許権者 514030104
 三菱日立パワーシステムズ株式会社
 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号
 (74) 代理人 100149548
 弁理士 松沼 泰史
 (74) 代理人 100162868
 弁理士 伊藤 英輔
 (74) 代理人 100161702
 弁理士 橋本 宏之
 (74) 代理人 100189348
 弁理士 古部 智
 (74) 代理人 100196689
 弁理士 鎌田 康一郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 翼、これを備えているガスタービン、及び翼の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

燃焼ガスが流れる燃焼ガス流路内に配置され、翼形を成す翼体と、
 前記翼体の翼高さ方向の端部に形成されている端板と、
 を有し、
 前記端板は、
 前記燃焼ガス流路の側を向くガスパス面と、
 前記ガスパス面と相反する側を向く反ガスパス面と、
 前記ガスパス面の縁に沿った端面と、
 前記ガスパス面と前記反ガスパス面との間に配置され、前記ガスパス面に沿った方向に
 延びる複数の通路と、
 前記翼体及び前記端板の表面のうちで前記端面の一部である部分端面のみで開口する巾
 木孔と、
 を有し、
 複数の前記通路は、前記部分端面に対する遠近方向に並び、
 前記巾木孔は、複数の前記通路のうち、前記部分端面に近い外側通路よりも、前記部分
 端面から遠い内側通路に、前記翼高さ方向の方向成分を含む方向に延びる空間のみで連通
 し、前記翼高さ方向から見て前記外側通路と一部が重なり、前記巾木孔の前記一部の前記
 翼高さ方向の位置と前記外側通路の前記翼高さ方向の位置とが異なる、
 翼。

10

20

【請求項 2】

請求項 1 に記載の翼において、
前記巾木孔は、前記外側通路よりも前記反ガスパス面の側を通る、
翼。

【請求項 3】

燃焼ガスが流れる燃焼ガス流路内に配置され、翼形を成す翼体と、
前記翼体の翼高さ方向の端部に形成されている端板と、
を有し、
前記端板は、
前記燃焼ガス流路の側を向くガスパス面と、 10
前記ガスパス面と相反する側を向く反ガスパス面と、
前記ガスパス面の縁に沿った端面と、
前記ガスパス面と前記反ガスパス面との間に配置され、前記ガスパス面に沿った方向に
延びる複数の通路と、
前記翼体及び前記端板の表面のうちで前記端面の一部である部分端面のみで開口する巾
木孔と、
を有し、
複数の前記通路は、前記部分端面に対する遠近方向に並び、
前記巾木孔は、複数の前記通路のうち、前記部分端面に近い外側通路よりも、前記部分
端面から遠い内側通路に、前記翼高さ方向の方向成分を含む方向に延びる空間のみで連通 20
し、前記外側通路よりも前記反ガスパス面の側を通る、
翼。

【請求項 4】

請求項 2 又は 3 に記載の翼において、
前記巾木孔は、前記内側通路から前記反ガスパス面の側に延びる第一延在部と、前記第
一延在部における前記反ガスパス面の側の端部から前記部分端面へ延びる第二延在部と、
を有し、
前記空間は、前記第一延在部である、
翼。

【請求項 5】

請求項 2 又は 3 に記載の翼において、
前記巾木孔は、前記内側通路から前記部分端面に近づくに連れて次第に前記反ガスパス
面の側に近づく傾斜孔部を有し、
前記空間は、前記傾斜孔部である、
翼。

【請求項 6】

請求項 2 から 5 のいずれか一項に記載の翼において、
前記内側通路は、前記外側通路よりも、前記反ガスパス面の側に膨らんでいる膨張部を
有し、
前記巾木孔は、前記内側通路の前記膨張部に連通し、 40
前記空間は、前記膨張部である、
翼。

【請求項 7】

請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の翼において、
前記部分端面における前記巾木孔の開口を塞ぐプラグを有する、
翼。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の翼において、
前記プラグは、前記巾木孔内の冷却空気を外部に噴出する貫通孔を有する、
翼。

【請求項 9】

請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の翼において、
 複数の前記通路のそれぞれは、前記部分端面に沿った方向に延び、前記部分端面に沿った方向の端で、前記遠近方向で隣接する通路と連通することで、複数の前記通路は、互いに連通し、一のサーペントイン通路を成す、
 翼。

【請求項 10】

請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の複数の翼と、
 複数の前記翼が取り付けられているロータ軸と、
 複数の前記翼、及び前記ロータ軸を覆う車室と、
 前記車室内で、複数の前記翼が配置されている領域に燃焼ガスを送る燃焼器と、
 を備えるガスタービン。

10

【請求項 11】

燃焼ガスが流れる燃焼ガス流路内に配置され、翼形を成す翼体と、前記翼体の翼高さ方向の端部から前記翼高さ方向に対して垂直な成分を有する方向に広がる端板と、を有し、
 前記端板は、前記燃焼ガス流路の側を向くガスパス面と、前記ガスパス面と相反する側を向く反ガスパス面と、前記ガスパス面の縁に沿った端面と、冷却空気が流入する空気空間と、を有する、

翼の製造方法において、

前記翼の外形状に合った内部空間が形成されている鋳型を形成する鋳型形成工程と、
 前記端板内の前記空気空間の形状にあった外形状の中子を形成する中子形成工程と、
 前記鋳型内に前記中子を配置して、前記鋳型内に熔融金属を流し込む鋳込み工程と、
 熔融金属が硬化した後に、前記中子を溶解させる中子溶解工程と、
 を実行し、

20

前記中子形成工程では、前記中子として、

前記端板における前記ガスパス面と前記反ガスパス面との間に配置され、前記ガスパス面に沿った方向に延び、前記端面の一部である部分端面に対する遠近方向に並ぶ複数の通路のそれぞれを形成する通路中子と、

複数の前記通路のうち、前記部分端面に近い外側通路よりも、前記部分端面から遠い内側通路に、前記翼高さ方向の方向成分を含む方向に延びる空間のみで連通し、前記部分端面のみで開口する巾木孔を形成する巾木中子と、

30

を形成し、

前記巾木孔は、前記翼高さ方向から見て前記外側通路と一部が重なり、前記巾木孔の前記一部の前記翼高さ方向の位置と前記外側通路の前記翼高さ方向の位置とが異なる、

翼の製造方法。

【請求項 12】

請求項 11 に記載の翼の製造方法において、

前記巾木孔は、前記外側通路よりも前記反ガスパス面の側を通る、

翼の製造方法。

【請求項 13】

燃焼ガスが流れる燃焼ガス流路内に配置され、翼形を成す翼体と、前記翼体の翼高さ方向の端部から前記翼高さ方向に対して垂直な成分を有する方向に広がる端板と、を有し、
 前記端板は、前記燃焼ガス流路の側を向くガスパス面と、前記ガスパス面と相反する側を向く反ガスパス面と、前記ガスパス面の縁に沿った端面と、冷却空気が流入する空気空間と、を有する、

40

翼の製造方法において、

前記翼の外形状に合った内部空間が形成されている鋳型を形成する鋳型形成工程と、
 前記端板内の前記空気空間の形状にあった外形状の中子を形成する中子形成工程と、
 前記鋳型内に前記中子を配置して、前記鋳型内に熔融金属を流し込む鋳込み工程と、
 熔融金属が硬化した後に、前記中子を溶解させる中子溶解工程と、

50

を実行し、

前記中子形成工程では、前記中子として、

前記端板における前記ガスパス面と前記反ガスパス面との間に配置され、前記ガスパス面に沿った方向に延び、前記端面の一部である部分端面に対する遠近方向に並ぶ複数の通路のそれぞれを形成する通路中子と、

複数の前記通路のうち、前記部分端面に近い外側通路よりも、前記部分端面から遠い内側通路に、前記翼高さ方向の方向成分を含む方向に延びる空間のみで連通し、前記部分端面のみで開口する巾木孔を形成する巾木中子と、

を形成し、

前記巾木孔は、前記外側通路よりも前記反ガスパス面の側を通る、

翼の製造方法。

10

【請求項 1 4】

請求項 1 1 から 1 3 のいずれか一項に記載の翼の製造方法において、

前記中子溶解工程後に、前記部分端面における前記巾木孔の開口をプラグで塞ぐ封止工程を実行する、

翼の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、翼、これを備えているガスタービン、及び翼の製造方法に関する。

20

【背景技術】

【0002】

ガスタービンは、軸線を中心として回転するロータと、このロータを覆う車室と、を備える。ロータは、ロータ軸と、このロータ軸に取り付けられている複数の動翼とを有する。また、車室の内周側には複数の静翼が取り付けられている。動翼は、翼形を成す翼体と、翼体の翼高さ方向の端部から翼高さ方向に対してほぼ垂直な方向に広がるプラットフォームと、プラットフォームから翼体と反対側に延びる軸取付部と、を有する。

【0003】

ガスタービンの動翼や静翼は、高温の燃焼ガスに晒される。このため、動翼や静翼は、一般的に、空気等で冷却される。

30

【0004】

例えば、以下の特許文献 1 に記載の動翼には、冷却空気が通る各種冷却通路が形成されている。具体的に、翼体、プラットフォーム及び軸取付部には、内部を翼高さ方向に延びて、冷却空気が流れる翼通路が形成されている。プラットフォームには、翼高さ方向を向いて燃焼ガスに接するガスパス面と、ガスパス面と背合わせの関係にある反ガスパス面と、ガスパス面の縁に沿った端面と、が形成されている。さらに、このプラットフォームには、冷却空気を流すプラットフォーム通路が形成されている。このプラットフォーム通路は、サーペントイン通路である。サーペントイン通路は、特定の方向に延び且つ特定方向に対して垂直な方向に並ぶ複数の通路を有する。このサーペントイン通路は、複数の通路の端相互がつながって、全体として蛇行した通路を成す。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特許第 3 0 7 3 4 0 4 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記特許文献 1 に記載のような動翼は、一般的には、以下の手順で製造される。

(1) 動翼の外形状に合った内部空間が形成されている鋳型を形成する。

(2) プラットフォーム通路の形状にあった外形状の通路中子、及び、鋳型内での通路中

50

子を支える巾木中子を形成する。

(3) 鋳型内に通路中子及び巾木中子を配置して、鋳型内に熔融金属を流し込む。

(4) 熔融金属が硬化した後に、通路中子及び巾木中子を溶解させる。

【0007】

以上の手順で製造された動翼の端板であるプラットフォームには、冷却空気が流れるプラットフォーム通路の他に、製造過程で鋳型内に配置した巾木中子が存在していた部分に巾木孔が形成されていることになる。

【0008】

端板であるプラットフォームの巾木孔は、製造上の必要性から形成されるものである。しかしながら、動翼は、この巾木孔が形成されることにより、動翼に高い応力が発生する。

10

【0009】

そこで、本発明は、端板に複数の通路が形成されているものの、高い応力の発生を抑えることができる翼、これを備えているガスタービン、及び翼の製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

前記目的を達成するための発明に係る一態様としての翼は、

燃焼ガスが流れる燃焼ガス流路内に配置され、翼形を成す翼体と、前記翼体の翼高さ方向の端部に形成されている端板と、を有し、前記端板は、前記燃焼ガス流路の側を向くガスパス面と、前記ガスパス面と相反する側を向く反ガスパス面と、前記ガスパス面の縁に沿った端面と、前記ガスパス面と前記反ガスパス面との間に配置され、前記ガスパス面に沿った方向に延びる複数の通路と、前記翼体及び前記端板の表面のうちで前記端面の一部である部分端面のみで開口する巾木孔と、を有し、複数の前記通路は、前記部分端面に対する遠近方向に並び、前記巾木孔は、複数の前記通路のうち、前記部分端面に近い外側通路よりも、前記部分端面から遠い内側通路に、前記翼高さ方向の方向成分を含む方向に延びる空間のみで連通し、前記翼高さ方向から見て前記外側通路と一部が重なり、前記巾木孔の前記一部の前記翼高さ方向の位置と前記外側通路の前記翼高さ方向の位置とが異なる。

20

【0011】

当該翼では、巾木孔が端板の部分端面で開口している。このため、当該翼では、この巾木孔の開口が形成されている部分端面近傍に応力が発生する。しかしながら、端板の外周側部分は、実質的に自由端であるため、端板の部分端面を含む側端部に発生する応力は極めて小さい。よって、当該翼では、巾木孔の開口近傍の損傷を抑えることができる。

30

【0012】

また、当該翼では、内側通路を流れる冷却空気を、巾木孔を介して、端板の部分端面から噴出させることができる。すなわち、当該翼では、巾木孔を冷却空気が通る空気通路として利用することができる。端板の部分端面から噴出した冷却空気は、この部分端面を冷却する。

【0014】

また、前記翼において、前記巾木孔は、前記外側通路よりも前記反ガスパス面の側を通過してもよい。

40

また、前記目的を達成するための発明に係る他の一態様としての翼は、

燃焼ガスが流れる燃焼ガス流路内に配置され、翼形を成す翼体と、前記翼体の翼高さ方向の端部に形成されている端板と、を有し、前記端板は、前記燃焼ガス流路の側を向くガスパス面と、前記ガスパス面と相反する側を向く反ガスパス面と、前記ガスパス面の縁に沿った端面と、前記ガスパス面と前記反ガスパス面との間に配置され、前記ガスパス面に沿った方向に延びる複数の通路と、前記翼体及び前記端板の表面のうちで前記端面の一部である部分端面のみで開口する巾木孔と、を有し、複数の前記通路は、前記部分端面に対する遠近方向に並び、前記巾木孔は、複数の前記通路のうち、前記部分端面に近い外側通

