

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6418667号
(P6418667)

(45) 発行日 平成30年11月7日 (2018. 11. 7)

(24) 登録日 平成30年10月19日 (2018. 10. 19)

(51) Int. Cl.		F I			
FO1D	9/02	(2006.01)	FO1D	9/02	IO2
FO1D	5/18	(2006.01)	FO1D	5/18	
FO2C	7/18	(2006.01)	FO2C	7/18	A

請求項の数 14 (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2017-508217 (P2017-508217)	(73) 特許権者	514030104
(86) (22) 出願日	平成28年3月11日 (2016. 3. 11)		三菱日立パワーシステムズ株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2016/057715		神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3
(87) 国際公開番号	W02016/152573		番1号
(87) 国際公開日	平成28年9月29日 (2016. 9. 29)	(74) 代理人	100149548
審査請求日	平成29年9月13日 (2017. 9. 13)		弁理士 松沼 泰史
(31) 優先権主張番号	特願2015-64939 (P2015-64939)	(74) 代理人	100162868
(32) 優先日	平成27年3月26日 (2015. 3. 26)		弁理士 伊藤 英輔
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(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、及びこれを備えているガスタービン

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ロータ軸を中心として環状を成し且つ前記ロータ軸が延びる軸方向に延在する燃焼ガス流路が内部に形成されているガスタービンの翼において、

燃焼ガスが流れる前記燃焼ガス流路中に配置され、前記ロータ軸に対する径方向に延びる翼体と、

前記翼体の前記径方向の端に形成され、前記燃焼ガス流路の一部を画定する流路形成板と、

を有し、

前記流路形成板には、前記軸方向であって前記燃焼ガスが流れて行く軸方向下流側の端面である後端面と、前記ロータ軸に対する周方向であって前記翼体の腹側である周方向腹側の端面である腹側端面と、前記周方向腹側とは反対側である周方向背側の端面である背側端面と、冷却空気が流入する空洞と、前記空洞と連通し前記後端面で開口する複数の後通路と、が形成され、

前記後端面中で前記背側端面との縁及び前記腹側端面との縁を含まない中領域と、前記後端面中で前記背側端面との縁を含み前記中領域と周方向で隣接する背側領域と、前記後端面中で前記腹側端面との縁を含み前記中領域と周方向で隣接する腹側領域とのそれぞれには、前記周方向に並ぶ複数の前記後通路の開口が形成され、

前記背側領域と前記腹側領域とのうち、少なくとも一方の側領域における、複数の前記後通路の開口の間隔に対する複数の前記後通路の濡れ縁長さの割合である開口密度よりも

10

20

、前記中領域における複数の前記後通路の前記開口密度の方が高い、
ガスタービンの翼。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のガスタービンの翼において、
前記背側領域における前記開口密度よりも、前記中領域における前記開口密度の方が高い、
ガスタービンの翼。

【請求項 3】

請求項 1 に記載のガスタービンの翼において、
前記背側領域における前記開口密度及び前記腹側領域における前記開口密度よりも、前記中領域の前記開口密度の方が高い、
ガスタービンの翼。 10

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載のガスタービンの翼において、
前記背側領域における前記開口密度よりも、前記腹側領域における前記開口密度の方が高い、
ガスタービンの翼。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載のガスタービンの翼において、
前記背側領域及び前記腹側領域には、それぞれ、前記周方向に並ぶ少なくとも 3 以上の前記後通路の開口が形成されている、
ガスタービンの翼。 20

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載のガスタービンの翼において、
前記流路形成板には、
前記後端面に沿って前記周方向に延び、複数の前記後通路に連通する後ヘッダ通路と、
前記背側端面に沿って前記軸方向成分を有する方向に延び、前記空洞と前記後ヘッダ通路とを連通させる背側通路と、
前記腹側端面に沿って前記軸方向成分を有する方向に延び、
前記空洞と前記後ヘッダ通路とを連通させる腹側通路と、が形成されている、
ガスタービンの翼。 30

【請求項 7】

請求項 6 に記載のガスタービンの翼において、
前記流路形成板には、前記後端面、前記腹側端面及び前記背側端面に周縁でつながり、
前記燃焼ガスと接するガスパス面と、前記後ヘッダ通路に連通し前記ガスパス面で開口する複数のガスパス面噴出通路と、
が形成されている、
ガスタービンの翼。