50

路よりも、前記部分端面から遠い内側通路に、前記翼高さ方向の方向成分を含む方向に延びる空間のみで連通し、前記外側通路よりも前記反ガスパス面の側を通る。

【0015】

当該翼では、複数の通路が巾木孔よりもガスパス面の側を通る。よって、当該翼では、複数の通路内を通る冷却空気により、端板のガスパス面を効果的に冷却することができる。

【0016】

また、前記巾木孔が前記外側通路よりも前記反ガスパス面の側を通る前記翼において、前記巾木孔は、前記内側通路から前記反ガスパス面の側に延びる第一延在部と、前記第一延在部における前記反ガスパス面の側の端部から前記部分端面へ延びる第二延在部と、を有してもよい。この場合、前記空間は、前記第一延在部である。

10

【0017】

また、前記巾木孔が前記外側通路よりも前記反ガスパス面の側を通る前記翼において、前記巾木孔は、前記内側通路から前記部分端面に近づくに連れて次第に前記反ガスパス面の側に近づく傾斜孔部を有してもよい。この場合、前記空間は、前記傾斜孔部である。

【0018】

翼の内側通路は、内部にボアスコープが入れられて検査される場合がある。当該翼では、巾木孔から容易に内側通路内にボアスコープを入れることができる。このため、当該翼では、内側通路の検査を容易に行うことができる。

【0019】

20

また、前記巾木孔が前記外側通路よりも前記反ガスパス面の側を通る、以上のいずれかの前記翼において、前記内側通路は、前記外側通路よりも、前記反ガスパス面の側に膨らんでいる膨張部を有し、前記巾木孔は、前記内側通路の前記膨張部に連通していてもよい。この場合、前記空間は、前記膨張部である。

【0020】

当該翼でも、巾木孔から容易に内側通路内にボアスコープを入れることができる。このため、当該翼でも、内側通路の検査を容易に行うことができる。

【0021】

また、以上のいずれかの前記翼において、前記部分端面における前記巾木孔の開口を塞ぐプラグを有してもよい。

30

【0022】

巾木孔からの冷却空気により、部分端面の冷却が不要な場合には、プラグで、部分端面における巾木孔の開口を塞いでもよい。動翼では、ガスタービンロータが回転すると、このプラグに対して径方向外側に向かう遠心力が作用する。当該動翼では、この遠心力により、プラグが径方向外側の移動しようとしても、このプラグが巾木孔の内面で受けられるので、巾木孔から外れ難い。よって、当該動翼では、端板の損傷を抑えることができる。

【0023】

前記プラグを有する前記翼において、前記プラグは、前記巾木孔内の冷却空気を外部に噴出する貫通孔を有してもよい。

【0024】

40

当該翼では、貫通孔の内径を適宜調節することで、部分端面から噴出する冷却空気の流量を適宜調節することができる。よって、当該翼では、冷却空気の使用量を抑えつつ、部分端面を適正に冷却することができる。

【0025】

以上のいずれかの前記翼において、複数の前記通路のそれぞれは、前記部分端面に沿った方向に延び、前記部分端面に沿った方向の端で、前記遠近方向で隣接する通路と連通することで、複数の前記通路は、互いに連通し、一のサーペンタイン通路を成してもよい。

【0026】

前記目的を達成するための発明に係る一態様としてのガスタービンは、

以上のいずれかの複数の翼と、複数の前記翼が取り付けられているロータ軸と、複数の

50

前記翼、及び前記ロータ軸を覆う車室と、前記車室内で、複数の前記翼が配置されている領域に燃焼ガスを送る燃焼器と、を備える。

【0027】

前記目的を達成するための発明に係る一態様としての翼の製造方法は、

燃焼ガスが流れる燃焼ガス流路内に配置され、翼形を成す翼体と、前記翼体の翼高さ方向の端部から前記翼高さ方向に対して垂直な成分を有する方向に広がる端板と、を有し、前記端板は、前記燃焼ガス流路の側を向くガスパス面と、前記ガスパス面と相反する側を向く反ガスパス面と、前記ガスパス面の縁に沿った端面と、冷却空気が流入する空気空間と、を有する翼の製造方法において、前記翼の外形状に合った内部空間が形成されている鑄型を形成する鑄型形成工程と、前記端板内の前記空気空間の形状にあった外形状の中子を形成する中子形成工程と、前記鑄型内に前記中子を配置して、前記鑄型内に熔融金属を流し込む鑄込み工程と、熔融金属が硬化した後に、前記中子を溶解させる中子溶解工程と、を実行し、前記中子形成工程では、前記中子として、前記端板における前記ガスパス面と前記反ガスパス面との間に配置され、前記ガスパス面に沿った方向に延び、前記端面の一部である部分端面に対する遠近方向に並ぶ複数の通路のそれぞれを形成する通路中子と、複数の前記通路のうち、前記部分端面に近い外側通路よりも、前記部分端面から遠い内側通路に、前記翼高さ方向の方向成分を含む方向に延びる空間のみで連通し、前記部分端面のみで開口する巾木孔を形成する巾木中子と、を形成し、前記巾木孔は、前記翼高さ方向から見て前記外側通路と一部が重なり、前記巾木孔の前記一部の前記翼高さ方向の位置と前記外側通路の前記翼高さ方向の位置とが異なる。

ここで、翼の製造方法において、前記巾木孔は、前記外側通路よりも前記反ガスパス面の側を通ってもよい。

また、前記目的を達成するための発明に係る他の態様としての翼の製造方法は、

燃焼ガスが流れる燃焼ガス流路内に配置され、翼形を成す翼体と、前記翼体の翼高さ方向の端部から前記翼高さ方向に対して垂直な成分を有する方向に広がる端板と、を有し、前記端板は、前記燃焼ガス流路の側を向くガスパス面と、前記ガスパス面と相反する側を向く反ガスパス面と、前記ガスパス面の縁に沿った端面と、冷却空気が流入する空気空間と、を有する翼の製造方法において、前記翼の外形状に合った内部空間が形成されている鑄型を形成する鑄型形成工程と、前記端板内の前記空気空間の形状にあった外形状の中子を形成する中子形成工程と、前記鑄型内に前記中子を配置して、前記鑄型内に熔融金属を流し込む鑄込み工程と、熔融金属が硬化した後に、前記中子を溶解させる中子溶解工程と、を実行し、前記中子形成工程では、前記中子として、前記端板における前記ガスパス面と前記反ガスパス面との間に配置され、前記ガスパス面に沿った方向に延び、前記端面の一部である部分端面に対する遠近方向に並ぶ複数の通路のそれぞれを形成する通路中子と、複数の前記通路のうち、前記部分端面に近い外側通路よりも、前記部分端面から遠い内側通路に、前記翼高さ方向の方向成分を含む方向に延びる空間のみで連通し、前記部分端面のみで開口する巾木孔を形成する巾木中子と、を形成し、前記巾木孔は、前記外側通路よりも前記反ガスパス面の側を通る。

【0028】

ここで、前記翼の製造方法において、前記中子溶解工程後に、前記部分端面における前記巾木孔の開口をプラグで塞ぐ封止工程を実行してもよい。

【発明の効果】

【0029】

本発明の一態様によれば、高い応力の発生を抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】本発明に係る第一実施形態におけるガスタービンの模式的な断面図である。

【図2】本発明に係る第一実施形態における動翼の斜視図である。

【図3】本発明に係る第一実施形態における動翼のキャンパーラインに沿った面での断面を示す断面図である。

10

20

30

40

50

【図４】図３におけるⅠⅤ-ⅠⅤ線断面図である。

【図５】図４におけるⅤ-Ⅴ線断面図である。

【図６】本発明に係る第一実施形態における動翼の製造手順を示すフローチャートである。

【図７】本発明に係る第一実施形態における動翼の製造過程で形成される鋳型及び中子の要部断面図である。を示す要部断面図である。

【図８】比較例における動翼の翼厚さ方向に広がる面での断面を示す要部断面図である。

【図９】本発明に係る第一変形例における動翼の翼厚さ方向に広がる面での断面を示す要部断面図である。

【図１０】本発明に係る第二変形例における動翼の翼厚さ方向に広がる面での断面を示す要部断面図である。

10

【図１１】本発明に係る第三変形例における動翼の翼厚さ方向に広がる面での断面を示す要部断面図である。

【図１２】本発明に係る第四変形例における動翼の翼厚さ方向に対して垂直での断面図である。

【図１３】本発明に係る第二実施形態における動翼の側面図である。

【図１４】本発明に係る第二実施形態における動翼の断面図である。

【図１５】本発明に係る第二実施形態におけるチップシュラウドの平面図である。

【図１６】本発明に係る第二実施形態におけるチップシュラウドの断面図である。

【発明を実施するための形態】

20

【００３１】

以下、本発明の各実施形態及び各種変形例について、図面を参照して詳細に説明する。

【００３２】

「第一実施形態」

図１に示すように、本発明に係る第一実施形態としてのガスタービン１０は、空気Ａを圧縮する圧縮機２０と、圧縮機２０で圧縮された空気Ａ中で燃料Ｆを燃焼させて燃焼ガスＧを生成する燃焼器３０と、燃焼ガスＧにより駆動するタービン４０と、を備えている。

【００３３】

圧縮機２０は、軸線Ａ_rを中心として回転する圧縮機ロータ２１と、圧縮機ロータ２１を覆う圧縮機車室２５と、複数の静翼列２６と、を有する。タービン４０は、軸線Ａ_rを中心として回転するタービンロータ４１と、タービンロータ４１を覆うタービン車室４５と、複数の静翼列４６と、を有する。

30

【００３４】

圧縮機ロータ２１とタービンロータ４１とは、同一軸線Ａ_r上に位置し、互いに接続されてガスタービンロータ１１を成す。このガスタービンロータ１１には、例えば、発電機ＧＥＮのロータが接続されている。ガスタービン１０は、さらに、圧縮機車室２５とタービン車室４５との間に配置されている中間車室１４を備えている。燃焼器３０は、この中間車室１４に取り付けられている。圧縮機車室２５と中間車室１４とタービン車室４５とは、互いに接続されてガスタービン車室１５を成す。なお、以下では、軸線Ａ_rが延びる方向を軸方向Ｄ_a、この軸線Ａ_rを中心とした周方向を単に周方向Ｄ_cとし、軸線Ａ_rに対して垂直な方向を径方向Ｄ_rとする。また、軸方向Ｄ_aでタービン４０を基準にして圧縮機２０側を上流側Ｄ_a、その反対側を下流側Ｄ_aとする。また、径方向Ｄ_rで軸線Ａ_rに近づく側を径方向内側Ｄ_r、その反対側を径方向外側Ｄ_rとする。

40

【００３５】

タービンロータ４１は、軸線Ａ_rを中心として軸方向Ｄ_aに延びるロータ軸４２と、このロータ軸４２に取り付けられている複数の動翼列４３と、を有する。複数の動翼列４３は、軸方向Ｄ_aに並んでいる。各動翼列４３は、いずれも、周方向Ｄ_cに並んでいる複数の動翼５０で構成されている。複数の動翼列４３の各上流側Ｄ_aには、静翼列４６が配置されている。各静翼列４６は、タービン車室４５の内側に設けられている。各静翼列４６は、いずれも、周方向Ｄ_cに並んでいる複数の静翼４６_aで構成されている。

50

【 0 0 3 6 】

ロータ軸 4 2 の外周側とタービン車室 4 5 の内周側との間であって、軸方向 D a で静翼 4 6 a 及び動翼 5 0 が配置されている環状の空間は、燃焼器 3 0 からの燃焼ガス G が流れる燃焼ガス流路 4 9 を成す。この燃焼ガス流路 4 9 は、軸線 A r を中心として環状を成し、軸方向 D a に長い。

【 0 0 3 7 】

動翼 5 0 は、図 2 に示すように、翼形を成す翼体 5 1 と、翼体 5 1 の翼高さ方向 D w h の端部に設けられているプラットフォーム 6 0 と、プラットフォーム 6 0 から翼体 5 1 と反対側に延びる軸取付部 9 0 と、を有する。この動翼 5 0 がロータ軸 4 2 に取り付けられた状態では、翼高さ方向 D w h が実質的に径方向 D r と同じ方向になる。よって、この状態では、プラットフォーム 6 0 を基準にして、径方向外側 D r o に翼体 5 1 が存在し、径方向内側 D r i に軸取付部 9 0 が存在する。

10

【 0 0 3 8 】

翼体 5 1 は、燃焼ガス流路 4 9 内に配置される。この翼体 5 1 には、凸状の面である背側面（負圧面）5 4 と、凹状の面である腹側面（正圧面）5 5 とが形成されている。背側面 5 4 と腹側面 5 5 とは、翼体 5 1 の前縁 5 2 と後縁 5 3 とでつながっている。動翼 5 0 がロータ軸 4 2 に取り付けられた状態では、前縁 5 2 は、後縁 5 3 に対して、軸方向 D a の上流側 D a u に位置する。また、この状態では、背側面 5 4 及び腹側面 5 5 は、いずれも周方向 D c の成分を有する方向を向いている。

【 0 0 3 9 】

プラットフォーム 6 0 は、翼体 5 1 における翼高さ方向 D w h の端部から翼高さ方向 D w h に対して垂直な成分を有する方向に広がる板状の部材である。すなわち、プラットフォーム 6 0 は、翼体 5 1 の端板である。このプラットフォーム 6 0 には、燃焼ガス流路 4 9 側を向くガスパス面 6 1 と、ガスパス面 6 1 と背合わせの関係にある反ガスパス面 6 2 と、ガスパス面 6 1 の縁に沿った端面 6 3 , 6 4 と、が形成されている。端面 6 3 , 6 4 としては、図 4 に示すように、翼高さ方向 D w h 及び翼弦方向 D w c に垂直な成分を有する幅方向 D w p で互いに相反する側を向く一対の側端面 6 3 と、翼弦方向 D w c で互いに相反する側を向く一対の前後端面 6 4 と、がある。なお、翼弦方向 D w c とは、翼弦 L c o と平行な方向である。動翼 5 0 がロータ軸 4 2 に取り付けられた状態では、軸方向 D a の成分を含む方向が翼弦方向 D w c になり、周方向 D c の成分を含む方向が幅方向 D w p になる。また、以下では、翼弦方向 D w c で、翼体 5 1 の後縁 5 3 に対して前縁 5 2 が存在する側を前側 D w f とし、前側 D w f と反対側を後側 D w b とする。さらに、以下では、この幅方向 D w p で、翼体 5 1 の腹側面 5 5 に対して背側面 5 4 が存在する側を背側 D p n とし、この背側 D p n と反対側を単に腹側 D p p とする。また、図 2 に示すように、翼高さ方向 D w h で、反ガスパス面 6 2 に対してガスパス面 6 1 が存在する側をガスパス側 D w h p、反対側を反ガスパス側 D w h a とする。

20

【 0 0 4 0 】

プラットフォーム 6 0 のガスパス面 6 1 は、翼高さ方向 D w h に対して垂直な成分を有する方向に広がる面である。一対の側端面 6 3 は、いずれも、幅方向 D w p に対して垂直な成分を有する方向に広がり、ガスパス面 6 1 につながっている。また、一対の前後端面 6 4 は、いずれも、翼弦方向 D w c に対して垂直な成分を有する方向に広がり、ガスパス面 6 1 につながっている。一対の側端面 6 3 のうち、一方の側端面 6 3 は背側端面 6 3 n を成し、他方の側端面 6 3 は腹側端面 6 3 p を成す。背側端面 6 3 n は、腹側端面 6 3 p に対して背側 D p n に存在する。また、一対の前後端面 6 4 のうち、一方の前後端面 6 4 は前端面 6 4 f を成し、他方の前後端面 6 4 は後端面 6 4 b を成す。前端面 6 4 f は、後端面 6 4 b に対して前側 D c f に存在する。背側端面 6 3 n と腹側端面 6 3 p とは平行である。また、前端面 6 4 f と後端面 6 4 b とは平行である。このため、プラットフォーム 6 0 を翼高さ方向 D w h から見ると、図 4 に示すように、平行四辺形を成している。動翼 5 0 がロータ軸 4 2 に取り付けられた状態では、前端面 6 4 f 及び後端面 6 4 b は、軸方向 D a に垂直な面になる。また、この状態では、前端面 6 4 f は、後端面 6 4 b に対して

40

50

、軸方向 $D a$ の上流側 $D a u$ に位置する。

【 0 0 4 1 】

軸取付部 9 0 は、図 2 に示すように、プラットフォーム 6 0 から、翼高さ方向 $D w h$ で翼体 5 1 と反対側、つまり反ガスパス側 $D w h a$ に延びるシャンク 9 1 と、シャンク 9 1 から反ガスパス側 $D w h a$ に延びる翼根 9 2 と、を有する。翼根 9 2 は、翼弦 $L c o$ に対して垂直な断面形状がクリスマスツリー形状を成している。この翼根 9 2 は、ロータ軸 4 2 (図 1 参照) の翼根溝 (不図示) に嵌り込む。

【 0 0 4 2 】

動翼 5 0 には、図 2 ~ 図 4 に示すように、翼高さ方向 $D w h$ に延びる複数の翼通路 7 1 が形成されている。各翼通路 7 1 は、いずれも、翼体 5 1、プラットフォーム 6 0、軸取付部 9 0 にかけて連なって形成されている。複数の翼通路 7 1 は、翼体 5 1 のキャンパーライン $L c a$ (図 4 参照) に沿って並んでいる。隣接する翼通路 7 1 は、翼高さ方向 $D w h$ の端の部分で互いに連通している。また、複数の翼通路 7 1 のうち、少なくとも一の翼通路 7 1 は、翼根 9 2 の翼高さ方向 $D w h$ の端で開口している。この翼通路 7 1 には、ロータ軸 4 2 に形成されている冷却空気通路からの冷却空気 $A c$ がこの開口から流入する。

【 0 0 4 3 】

本実施形態の動翼 5 0 は、例えば、三つの翼通路 7 1 が形成されている。これらの三つの翼通路 7 1 のうち、最も前側 $D w f$ の翼通路 7 1 を第一翼通路 7 1 a、この第一翼通路 7 1 a の後側 $D w b$ に隣接する翼通路 7 1 を第二翼通路 7 1 b、この第二翼通路 7 1 b の後側 $D w b$ に隣接する翼通路 7 1 を第三翼通路 7 1 c とする。第三翼通路 7 1 c は、翼根 9 2 の翼高さ方向 $D w h$ における反ガスパス側 $D h a$ の端で開口している。第三翼通路 7 1 c と第二翼通路 7 1 b とは、翼高さ方向 $D w h$ におけるガスパス側 $D w h p$ の部分で連通している。また、第二翼通路 7 1 b と第一翼通路 7 1 a とは、翼高さ方向 $D w h$ における反ガスパス側 $D w h a$ の部分で連通している。翼通路 7 1 には、翼体 5 1 の外面で開口する複数の翼面噴出通路 7 2 が形成されている。例えば、第三翼通路 7 1 c には、この第三翼通路 7 1 c から後側 $D w b$ に延びて、翼体 5 1 の外面で開口する複数の翼面噴出通路 7 2 が形成されている。また、第一翼通路 7 1 a には、この第一翼通路 7 1 a からの前側 $D w f$ に延びて、翼体 5 1 の外面で開口する複数の翼面噴出通路 7 2 が形成されている。

【 0 0 4 4 】

翼体 5 1 は、翼通路 7 1 内を冷却空気 $A c$ が流れる過程で対流冷却される。また、翼通路 7 1 に流入した冷却空気 $A c$ は、翼面噴出通路 7 2 に流入し、この翼面噴出通路 7 2 から燃焼ガス流路 4 9 内に流出する。このため、翼体 5 1 の前縁 5 2 及び後縁 5 3 等は、冷却空気 $A c$ が翼面噴出通路 7 2 を流れる過程で冷却される。さらに、翼面噴出通路 7 2 から燃焼ガス流路 4 9 に流出した冷却空気 $A c$ の一部は、翼体 5 1 の表面を部分的に覆ってフィルム空気としての役目も果たす。

【 0 0 4 5 】

プラットフォーム 6 0 には、このプラットフォーム 6 0 内をガスパス面 6 1 に沿った方向に延びるプラットフォーム通路 8 1 が形成されている。プラットフォーム通路 8 1 としては、図 4 に示すように、翼体 5 1 を基準にして背側 $D p n$ に形成されている背側プラットフォーム通路 8 1 n と、翼体 5 1 を基準にして腹側 $D p p$ に形成されている腹側プラットフォーム通路 8 1 p と、がある。

【 0 0 4 6 】

背側プラットフォーム通路 8 1 n は、流入通路 8 2 n と、側端通路 8 3 n と、サーペントライン第一通路 8 4 n と、サーペントライン第二通路 8 5 n と、を有する。

【 0 0 4 7 】

流入通路 8 2 n は、第一翼通路 7 1 a の内面のうちで背側 $D p n$ の内面から、背側 $D p n$ に背側端面 6 3 n の近傍位置まで延びる。側端通路 8 3 n は、流入通路 8 2 n の背側 $D p n$ の端から背側端面 6 3 n に沿って後側 $D w b$ に延びる。サーペントライン第一通路 8 4 n は、側端通路 8 3 n の後側 $D w b$ の端から腹側 $D p p$ に延びる。サーペントライン第二通路 8 5 n は、サーペントライン第一通路 8 4 n の腹側 $D p p$ の端から背側 $D p n$ に延びてい

10

20

30

40

50

る。このサーペンタイン第二通路 8 5 n は、プラットフォームの 6 0 の背側端面 6 3 n で開口している。サーペンタイン第一通路 8 4 n 及びサーペンタイン第二通路 8 5 n は、いずれも、後端面 6 4 b に沿った方向に延びている。サーペンタイン第一通路 8 4 n とサーペンタイン第二通路 8 5 n とは、後端面 6 4 b に対する遠近方向に並んでいる。なお、本願において、二つの通路が端面に対する遠近方向に並んでいるとは、二つの通路における端面からの距離が互いに異なり、且つ端面に対する遠近方向から見て二つの通路の一部が重なっていることである。サーペンタイン第二通路 8 5 n は、後端面 6 4 b に対して、サーペンタイン第一通路 8 4 n よりも近い側に位置し、外側通路を成す。また、サーペンタイン第一通路 8 4 n は、後端面 6 4 b に対して、サーペンタイン第二通路 8 5 n よりも遠い側に位置し、内側通路を成す。サーペンタイン第一通路 8 4 n とサーペンタイン第二通路 8 5 n とは、それぞれの腹側 D p p の端で互いに連通している。よって、サーペンタイン第一通路 8 4 n とサーペンタイン第二通路 8 5 n とで、後端面 6 4 b に沿った方向に蛇行した一のサーペンタイン通路を成す。なお、端板であるプラットフォームの後端面 6 4 b は、サーペンタイン第一通路 8 4 n 及びサーペンタイン第二通路 8 5 n に対する部分端面を成す。

10

【 0 0 4 8 】

腹側プラットフォーム通路 8 1 p は、流入通路 8 2 p と、サーペンタイン第一通路 8 3 p と、サーペンタイン第二通路 8 4 p と、サーペンタイン第三通路 8 5 p と、を有する。

【 0 0 4 9 】

流入通路 8 2 p は、第一翼通路 7 1 a の内面のうちで腹側 D p p の内面から、腹側 D p p に延びている。サーペンタイン第一通路 8 3 p は、流入通路 8 2 p の腹側 D p p の端から後側 D w b に延びている。サーペンタイン第二通路 8 4 p は、サーペンタイン第一通路 8 3 p の後側 D w b の端から前側 D w f に延びている。サーペンタイン第三通路 8 5 p は、サーペンタイン第二通路 8 4 p の前側 D w f の端から後側 D w b に延びている。このサーペンタイン第三通路 8 5 p は、プラットフォームの後端面 6 4 b で開口している。サーペンタイン第一通路 8 3 p、サーペンタイン第二通路 8 4 p、及びサーペンタイン第三通路 8 5 p は、いずれも、腹側端面 6 3 p に沿った方向に延びている。サーペンタイン第一通路 8 3 p とサーペンタイン第二通路 8 4 p とサーペンタイン第三通路 8 5 p とは、腹側端面 6 3 p に対する遠近方向に並んでいる。サーペンタイン第三通路 8 5 p は、腹側端面 6 3 p に対して、サーペンタイン第一通路 8 3 p 及び第二サーペンタイン通路よりも近い側に位置し、外側通路を成す。また、サーペンタイン第二通路 8 4 p は、腹側端面 6 3 p に対して、サーペンタイン第三通路 8 5 p よりも遠い側に位置し、内側通路を成す。サーペンタイン第一通路 8 3 p は、腹側端面 6 3 p に対して、サーペンタイン第二通路 8 4 p よりも遠い側に位置し、内側通路を成す。サーペンタイン第一通路 8 3 p とサーペンタイン第二通路 8 4 p とは、それぞれの後側 D w b の端で互いに連通している。また、サーペンタイン第二通路 8 4 p とサーペンタイン第三通路 8 5 p とは、それぞれの前側 D w f の端で互いに連通している。よって、サーペンタイン第一通路 8 3 p とサーペンタイン第二通路 8 4 p とサーペンタイン第三通路 8 5 p とで、腹側端面 6 3 p に沿った方向に蛇行した一のサーペンタイン通路を成す。なお、端板であるプラットフォーム 6 0 の腹側端面 6 3 p は、サーペンタイン第一通路 8 3 p、サーペンタイン第二通路 8 4 p 及びサーペンタイン第三通路 8 5 p に対する部分端面を成す。

20

30

40

【 0 0 5 0 】

プラットフォーム 6 0 には、さらに、側端巾木孔 7 5 n と、背側第一巾木孔 7 6 n と、背側第二巾木孔 7 7 n と、腹側第一巾木孔 7 5 p と、腹側第二巾木孔 7 6 p と、腹側第三巾木孔 7 7 p とが形成されている。

【 0 0 5 1 】

側端巾木孔 7 5 n は、プラットフォーム通路 8 1 における側端通路 8 3 n に連通している。この側端巾木孔 7 5 n は、側端通路 8 3 n から反ガスパス側 D w h a に延び、プラットフォーム 6 0 の反ガスパス面 6 2 で開口している。背側第一巾木孔 7 6 n は、背側プラットフォーム通路 8 1 n におけるサーペンタイン第一通路 8 4 n に連通している。この背