【請求項 8】

請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載のガスタービンの翼において、
前記流路形成板には、前記後端面、前記腹側端面及び前記背側端面に周縁でつながり、
前記燃焼ガスと接するガスパス面と、前記空洞に連通し前記ガスパス面で開口する複数のガスパス面噴出通路と、
が形成されている、
ガスタービンの翼。 40

【請求項 9】

請求項 7 又は 8 に記載のガスタービンの翼において、
前記ガスパス面噴出通路は、前記ガスパス面に近づくに連れて次第に前記軸方向下流側に向かう、
ガスタービンの翼。

【請求項 10】

請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載のガスタービンの翼において、
前記流路形成板に対して、前記周方向に並ぶ複数の前記翼体を有する、 50

ガスタービンの翼。

【請求項 1 1】

請求項 1 0 に記載のガスタービンの翼において、

前記中領域中で複数の前記翼体の相互間を含む翼間領域における前記開口密度よりも、前記中領域中で前記翼体に対する前記軸方向下流側であって前記翼間領域を除く翼下流領域における前記開口密度の方が高い、

ガスタービンの翼。

【請求項 1 2】

請求項 1 から 1 1 のいずれか一項に記載のガスタービンの翼において、

前記流路形成板として、前記翼体の前記径方向における外側の端に形成されている外側シュラウドと、前記翼体の前記径方向における内側の端に形成されている内側シュラウドと、を有し、

前記外側シュラウドが、前記ガスタービンの車室に固定されている、

ガスタービンの翼。

【請求項 1 3】

請求項 1 から 1 1 のいずれか一項に記載のガスタービンの翼において、

前記流路形成板は、前記翼体の前記径方向における内側の端に形成されているプラットフォームであり、

前記プラットフォームが前記ロータ軸に固定されている、

ガスタービンの翼。

【請求項 1 4】

請求項 1 から 1 3 のいずれか一項に記載のガスタービンの翼と、

燃料の燃焼により前記燃焼ガスが生成される燃焼器と、

前記ロータ軸と、

前記ロータ軸及び前記翼を覆う車室と、

を備えているガスタービン。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、翼、及びこれを備えているガスタービンに関する。

本願は、2015年3月26日に、日本国に出願された特願2015-064939号に基づき優先権を主張し、この内容をここに援用する。

【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、を備えている。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、車室の内側には、複数の静翼が設けられている。

【0003】

動翼は、軸線に対する径方向に延びる翼体と、翼体の径方向内側に設けられているプラットフォームと、プラットフォームの径方向内側に設けられている翼根と、を有する。動翼の翼体は、燃焼ガスが通る燃焼ガス流路内に配置される。プラットフォームは、燃焼ガス流路の径方向内側の位置を画定する。翼根は、ロータ軸に固定される。静翼は、軸線に対する径方向に延びる翼体と、翼体の径方向内側に設けられている内側シュラウドと、翼体の径方向外側に設けられている外側シュラウドと、を有する。静翼の翼体は、燃焼ガスが通る燃焼ガス流路内に配置される。内側シュラウドは、燃焼ガス流路の径方向内側の位置を画定する。外側シュラウドは、燃焼ガス流路の径方向外側の位置を画定する。

【0004】

ガスタービンの静翼及び動翼は、いずれも高温の燃焼ガスに晒される。このため、静翼や動翼は、一般的に、空気等で冷却される。

【0005】

例えば、以下の特許文献 1 に記載の静翼には、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、静翼の翼体には、径方向に延びて冷却空気が流入する空洞が形成されている。また、内側シュラウド及び外側シュラウドには、翼体の空洞と連通し、翼体のコード方向に延びる複数の排出孔が形成されている。この排出孔は、内側シュラウドの後端面及び外側シュラウドの後端面で開口している。複数の排出孔は、軸線に対して周方向に並んでいる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】特許第 2 8 6 2 5 3 6 号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ガスタービンの静翼や動翼に関しては、これらの翼を効果的に冷却して、翼の耐久性を向上させつつも、この翼を冷却するための空気の使用量をできるかぎり減らすことが望まれている。