50

側第一巾木孔 76n は、このサーペンタイン第一通路 84n から後側 Dwb に延び、プラットフォーム 60 の後端面 64b で開口している。背側第二巾木孔 77n は、背側プラットフォーム 81n におけるサーペンタイン第二通路 85n に連通している。この背側第二巾木孔 77n は、このサーペンタイン第二通路 85n から後側 Dwb に延び、プラットフォーム 60 の後端面 64b で開口している。腹側第一巾木孔 75p は、腹側プラットフォーム 81p におけるサーペンタイン第一通路 83p に連通している。この腹側第一巾木孔 75p は、このサーペンタイン第一通路 83p から腹側 Dpp に延び、プラットフォーム 60 の腹側端面 63p で開口している。腹側第二巾木孔 76p は、腹側プラットフォーム 81p におけるサーペンタイン第二通路 84p に連通している。この腹側第二巾木孔 76p は、このサーペンタイン第二通路 84p から腹側 Dpp に延び、プラットフォーム 60 の腹側端面 63p で開口している。腹側第三巾木孔 77p は腹側プラットフォーム 81p におけるサーペンタイン第三通路 85p に連通している。この腹側第三巾木孔 77p は、このサーペンタイン第三通路 85p から反ガスパス側 Dwha に延び、プラットフォーム 60 の反ガスパス面 62 で開口している。プラットフォーム 60 における各巾木孔の開口は、プラグ 78 により塞がれている。

10

【0052】

なお、ここでの側端巾木孔 75n は、プラットフォーム 60 の反ガスパス面 62 で開口している。しかしながら、側端巾木孔 75n は、側端通路 83n から背側 Dpn に延び、プラットフォーム 60 の背側端面 63n で開口していてもよい。また、ここでの腹側第三巾木孔 77p も、プラットフォーム 60 の反ガスパス面 62 で開口している。しかしながら、腹側第三巾木孔 77p は、腹側プラットフォーム 81p におけるサーペンタイン第三通路 85p から腹側 Dpp に延び、プラットフォーム 60 の腹側端面 63p で開口していてもよい。

20

【0053】

図 5 に示すように、腹側第一巾木孔 75p は、腹側プラットフォーム 81p におけるサーペンタイン第一通路 83p から反ガスパス側 Dwha に延びる第一延在部 75pa と、第一延在部 75pa における反ガスパス側 Dwha の端部から腹側 Dpp に延びて、腹側端面 63p で開口する第二延在部 75pb と、を有する。この第二延在部 75pb は、腹側プラットフォーム 81p におけるサーペンタイン第二通路 84p 及びサーペンタイン第三通路 85p に対して反ガスパス側 Dwha を通っている。よって、翼高さ方向 Dwh から見た場合、図 4 に示すように、腹側第一巾木孔 75p の第二延在部 75pb は、腹側プラットフォーム 81p におけるサーペンタイン第二通路 84p 及びサーペンタイン第三通路 85p と一部が重なっている。言い換えると、翼高さ方向 Dwh から見た場合、腹側第一巾木孔 75p の第二延在部 75pb は、腹側プラットフォーム 81p におけるサーペンタイン第二通路 84p 及びサーペンタイン第三通路 85p と交差しているように見える。第二延在部 75pb における背側端面 63n の開口は、前述したようにプラグ 78 で塞がれている。このプラグ 78 は、プラットフォーム 60 に溶接等で接合されている。このプラグ 78 には、腹側第一巾木孔 75p から冷却空気を外部に噴出する貫通孔 79 が形成されている。

30

【0054】

腹側第二巾木孔 76p も、腹側第一巾木孔 75p と同様、図示されていないが、腹側プラットフォーム 81p におけるサーペンタイン第二通路 84p から反ガスパス側 Dwha に延びる第一延在部と、第一延在部における反ガスパス側 Dwha の端部から腹側 Dpp に延びて、腹側端面 63p で開口する第二延在部と、を有する。この第二延在部も、腹側第一巾木孔 75p の第二延在部 75pb と同様、腹側プラットフォーム 81p におけるサーペンタイン第三通路 85p に対して反ガスパス側 Dwha を通っている。よって、翼高さ方向 Dwh から見た場合、図 4 に示すように、腹側第二巾木孔 76p の第二延在部 75pb は、腹側プラットフォーム 81p におけるサーペンタイン第三通路 85p と交差しているように見える。

40

【0055】

50

背側第一巾木孔 76n は、図示されていないが、背側プラットフォーム通路 81n におけるサーペントイン第一通路 84n から反ガスパス側 Dwha に延びる第一延在部と、第一延在部における反ガスパス側 Dwha の端部から後側 Dwb に延びて、後端面 64b で開口する第二延在部と、を有する。この第二延在部は、背側プラットフォーム通路 81n におけるサーペントイン第二通路 85n に対して反ガスパス側 Dwha を通っている。よって、翼高さ方向 Dwh から見た場合、図 4 に示すように、背側第一巾木孔 76n の第二延在部は、背側プラットフォーム通路 81n におけるサーペントイン第二通路 85n と交差しているように見える。

【0056】

次に、以上で説明した動翼 50 の製造方法について、図 6 に示すフローチャートに従って説明する。

【0057】

まず、鑄造により動翼 50 の中間品を形成する (S1: 中間品形成工程)。この中間品形成工程 (S1) では、鑄型形成工程 (S2)、中子形成工程 (S3)、鑄込み工程 (S4)、及び中子溶解工程 (S5) を実行する。

【0058】

鑄型形成工程 (S2) では、動翼 50 の外形状にあった内部空間が形成されている鑄型を形成する。この鑄型形成工程 (S2) では、例えば、ロストワックス法で鑄型を形成する。ロストワックス法では、まず、動翼 50 の外形状を再現したワックス模型を形成する。次に、耐火粉末等を含むスラリー中にワックス模型を入れてから、このスラリーを乾燥させる。そして、乾燥後のスラリーからワックス模型を取り除いて、これを鑄型とする。

【0059】

中子形成工程 (S3) では、翼通路 71 の形状にあった外形状の翼通路中子、プラットフォーム通路 81 の形状にあった外形状のプラットフォーム通路中子、各巾木孔の形状にあった外形状の巾木中子を形成する。プラットフォーム通路中子として、腹側プラットフォーム通路 81p に形状にあった外形状の腹側プラットフォーム通路中子と、背側プラットフォーム通路 81n に形状にあった外形状の背側プラットフォーム通路中子とがある。巾木中子として、側端巾木孔 75n の形状にあった外形状の側端巾木中子、背側第一巾木孔 76n の形状にあった背側第一巾木中子、及び背側第二巾木孔 77n の形状にあった外形状の背側第二巾木中子がある。これらの巾木中子は、いずれも、背側プラットフォーム通路中子と一体形成される。さらに、巾木中子として、腹側第一巾木孔 75p の形状にあった外形状の腹側第一巾木中子、腹側第二巾木孔 76p の形状にあった外形状の腹側第二巾木中子、及び腹側第三巾木孔 77p の形状にあった外形状の腹側第三巾木中子がある。これらの巾木中子は、いずれも、腹側プラットフォーム通路中子と一体形成される。各中子は、いずれも、アルミナ等のセラミックスで形成される。この中子形成工程 (S3) は、鑄型形成工程 (S2) と並行して実行してもよいし、鑄型形成工程 (S2) に対して前後して実行してもよい。

【0060】

鑄込み工程 (S4) では、図 7 に示すように、鑄型 95 内に、翼通路中子 96、プラットフォーム通路中子 97、巾木中子 98 を配置して、鑄型 95 内に熔融金属を流し込む。熔融金属は、例えば、耐熱性の高いニッケル基合金等の熔融物である。鑄型 95 には、その内面から外面側に凹み、巾木中子 98 の端部が挿入される中子保持穴 95a が形成されている。巾木中子 98 の端部は、この中子保持穴 95a に挿入される。このため、巾木中子 98 は、鑄型 95 に保持される。プラットフォーム通路中子 97 は、前述したように、巾木中子 98 と一体である。このため、プラットフォーム通路中子 97 は、巾木中子 98 を介して、鑄型 95 に保持される。すなわち、巾木中子 98 は、鑄型 95 内でのプラットフォーム通路中子 97 の位置を定め、この位置を保持するための役目を担っている。

【0061】

鑄型 95 内に流し込んだ熔融金属が硬化すると、中子溶解工程 (S5) を実行する。この中子溶解工程 (S5) では、アルカリ水溶液でセラミックス製の各中子を溶解する。こ

10

20

30

40

50

の際、各巾木中子で形成される巾木孔は、アルカリ水溶液をプラットフォーム通路中子で形成されているプラットフォーム通路に導く一方で、このアルカリ水溶液を外部に排出する役目を担う。

【 0 0 6 2 】

以上で、中間品形成工程 (S 1) が終了し、動翼 5 0 の中間品が出来上がる。

【 0 0 6 3 】

次に、プラットフォーム 6 0 の端面における各中子孔の開口をプラグ 7 8 で塞ぐ (S 6 : 封止工程)。この封止工程 (S 6) では、プラットフォーム 6 0 中でプラグ 7 8 を取り付けの部分に機械加工等で下穴を形成し、この下穴にプラグ 7 8 を差し込む。そして、このプラグ 7 8 をプラットフォーム 6 0 に溶接等で接合する。なお、下穴の内径は、通常、中子孔の内径よりも大きく形成される。

10

【 0 0 6 4 】

なお、中間品に形成されている翼通路 7 1 とプラットフォーム通路 8 1 とが連通していない場合には、この封止工程 (S 6) と前後して、電解加工又は放電加工等で、翼通路 7 1 とプラットフォーム通路 8 1 と連通させる連通孔を形成する。

【 0 0 6 5 】

次に、封止工程 (S 6) を経た中間品に対して仕上げ処理を施して、動翼 5 0 を完成させる (S 7 : 仕上工程)。仕上工程 (S 7) では、例えば、中間品の外面を研磨する。また、必要に応じて、中間品の外面に耐熱コーティングを施す。

【 0 0 6 6 】

次に、本実施形態の動翼 5 0 の効果について説明する。まず、比較例の動翼 5 0 z について説明する。

20

【 0 0 6 7 】

比較例の動翼 5 0 z も、図 8 に示すように、翼体 5 1 とプラットフォーム 6 0 と軸取付部 9 0 とを有する。翼体 5 1、プラットフォーム 6 0 及び軸取付部 9 0 には、内部を翼高さ方向 Dwh に延びて、冷却空気 Ac が流れる翼通路 7 1 が形成されている。プラットフォーム 6 0 には、翼高さ方向 Dwh を向いて燃焼ガスに接するガスパス面 6 1 と、ガスパス面 6 1 と背合わせの関係にある反ガスパス面 6 2 と、が形成されている。さらに、このプラットフォーム 6 0 には、ガスパス面 6 1 に沿った方向に延びるプラットフォーム通路 8 1 z と、巾木孔 7 5 z と、が形成されている。比較例におけるプラットフォーム通路 8 1 z は、図 4 及び図 5 に示す本実施形態の腹側プラットフォーム通路 8 1 p と同じ構成である。すなわち、比較例のプラットフォーム通路 8 1 z は、腹側端面 6 3 p に沿った方向に延びるサーペンタイン第一通路 8 3 p とサーペンタイン第二通路 8 4 p とサーペンタイン第三通路 8 5 p とを有している。サーペンタイン第一通路 8 3 p とサーペンタイン第二通路 8 4 p とサーペンタイン第三通路 8 5 p とで、腹側端面 6 3 p に沿った方向に蛇行した一のサーペンタイン通路を成す。

30

【 0 0 6 8 】

内側通路であるサーペンタイン第一通路 8 3 p には、図 5 に示す本実施形態のサーペンタイン第一通路 8 3 p と同様、巾木孔 7 5 z が連通している。但し、この巾木孔 7 5 z は、サーペンタイン第一通路 8 3 p から反ガスパス側 $Dwha$ に直線的に延び、プラットフォーム 6 0 と軸取付部 9 0 との境目付近で開口している。

40

【 0 0 6 9 】

動翼 5 0 における翼体 5 1 の先端は、自由端であり、この翼体 5 1 には、遠心力の他、燃焼ガスからの力が作用する。一方、動翼 5 0 の軸取付部 9 0 は、ロータ軸 4 2 (図 1 参照) に固定される。このため、軸取付部 9 0 とプラットフォーム 6 0 との境目付近には、高い応力が発生する。そこで、多くの動翼 5 0 では、軸取付部 9 0 とプラットフォーム 6 0 との境目付近に発生する応力を緩和するため、軸取付部 9 0 のシャンク 9 1 は、プラットフォーム 6 0 に近づくに連れて次第に幅方向 Dwp の厚さが厚くなっている。よって、シャンク 9 1 の腹側 Dpp の表面は、プラットフォーム 6 0 の反ガスパス面 6 2 に近づくに連れて、次第にプラットフォーム 6 0 の腹側 Dpp に向かうよう滑らかな曲面を成して

50

いる。しかしながら、軸取付部 90 とプラットフォーム 60 との境目付近には、例えば、プラットフォーム 60 の腹側 D p p の端等に比べて、高い応力が発生する。このため、このような部分に、巾木孔 75 z の開口が形成されていると、この部分に応力が発生する。しかも、開口の近傍は、応力集中し易い。さらに、曲面中に巾木孔 75 z の開口が形成されていると、この曲面と巾木孔 75 z の内周面とがなす角の角度が鋭角になる部分が生じ、この部分にはより高い応力が発生する。

【 0070 】

したがって、比較例の動翼 50 z では、巾木孔 75 z の開口近傍が損傷し易い。

【 0071 】

一方、本実施形態では、図 5 に示すように、内側通路であるサーペンタイン第一通路 83 p に連通している腹側第一巾木孔 75 p が、プラットフォーム 60 の腹側端面 63 p で開口している。このため、本実施形態でも、この腹側第一巾木孔 75 p の開口が形成されている部分に応力が発生する。しかしながら、プラットフォーム 60 の外周側部分は、実質的に自由端であるため、プラットフォーム 60 の腹側端面 63 p を含む側端に発生する、遠心力やガスフォースに起因する応力が極めて小さい。また、この腹側端面 63 p と腹側第一巾木孔 75 p の内面とがなす角の角度は、ほぼ 90° で鋭角にならず、腹側第一巾木孔 75 p の開口周りに高い応力が発生しない。よって、本実施形態では、腹側第一巾木孔 75 p の開口近傍の損傷を抑えることができる。

【 0072 】

さらに、本実施形態では、サーペンタイン第一通路 83 p を流れる冷却空気が、腹側第一巾木孔 75 p、プラグ 78 の貫通孔 79 を介して、プラットフォーム 60 の腹側端面 63 p から噴出する。すなわち、本実施形態では、腹側第一巾木孔 75 p を冷却空気 A c が通る空気通路として利用する。プラットフォーム 60 の腹側端面 63 p から噴出した冷却空気 A c は、この腹側端面 63 p を冷却すると共に、この静翼の腹側 D p p に隣接する他の静翼の背側端面 63 n を冷却する。よって、本実施形態では、比較例よりも、プラットフォーム 60 の腹側端面 63 p を冷却することができる。また、本実施形態では、プラグ 78 の貫通孔 79 の内径を適宜調節することで、腹側端面 63 p から噴出する冷却空気 A c の流量を適宜調節することができる。よって、本実施形態では、冷却空気 A c の使用量を抑えつつ、腹側端面 63 p を適正に冷却することができる。

【 0073 】

また、本実施形態の腹側第二巾木孔 76 p も、以上で説明した腹側第一巾木孔 75 p と同様、プラットフォーム 60 の腹側端面 63 p で開口している。このため、腹側第二巾木孔 76 p の開口近傍の損傷を抑えることができると共に、プラットフォーム 60 の腹側端面 63 p を冷却することができる。さらに、本実施形態の背側第一巾木孔 76 n は、プラットフォーム 60 の後端面 64 b で開口している。このため、背側第一巾木孔 76 n の開口近傍の損傷を抑えることができると共に、プラットフォーム 60 の後端面 64 b を冷却することができる。

【 0074 】

以上のように、本実施形態では、巾木孔の形成に伴う動翼 50 の損傷を抑えることができる。さらに、本実施形態では、プラットフォーム 60 の端面の一部を冷却することができる。

【 0075 】

なお、本実施形態では、背側プラットフォーム通路 81 n はサーペンタイン通路を有している。しかしながら、背側プラットフォーム通路 81 n は、サーペンタイン通路を有さなくてもよい。また、本実施形態では、背側プラットフォーム通路 81 n の後側 D w b の部分がサーペンタイン通路を成している。しかしながら、背側プラットフォーム通路 81 n の前側 D w f の部分も、又は前側 D w f の部分のみサーペンタイン通路を成すようにしてもよい。さらに、背側プラットフォーム通路 81 n のサーペンタイン通路は、プラットフォーム 60 の背側端面 63 n や前端面 64 f に沿った方向に蛇行していてもよい。この場合、このサーペンタイン通路の一部である内側通路に連通する巾木孔は、背側端面 63

10

20

30

40

50

n又は前端面64fで開口する。また、本実施形態の腹側プラットフォーム通路81pにおけるサーペンタイン通路は、腹側端面63pに沿った方向に蛇行している。しかしながら、腹側プラットフォーム通路81pにおけるサーペンタイン通路は、プラットフォーム60の前端面64f又は後端面64bに沿った方向に蛇行していてもよい。この場合、このサーペンタイン通路の一部である内側通路に連通する巾木孔は、前端面64f又は後端面64bで開口する。

【0076】

「動翼の第一変形例」

上記実施形態における動翼の第一変形例について、図9を参照して説明する。

【0077】

本変形例の動翼50aでは、プラットフォーム60の部分端面63pにおける巾木孔75pの開口をプラグ78で塞がない。よって、本変形例では、プラットフォーム60の部分端面63pをより冷却することができる。

【0078】

なお、プラットフォーム60の部分端面63pを、この部分端面63pから噴出する冷却空気Acで冷却する必要が無い場合、貫通孔79が形成されていないプラグで、この部分端面63pにおける巾木孔75pの開口を塞いでもよい。

【0079】

「動翼の第二変形例」

上記実施形態における動翼の第二変形例について、図10を参照して説明する。

【0080】

上記実施形態の巾木孔75pは、図5に示すように、サーペンタイン通路における内側通路83pから反ガスパス側Dwhaに伸びる第一延在部75paと、第一延在部75paにおける反ガスパス側Dwhaの端部からプラットフォーム60の部分端面63p側に伸び、この部分端面63pで開口する第二延在部75pbと、を有する。

【0081】

本変形例の動翼50bにおける巾木孔75pcは、サーペンタイン通路における内側通路83pから、部分端面63pに近づくに連れて次第に反ガスパス面62の側に近づく側に直線的に伸びる傾斜孔部75pdを有する。傾斜孔部75pdは、この部分端面63pで開口する。

【0082】

動翼に形成する空気通路は、内部にボアスコープが入れられて検査される場合がある。本変形例では、巾木孔75pcから容易に内側通路83p内にボアスコープを入れることができる。このため、本変形例では、内側通路83pの検査を容易に行うことができる。

【0083】

なお、本変形例においても、第一変形例と同様に、部分端面63pにおける巾木孔75pcの開口をプラグで塞がなくてもよい。また、本変形例においても、プラグ78には貫通孔79が形成されていなくてもよい。

【0084】

「動翼の第三変形例」

上記実施形態における動翼の第三変形例について、図11を参照して説明する。

【0085】

本変形例の動翼50cにおける巾木孔75peも、第二変形例の巾木孔75pcと同様に、サーペンタイン通路における内側通路83pからプラットフォーム60の部分端面63pに向かって直線的に伸びる孔である。但し、本変形例の巾木孔75peは、第二変形例の巾木孔75pcと異なり、サーペンタイン通路における内側通路83pから、ガスパス面61とほぼ平行にプラットフォーム60の部分端面63pに向かって直線的に伸びる孔である。

【0086】

本変形例では、巾木孔75peをガスパス面61とほぼ平行にするため、サーペンタイ

10

20

30

40

50

ン通路における内側通路 8 3 p は、反ガスパス側 D w h a に膨張した膨張部 8 3 p a を有する。巾木孔 7 5 p e は、この膨張部 8 3 p a における内面のうちの部分端面 6 3 p 側の内面から、ガスパス面 6 1 とほぼ平行にプラットフォーム 6 0 の部分端面 6 3 p に向かって直線的に延びる。

【 0 0 8 7 】

本変形例でも、第二変形例と同様に、巾木孔 7 5 p e から容易に内側通路 8 3 p 内にボアスコープを入れることができる。このため、本変形例でも、内側通路 8 3 p の検査を容易に行うことができる。

【 0 0 8 8 】

なお、本変形例においても、第一変形例と同様に、部分端面 6 3 p における巾木孔 7 5 p e の開口をプラグで塞がなくてもよい。また、本変形例においても、プラグ 7 8 には貫通孔 7 9 が形成されていなくてもよい。

【 0 0 8 9 】

また、上記実施形態及び上記第二変形例の内側通路 8 3 p についても、本変形例の膨張部 8 3 p a を有してもよい。上記実施形態の内側通路 8 3 p が膨張部 8 3 p a を有する場合、巾木孔 7 5 p の第一延在部 7 5 p a は、この膨張部 8 3 p a から反ガスパス側 D w h a に延びる。また、上記第二変形例の内側通路 8 3 p が膨張部 8 3 p a を有する場合、巾木孔 7 5 p c の傾斜孔部 7 5 p d は、この膨張部 8 3 p a から延びる。

【 0 0 9 0 】

「動翼の第四変形例」

上記実施形態における動翼の第四変形例について、図 1 2 を参照して説明する。

【 0 0 9 1 】

本変形例の動翼 5 0 d におけるプラットフォーム 6 0 には、腹側プラットフォーム通路として第一腹側プラットフォーム通路 8 1 p a と第二腹側プラットフォーム通路 8 1 p b とがある。第一腹側プラットフォーム通路 8 1 p a は、流入通路 8 2 p a と、側端通路 8 3 p a と、流出通路 8 4 p a と、を有する。第二腹側プラットフォーム通路 8 1 p b は、流入通路 8 2 p b と、側端通路 8 3 p b と、流出通路 8 4 p b と、を有する。

【 0 0 9 2 】

第一腹側プラットフォーム通路 8 1 p a の流入通路 8 2 p a は、第一翼通路 7 1 a の内面のうちで腹側 D p p の内面から、腹側 D p p に腹側端面 6 3 p の近傍位置まで延びる。第一腹側プラットフォーム通路 8 1 p a の側端通路 8 3 p a は、流入通路 8 2 p a の腹側 D p p の端から腹側端面 6 3 p に沿って後側 D w b に延びる。第一腹側プラットフォーム通路 8 1 p a の流出通路 8 4 p a は、側端通路 8 3 p a の後側 D w b の端から腹側 D p p に延び、第三翼通路 7 1 c に連通している。第二腹側プラットフォーム通路 8 1 p b の流入通路 8 2 p b は、第二翼通路 7 1 b の内面のうちで腹側 D p p の内面から、腹側 D p p に延びる。第二腹側プラットフォーム通路 8 1 p b の側端通路 8 3 p b は、流入通路 8 2 p b の腹側 D p p の端から腹側端面 6 3 p に沿って後側 D w b に延びる。第二腹側プラットフォーム通路 8 1 p b の流出通路 8 4 p b は、側端通路 8 3 p b の後側 D w b の端から腹側 D p p に延び、第三翼通路 7 1 c に連通している。第一腹側プラットフォーム通路 8 1 p a の側端通路 8 3 p a と第二腹側プラットフォーム通路 8 1 p b の側端通路 8 3 p b とは、以上で説明したように、いずれも、腹側端面 6 3 p に沿った方向に延びている。また、第一腹側プラットフォーム通路 8 1 p a の側端通路 8 3 p a と第二腹側プラットフォーム通路 8 1 p b の側端通路 8 3 p b とは、腹側端面 6 3 p に対する遠近方向に並んでいる。第一腹側プラットフォーム通路 8 1 p a の側端通路 8 3 p a は、腹側端面 6 3 p に対して、第二腹側プラットフォーム通路 8 1 p b の側端通路 8 3 p b よりも近い側に位置し、外側通路を成す。また、第二腹側プラットフォーム通路 8 1 p b の側端通路 8 3 p b は、腹側端面 6 3 p に対して、第一腹側プラットフォーム通路 8 1 p a の側端通路 8 3 p a よりも遠い側に位置し、内側通路を成す。なお、端板であるプラットフォーム 6 0 の腹側端面 6 3 p は、第一腹側プラットフォーム通路 8 1 p a の側端通路 8 3 p a 及び第二腹側プラットフォーム通路 8 1 p b の側端通路 8 3 p b に対する部分端面を成す。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 3 】

プラットフォーム 6 0 には、さらに、側端巾木孔 7 7 p と、腹側巾木孔 7 6 p とが形成されている。

【 0 0 9 4 】

側端巾木孔 7 7 p は、第一腹側プラットフォーム通路 8 1 p a の側端通路 8 3 p a に連通している。この側端巾木孔 7 7 p は、側端通路 8 3 p a から反ガスパス側 D w h a に延び、プラットフォーム 6 0 の反ガスパス面 6 2 で開口している。腹側巾木孔 7 6 p は、第二腹側プラットフォーム通路 8 1 p b の側端通路 8 3 p b に連通している。この腹側巾木孔 7 6 p は、第二腹側プラットフォーム通路 8 1 p b の側端通路 8 3 p b から腹側 D p p に延び、第一腹側プラットフォーム通路 8 1 p a の側端通路 8 3 p a に対して反ガスパス側 D w h a を通り、プラットフォーム 6 0 の腹側端面 6 3 p で開口している。よって、翼高さ方向 D w h から見た場合、この腹側巾木孔 7 6 p は、第一腹側プラットフォーム通路 8 1 p a の側端通路 8 3 p a と交差しているように見える。各巾木孔 7 6 p , 7 7 p の開口は、プラグ 7 8 で塞がれている。

10

【 0 0 9 5 】

以上のように、二つの通路が端面に対して遠近方向に並んでいれば、この二つの通路が一つのサーペンタイン通路を形成しなくても、二つの通路のうちの内側通路から端面にまで延びる巾木孔を形成してもよい。

【 0 0 9 6 】

なお、本変形例では、第一実施形態における腹側プラットフォーム通路 8 1 p を変更した例であるが、第一実施形態における背側プラットフォーム通路 8 1 n を以上と同様に変更してもよい。また、本変形例においても、第一変形例と同様に、巾木孔の開口をプラグ 7 8 で塞がなくてもよい。また、本変形例においても、巾木孔の形態として、第二変形例や第三変形例の形態を採用してもよい。

20

【 0 0 9 7 】

「動翼の第二実施形態」

動翼の第二実施形態について、図 1 3 ~ 図 1 6 を参照して説明する。

【 0 0 9 8 】

本実施形態の動翼 1 0 0 は、図 1 3 に示すように、翼形を成す翼体 1 5 1 と、翼体 1 5 1 の翼高さ方向 D w h の一方の端部に設けられているプラットフォーム 1 6 0 と、プラットフォーム 1 6 0 から翼体 1 5 1 と反対側に延びる軸取付部 1 9 0 と、を有する。さらに、この動翼 1 0 0 は、翼体 1 5 1 の翼高さ方向 D w h の一方の端部に設けられているチップシュラウド 1 1 0 を有する。この動翼 1 0 0 において、プラットフォーム 1 6 0 及びチップシュラウド 1 1 0 は、いずれも、翼体 1 5 1 の翼高さ方向 D w h の端に設けられている端板である。このような動翼 1 0 0 は、例えば、ターピンの複数の動翼列のうち、下流側の動翼列を構成する動翼として採用される。

30

【 0 0 9 9 】

本実施形態の動翼 1 0 0 には、図 1 4 に示すように、翼高さ方向 D w h に延びる複数の翼通路 1 7 1 が形成されている。各翼通路 1 7 1 は、チップシュラウド 1 1 0 、翼体 1 5 1 、プラットフォーム 1 6 0 、軸取付部 1 9 0 にかけて連なって形成されている。

40

【 0 1 0 0 】

プラットフォーム 1 6 0 には、図示されていないが、第一実施形態の動翼 5 0 と同様、プラットフォーム通路、及び巾木孔が形成されている。

【 0 1 0 1 】

チップシュラウド 1 1 0 は、翼高さ方向 D w h の端部から翼高さ方向 D w h に対して垂直な成分を有する方向に広がる板状のシュラウド本体 1 2 0 と、このシュラウド本体 1 2 0 に設けられている第一チップフィン 1 1 1 及び第二チップフィン 1 1 2 と、を有する。

【 0 1 0 2 】

シュラウド本体 1 2 0 には、燃焼ガス流路 4 9 側を向くガスパス面 1 2 1 と、ガスパス面 1 2 1 と背合わせの関係にある反ガスパス面 1 2 2 と、端面 1 2 3 , 1 2 4 と、が形成

50

されている。シュラウド本体 120 のガスパス面 121 は、翼高さ方向 Dwh に対して垂直な成分を有する方向に広がる面である。ここで、このシュラウド本体 120 においても、翼高さ方向 Dwh で、反ガスパス面 122 に対してガスパス面 121 が存在する側をガスパス側 $Dwhp$ 、反対側を反ガスパス側 $Dwha$ とする。但し、この動翼 100 がロータ軸に取り付けた状態では、プラットフォーム 160 におけるガスパス側 $Dwhp$ が径方向外側 Dro になり、反ガスパス側 $Dwha$ が径方向内側 Dri になるのに対して、シュラウド本体 120 におけるガスパス側 $Dwhp$ は径方向内側 Dri になり、反ガスパス側 $Dwha$ は径方向外側 Dro になる。

【0103】

第一チップフィン 111 及び第二チップフィン 112 は、いずれも、シュラウド本体 120 の反ガスパス面 122 から反ガスパス側 $Dwha$ に突出している。第一チップフィン 111 及び第二チップフィン 112 は、いずれも、この動翼 100 がロータ軸に取り付けた状態で、図 15 に示すように、周方向 Dc に延びている。第一チップフィン 111 は、第二チップフィン 112 に対して前側 Dwf に位置している。

【0104】

シュラウド本体 120 の端面 123, 124 としては、翼弦方向 Dwc で互いに相反する側を向く一対の前後端面 124 と、翼高さ方向 Dwh 及び翼弦方向 Dwc に垂直な成分を有する幅方向 Dwp で互いに相反する側を向く一対の側端面 123 と、を有する。一対の前後端面 124 は、いずれも、翼弦方向 Dwc に対して垂直な成分を有する方向に広がり、ガスパス面 121 につながっている。一対の前後端面 124 のうち、一方の前後端面 124 は前端面 124f を成し、他方の前後端面 124 は後端面 124b を成す。前端面 124f は、後端面 124b に対して前側 Dwf に存在する。一対の前後端面 124 は、この動翼 100 がロータ軸に取り付けられた状態で、周方向 Dc に延びている。

【0105】

一対の側端面 123 のうち、一方の側端面 123 は背側端面 123n を成し、他方の側端面 123 は腹側端面 123p を成す。背側端面 123n は、腹側端面 123p に対して背側 Dpn に存在する。背側端面 123n は、背側第一端面 123na、背側第二端面 123nb、背側第三端面 123nc を有する。また、腹側端面 123p は、腹側第一端面 123pa、腹側第二端面 123pb、腹側第三端面 123pc を有する。背側第一端面 123na と腹側第一端面 123pa とは、互いに平行である。背側第二端面 123nb と腹側第二端面 123pb とは、互いに平行である。背側第三端面 123nc と腹側第三端面 123pc とは、互いに平行である。背側第一端面 123na 及び腹側第一端面 123pa は、いずれも、実質的に翼弦方向 Dwc に延びている。背側第二端面 123nb は、背側第一端面 123na の後側 Dwb の端から実質的に背側 Dpn に延びている。腹側第二端面 123pb は、腹側第一端面 123pa の後側 Dwb の端から実質的に腹側 Dpn に延びている。背側第三端面 123nc は、背側第二端面 123nb の背側 Dpn の端から実質的に翼弦方向 Dwc に延びている。腹側第三端面 123pc は、腹側第二端面 123pb の背側 Dpn の端から実質的に翼弦方向 Dwc に延びている。なお、実質的に翼弦方向 Dwc に延びているとは、面が延びている方向成分として、翼弦方向 Dwc 成分、翼高方向 Dwh 成分、及び幅方向 Dwp 成分のうち、翼弦方向 Dwc 成分が最も多いことをいう。

【0106】

シュラウド本体 120 には、図 14 に示すように、四つの翼通路 171 が至っている。四つの翼通路 171 は、翼体 151 のキャンパーラインに沿って並んでいる。このシュラウド本体 120 には、図 16 に示すように、シュラウド通路 181 と、巾木孔 175 と、が形成されている。

【0107】

シュラウド通路 181 としては、第一背側シュラウド通路 182n と、第二背側シュラウド通路 183n と、第一腹側シュラウド通路 182p と、第二腹側シュラウド通路 186p と、がある。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 8 】

第一背側シュラウド通路 1 8 2 n は、四つの翼通路 1 7 1 のうちで前側 D w f から二番目の第二翼通路 1 7 1 b に連通している。この第一背側シュラウド通路 1 8 2 n は、第二翼通路 1 7 1 b から背側第一端面 1 2 3 n a に向かって直線的に延び、この背側第一端面 1 2 3 n a で開口している。

【 0 1 0 9 】

第二背側シュラウド通路 1 8 3 n は、サーペントイン第一通路 1 8 4 n と、サーペントイン第二通路 1 8 5 n と、を有する。

【 0 1 1 0 】

サーペントイン第一通路 1 8 4 n 及びサーペントイン第二通路 1 8 5 n は、いずれも、後端面 1 2 4 b に沿った方向に延びている。サーペントイン第一通路 1 8 4 n とサーペントイン第二通路 1 8 5 n とは、後端面 1 2 4 b に対する遠近方向に並んでいる。サーペントイン第二通路 1 8 5 n は、後端面 1 2 4 b に対して、サーペントイン第一通路 1 8 4 n よりも近い側に位置し、外側通路を成す。また、サーペントイン第一通路 1 8 4 n は、後端面 1 2 4 b に対して、サーペントイン第二通路 1 8 5 n よりも遠い側に位置し、内側通路を成す。サーペントイン第一通路 1 8 4 n とサーペントイン第二通路 1 8 5 n とは、それぞれの背側 D p n の端で互いに連通している。よって、サーペントイン第一通路 1 8 4 n とサーペントイン第二通路 1 8 5 n とで、後端面 1 2 4 b に沿った方向に蛇行した一のサーペントイン通路を成す。サーペントイン第二通路 1 8 5 n は、シュラウド本体 1 2 0 の後端面 1 2 4 b で開口している。なお、端板であるチップシュラウド 1 1 0 の後端面 1 2 4 b は、サーペントイン第一通路 1 8 4 n 及びサーペントイン第二通路 1 8 5 n に対する部分端面を成す。サーペントイン第一通路 1 8 4 n における腹側 D p p の端は、四つの翼通路 1 7 1 のうちで、最も後側 D w b の第四翼通路 1 7 1 d に連通している。

【 0 1 1 1 】

第一腹側シュラウド通路 1 8 2 p は、サーペントイン第一通路 1 8 3 p と、サーペントイン第二通路 1 8 4 p と、サーペントイン第三通路 1 8 5 p と、を有する。

【 0 1 1 2 】

サーペントイン第一通路 1 8 3 p、サーペントイン第二通路 1 8 4 p、サーペントイン第三通路 1 8 5 p は、いずれも、前端面 1 2 4 f に沿った方向に延びている。サーペントイン第一通路 1 8 3 p とサーペントイン第二通路 1 8 4 p とサーペントイン第三通路 1 8 5 p とは、前端面 1 2 4 f に対する遠近方向に並んでいる。サーペントイン第一通路 1 8 3 p は、前端面 1 2 4 f に対して、サーペントイン第二通路 1 8 4 p 及びサーペントイン第三通路 1 8 5 p よりも近い側に位置し、外側通路を成す。また、サーペントイン第二通路 1 8 4 p は、前端面 1 2 4 f に対して、サーペントイン第一通路 1 8 3 p よりも遠い側に位置し、内側通路を成す。サーペントイン第三通路 1 8 5 p は、前端面 1 2 4 f に対して、サーペントイン第二通路 1 8 4 p よりも遠い側に位置し、内側通路を成す。サーペントイン第一通路 1 8 3 p における背側 D p n の端は、四つの翼通路 1 7 1 のうちで、最も前側 D w f の第一翼通路 1 7 1 a に連通している。サーペントイン第一通路 1 8 3 p とサーペントイン第二通路 1 8 4 p とは、それぞれの腹側 D p p の端で互いに連通している。また、サーペントイン第二通路 1 8 4 p とサーペントイン第三通路 1 8 5 p とは、それぞれの背側 D p n の端で互いに連通している。よって、サーペントイン第一通路 1 8 3 p とサーペントイン第二通路 1 8 4 p とサーペントイン第三通路 1 8 5 p とで、前端面 1 2 4 f に沿った方向に蛇行した一のサーペントイン通路を成す。サーペントイン第三通路 1 8 5 p は、シュラウド本体 1 2 0 の腹側第一端面 1 2 3 p a で開口している。なお、端板であるチップシュラウド 1 1 0 の前端面 1 2 4 f は、サーペントイン第一通路 1 8 3 p、サーペントイン第二通路 1 8 4 p 及びサーペントイン第三通路 1 8 5 p に対する部分端面を成す。

【 0 1 1 3 】

第二腹側シュラウド通路 1 8 6 p は、四つの翼通路 1 7 1 のうち、前側 D w f から三番目の第三翼通路 1 7 1 c に連通している。この第二腹側シュラウド通路 1 8 6 p は、第三

10

20

30

40

50

翼通路 171c から腹側第二端面 123pb に向かって直線的に延び、この腹側第二端面 123pb で開口している。

【0114】

巾木孔 175 としては、背側第一巾木孔 176n と、背側第二巾木孔 177n と、腹側第一巾木孔 176p と、腹側第二巾木孔 177p と、腹側第三巾木孔 178p と、がある。

【0115】

背側第一巾木孔 176n は、第二背側シュラウド通路 183n におけるサーペンタイン第一通路 184n に連通している。この背側第一巾木孔 176n は、サーペンタイン第一通路 184n から後側 Dw b に延び、シュラウド本体 120 の後端面 124b で開口している。この背側第一巾木孔 176n は、第二背側シュラウド通路 183n におけるサーペンタイン第二通路 185n よりも反ガスパス側 Dw ha を通っている。よって、翼高さ方向 Dw h から見た場合、この背側第一巾木孔 176n は、第二背側シュラウド通路 183n におけるサーペンタイン第二通路 185n と交差しているように見える。

10

【0116】

背側第二巾木孔 177n は、第二背側シュラウド通路 183n におけるサーペンタイン第二通路 185n に連通している。この背側第二巾木孔 177n は、このサーペンタイン第二通路 185n から後側 Dw b に延び、シュラウド本体 120 の後端面 124b で開口している。

20

【0117】

腹側第一巾木孔 176p は、第一腹側シュラウド通路 182p におけるサーペンタイン第一通路 183p に連通している。この腹側第一巾木孔 176p は、サーペンタイン第一通路 183p から前側 Dw f に延び、シュラウド本体 120 の前端面 124f で開口している。

【0118】

腹側第二巾木孔 177p は、第一腹側シュラウド通路 182p におけるサーペンタイン第二通路 184p に連通している。この腹側第二巾木孔 177p は、このサーペンタイン第二通路 184p から前側 Dw f に延び、シュラウド本体 120 の前端面 124f で開口している。この腹側第二巾木孔 177p は、第一腹側シュラウド通路 182p におけるサーペンタイン第一通路 183p よりも反ガスパス側 Dw ha を通っている。よって、翼高さ方向 Dw h から見た場合、この腹側第二巾木孔 177p は、第一腹側シュラウド通路 182p におけるサーペンタイン第一通路 183p と交差しているように見える。

30

【0119】

腹側第三巾木孔 178p は、第一腹側シュラウド通路 182p におけるサーペンタイン第三通路 185p に連通している。この腹側第三巾木孔 178p は、このサーペンタイン第三通路 185p から前側 Dw f に延び、シュラウド本体 120 の前端面 124f で開口している。この腹側第三巾木孔 178p は、第一腹側シュラウド通路 182p におけるサーペンタイン第一通路 183p 及びサーペンタイン第二通路 184p よりも反ガスパス側 Dw ha を通っている。よって、翼高さ方向 Dw h から見た場合、この腹側第三巾木孔 178p は、第一腹側シュラウド通路 182p におけるサーペンタイン第一通路 183p 及びサーペンタイン第二通路 184p と交差しているように見える。

40

【0120】

各巾木孔 175 の開口は、貫通孔（不図示）が形成されているプラグ 178 により塞がれている。

【0121】

ここで、シュラウド本体 120 に形成されている巾木孔 175 が、仮に、シュラウド本体 120 の反ガスパス面 122 で開口しており、この開口がプラグで塞がれているとする。シュラウド本体 120 の反ガスパス面 122 は、この動翼 100 がロータ軸に取り付けられた状態では、径方向外側を向いている。ガスタービンロータが回転すると、プラグには径方向外側に向かう遠心力が作用する。このため、反ガスパス面 122 における開口を

50

塞いでいるプラグは、遠心力により、径方向外側に外れ易い。

【0122】

一方、本実施形態では、シュラウド本体120に形成されている巾木孔175が、シュラウド本体120の部分端面124で開口している。このため、ガスタービンロータが回転して、プラグ178に対して径方向外側に向かう遠心力が作用して、プラグ178が径方向外側の移動しようとしても、このプラグ178が巾木孔175の内面で受けられるので、巾木孔175から外れ難い。よって、本実施形態では、チップシュラウド110の損傷を抑えることができる。

【0123】

また、本実施形態でも、シュラウド本体120の部分端面124から噴出した冷却空気により、この部分端面124を冷却することができる。

10

【0124】

なお、本実施形態におけるシュラウド本体120の巾木孔175の開口は、上記第一変形例におけるプラットフォーム60の巾木孔の開口と同様、プラグで塞がなくてもよい。

【0125】

また、本実施形態におけるシュラウド本体120の巾木孔175は、上記第一実施形態におけるプラットフォーム60の巾木孔と同様、サーペンタイン通路における内側通路から反ガスパス側Dwhaに延びる第一延在部と、第一延在部における反ガスパス側Dwhaの端部から部分端面124側に延びて、部分端面124で開口する第二延在部と、を有してもよい。また、本実施形態におけるシュラウド本体120の巾木孔175は、第二変形例におけるプラットフォーム60の巾木孔と同様、サーペンタイン通路における内側通路から、部分端面124に近づくに連れて次第に反ガスパス面122の側に近づく側に直線的に延びる傾斜孔部を有してもよい。また、本実施形態でも、上記第三変形例と同様、サーペンタイン通路における内側通路が反ガスパス側Dwhaに膨張した膨張部を有し、巾木孔は、この膨張部における内面のうちの部分端面124側の内面から、ガスパス面121とほぼ平行にシュラウド本体120の部分端面124に向かって直線的に延びてもよい。

20

【0126】

また、以上の実施形態及び各変形例は、いずれも、動翼に本発明を適用したものである。しかしながら、静翼に本発明を適用してもよい。すなわち、静翼の外側シュラウド(端板)又は内側シュラウド(端板)に、以上の実施形態又は各変形例と同様に、内側通路、外側通路、及び巾木孔を形成してもよい。

30

【符号の説明】

【0127】

10：ガスタービン、11：ガスタービンロータ、15：ガスタービン車室、20：圧縮機、21：圧縮機ロータ、25：圧縮機車室、30：燃焼器、40：タービン、41：タービンロータ、42：ロータ軸、43：動翼列、45：タービン車室、46：静翼列、46a：静翼、49：燃焼ガス流路、50, 50a, 50b, 50c, 50d, 50z, 100：動翼(又は、単に翼)、51, 151：翼体、52：前縁、53：後縁、54：背側面、55：腹側面、60, 160：プラットフォーム(端板)、61, 121：ガスパス面、62, 122：反ガスパス面、63, 64, 123, 124：端面、63, 123：側端面、63n, 123n：背側端面、63p, 123p：腹側端面(部分端面)、64, 124：前後端面、64f, 124f：前端面、64b, 124b：後端面(部分端面)、71, 171：翼通路、71a, 171a：第一翼通路、71b, 171b：第二翼通路、71c, 171c：第三翼通路、171d：第四翼通路、75n：側端巾木孔、75p, 75pc, 75pe：腹側第一巾木孔(巾木孔)、75pa：第一延在部、75pb：第二延在部、75pd：傾斜孔部、76n：背側第一巾木孔、76p：腹側第二巾木孔、77n：背側第二巾木孔、77p：腹側第三巾木孔(又は腹側巾木孔)、78, 178：プラグ、79：貫通孔、81：プラットフォーム通路、81n：背側プラットフォーム通路、81p：腹側プラットフォーム通路、81pa：第一腹側プラットフォーム

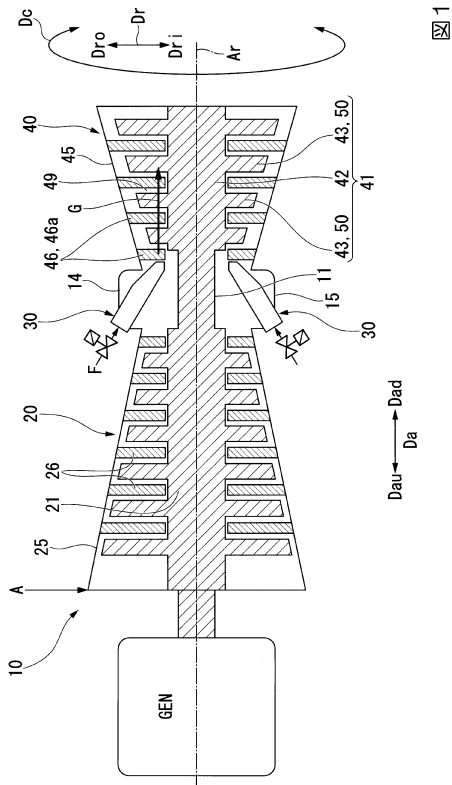
40

50

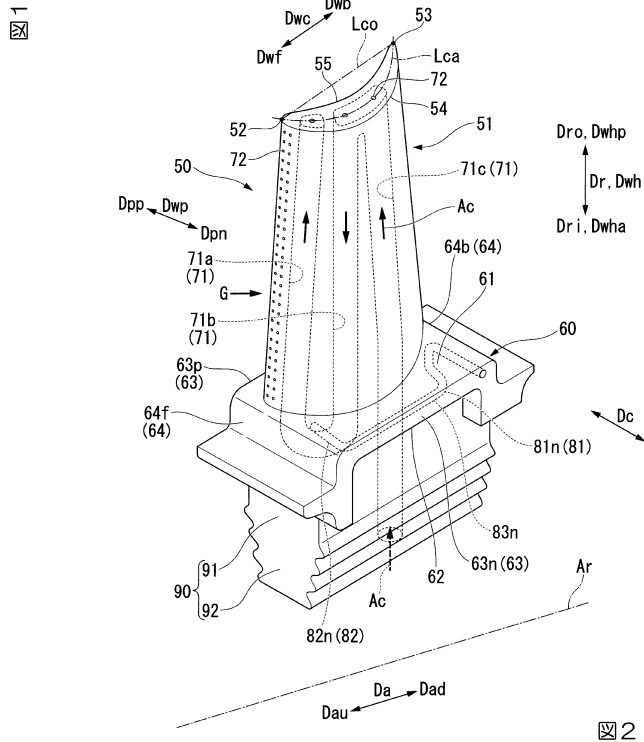
通路、81pb：第二腹側プラットフォーム通路、82n，82p，82pa，82pb
 ：流入通路、83n，83pa，83pb：側端通路、83p，84n：サーペンタイン
 第一通路（内側通路）、84pa，84pb：流出通路、83pa：膨張部、84p：サ
 ーペンタイン第二通路（内側通路）、85n：サーペンタイン第二通路（外側通路）、8
 5p：サーペンタイン第三通路（外側通路）、90，190：軸取付部、91：シャンク
 、92：翼根、95：鋳型、96：翼通路中子、97：プラットフォーム通路中子、98
 ：巾木中子、110：チップシュラウド、111：第一チップフィン、112：第二チッ
 プフィン、120：シュラウド本体、175：巾木孔、176n：背側第一巾木孔、17
 6p：腹側第一巾木孔、177n：背側第二巾木孔、177p：腹側第二巾木孔、178
 p：腹側第三巾木孔、181：シュラウド通路、182p：第一腹側シュラウド通路、1
 82n：第一背側シュラウド通路、183n：第二背側シュラウド通路、186p：第二
 腹側シュラウド通路、Ac：冷却空気、G：燃焼ガス、Da：軸方向、Dau：上流側、
 Dad：下流側、Dc：周方向、Dr：径方向、Dri：径方向内側、Dro：径方向外
 側、Dwc：翼弦方向、Dwf：前側、Dwb：後側、Dwh：翼高さ方向、Dwhp：
 ガスパス側、Dwha：反ガスパス側、Dwp：幅方向、Dpn：背側、Dpp：腹側、
 Lca：キャンパーライン、Lco：翼弦

10

【図1】



【図2】



【 図 3 】

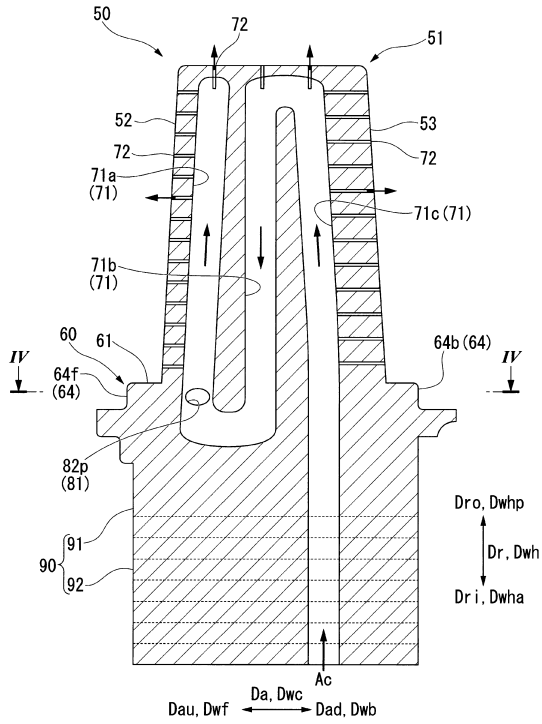


図 3

【 図 4 】

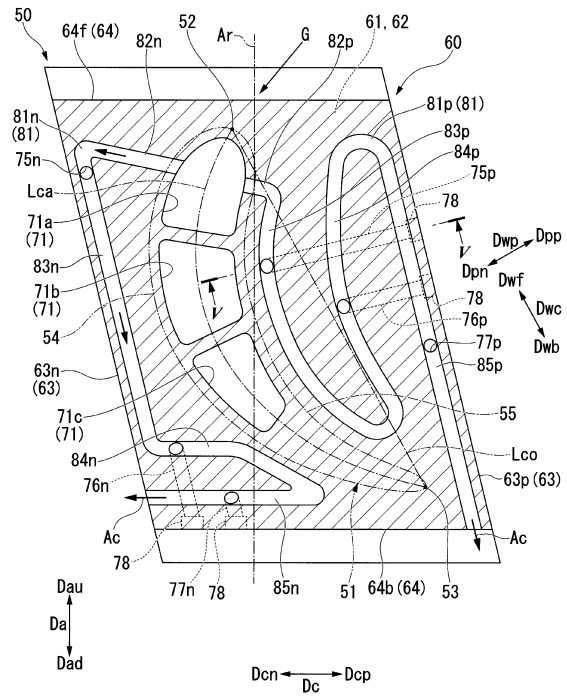


図 4

【 図 5 】

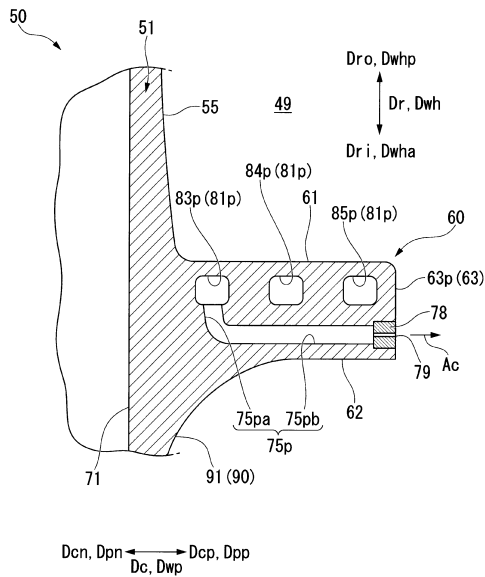


図 5

【 図 6 】

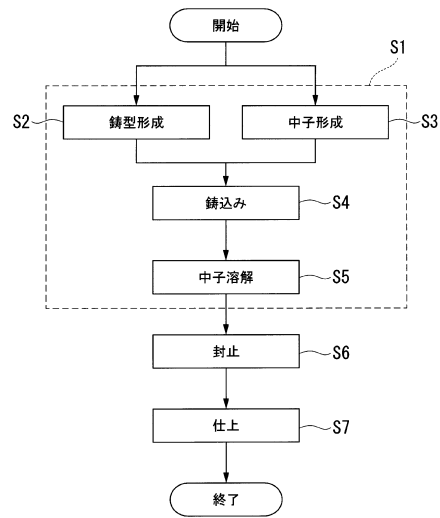


図 6

【 図 7 】

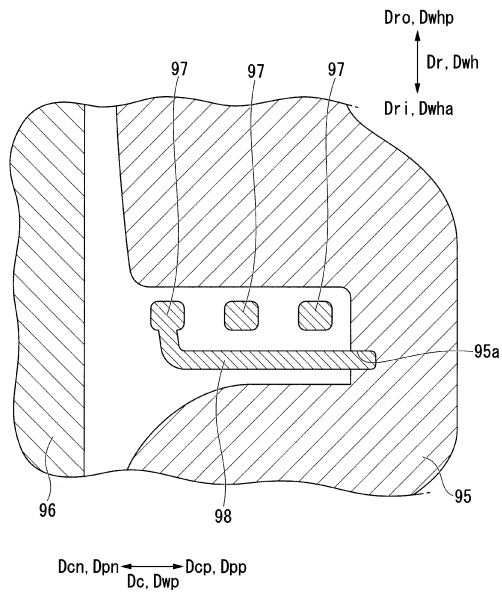


図 7

【 図 8 】

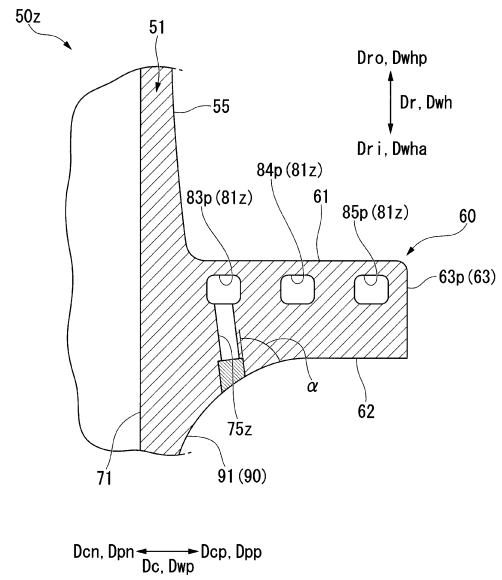


図 8

【 図 9 】

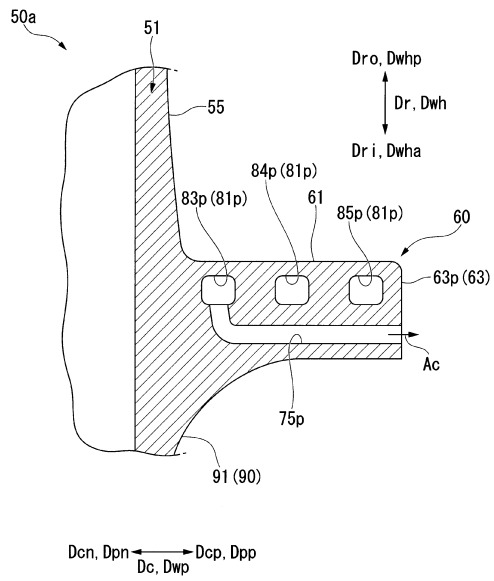


図 9

【 図 10 】

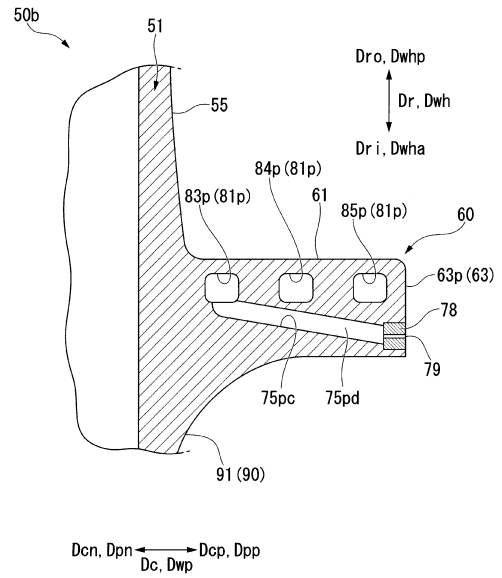


図 10

【 図 1 1 】

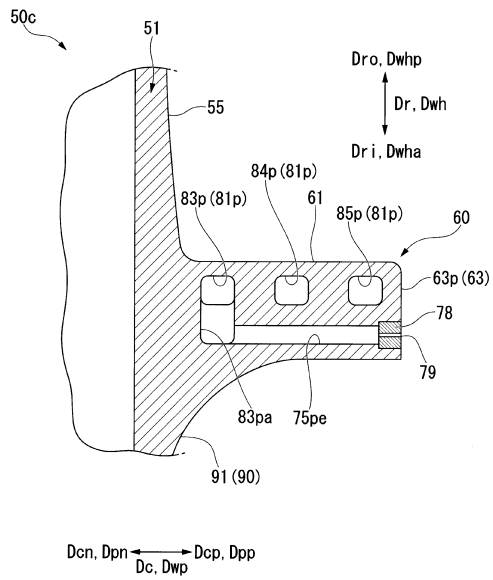


図 1 1

【 図 1 2 】

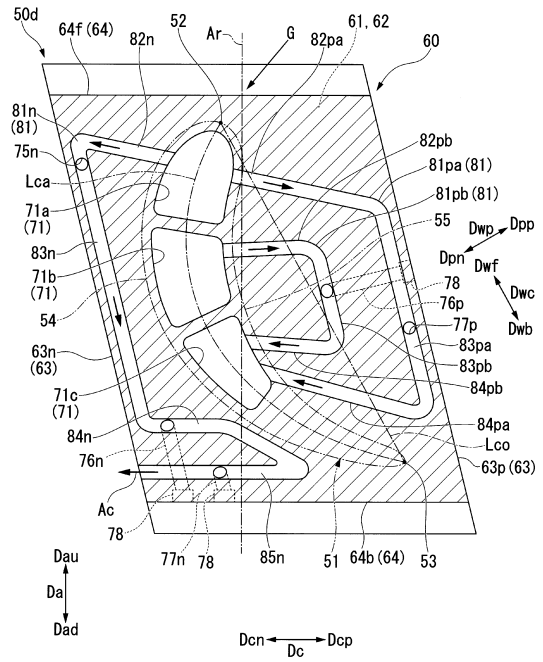


図 1 2

【 図 1 3 】

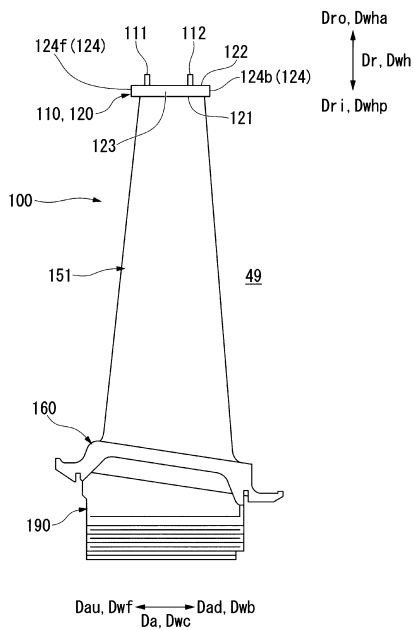


図 1 3

【 図 1 4 】

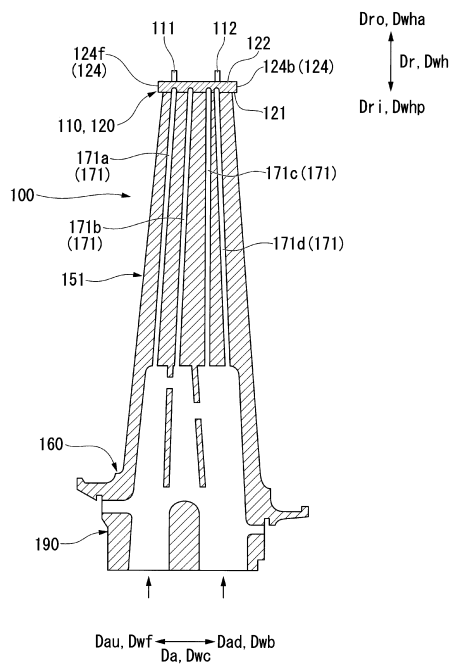


図 1 4

【 図 15 】

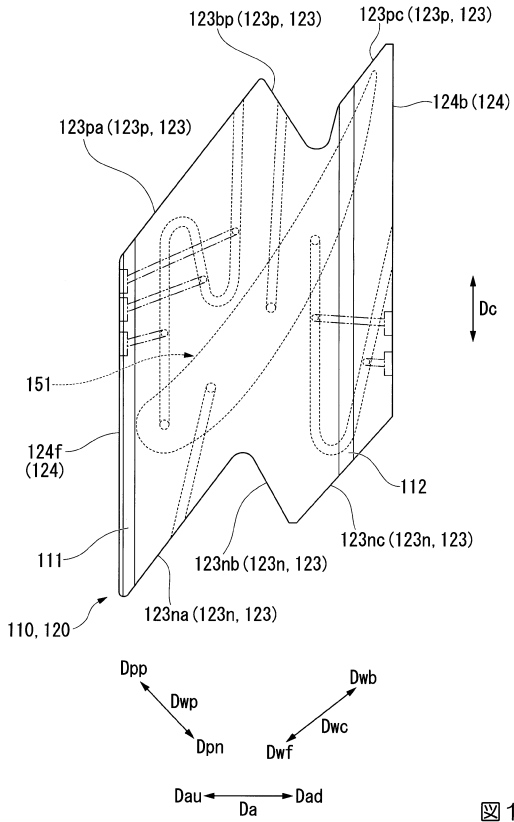


図 15

【 図 16 】

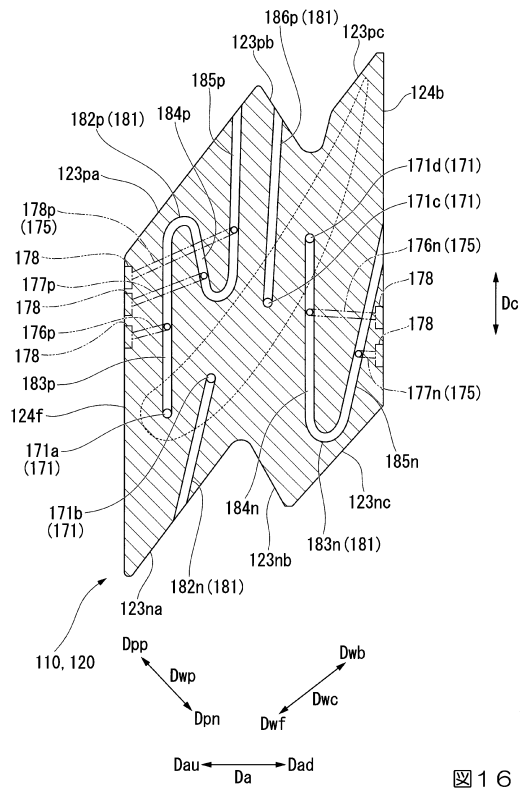


図 16

フロントページの続き

- (74)代理人 100210572
弁理士 長谷川 太一
- (74)代理人 100134544
弁理士 森 隆一郎
- (74)代理人 100064908
弁理士 志賀 正武
- (74)代理人 100108578
弁理士 高橋 詔男
- (74)代理人 100126893
弁理士 山崎 哲男
- (72)発明者 高 村 啓太
神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内
- (72)発明者 松尾 咲生
神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内
- (72)発明者 辻 良史
神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内
- (72)発明者 羽田 哲
神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内
- (72)発明者 渥美 秀勝
神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内

審査官 齊藤 彬

- (56)参考文献 特開2000-220404(JP,A)
特開2013-139791(JP,A)
特開2013-139772(JP,A)
特開2012-077744(JP,A)
特開2014-051981(JP,A)
特開2012-036888(JP,A)
特開平11-166401(JP,A)
米国特許出願公開第2013/0115059(US,A1)
米国特許第04312625(US,A)
特開2002-028751(JP,A)
特開昭61-074754(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F01D 5/18
F01D 9/02
F01D 25/00
F02C 7/00
F02C 7/18