【0008】

そこで、本発明は、耐久性の向上を図りつつ、冷却用の空気の使用量を抑えることができる翼、及びこれを備えているガスタービン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】

20

【0009】

前記目的を達成するための発明に係る第一態様としての翼は、

ロータ軸を中心として環状を成し且つ前記ロータ軸が延びる軸方向に延在する燃焼ガス流路が内部に形成されているガスタービンの翼において、燃焼ガスが流れる前記燃焼ガス流路中に配置され、前記ロータ軸に対する径方向に延びる翼体と、前記翼体の前記径方向の端に形成され、前記燃焼ガス流路の一部を画定する流路形成板と、を有し、前記流路形成板には、前記軸方向であって前記燃焼ガスが流れて行く軸方向下流側の端面である後端面と、前記ロータ軸に対する周方向であって前記翼体の腹側である周方向腹側の端面である腹側端面と、前記周方向腹側とは反対側である周方向背側の端面である背側端面と、冷却空気が流入する空洞と、前記空洞と連通し前記後端面で開口する複数の後通路と、が形成され、前記後端面中で前記背側端面との縁及び前記腹側端面との縁を含まない中領域と、前記後端面中で前記背側端面との縁を含み前記中領域と周方向で隣接する背側領域と、前記後端面中で前記腹側端面との縁を含み前記中領域と周方向で隣接する腹側領域とのそれぞれには、前記周方向に並ぶ複数の前記後通路の開口が形成され、前記背側領域と前記腹側領域とのうち、少なくとも一方の側領域における、複数の前記後通路の開口の間隔に対する複数の前記後通路の濡れ縁長さの割合である開口密度よりも、前記中領域における複数の前記後通路の前記開口密度の方が高い。

30

【0010】

翼体の背側面に沿って流れる燃焼ガスの流路長は、翼体の腹側面に沿って流れる燃焼ガスの流路長よりも長い。このため、翼体の背側面に沿って流れる燃焼ガスの流速は、翼体の腹側面に沿って流れる燃焼ガスの流速よりも速い。また、翼体の背側面に沿って流れた燃焼ガスは、その後、流路形成板のガスパス面中の後端面寄りの部分で且つ周方向の中央部分でも、高い流速で流れる。よって、翼体の背側面及び流路形成板のガスパス面中の後端面寄りの部分で且つ周方向の中央部分では、燃焼ガスとの熱伝達率が高なり、他の部分に比べて燃焼ガスにより加熱される。逆に、流路形成板のガスパス面中の後端面寄りの部分で且つ周方向の端側部分では、周方向の中央部分に比べて、燃焼ガスによる加熱量が少ない。

40

【0011】

そこで、当該翼では、中領域における複数の後通路の開口密度を、背側領域と腹側領域とのうち、少なくとも一方の側領域における開口密度よりも高めている。この結果、当該

50

翼では、流路形成板のガスパス面中の後端面寄りの部分で且つ周方向の中央部分における冷却能力を高めることができ、翼の耐久性を向上させることができる。さらに、当該翼では、流路形成板のガスパス面中の後端面寄りの部分で且つ周方向の端側部分に存在する複数の後通路を流れる冷却空気の総流量を抑えることができる。

【0012】

前記目的を達成するための発明に係る第二態様としての翼は、

前記第一態様の前記ガスタービンの翼において、前記背側領域における前記開口密度よりも、前記中領域における前記開口密度の方が高い。

【0013】

前記目的を達成するための発明に係る第三態様としての翼は、

前記第一態様の前記ガスタービンの翼において、前記背側領域における前記開口密度及び前記腹側領域における前記開口密度よりも、前記中領域の前記開口密度の方が高い。

【0014】

前記目的を達成するための発明に係る第四態様としての翼は、

前記第一から第三態様のいずれかの前記ガスタービンの翼において、前記背側領域における前記開口密度よりも、前記腹側領域における前記開口密度の方が高い。

【0015】

前記目的を達成するための発明に係る第五態様としての翼は、

前記第一から第四態様のいずれかの前記ガスタービンの翼において、前記背側領域及び前記腹側領域には、それぞれ、前記周方向に並ぶ少なくとも3以上の前記後通路の開口が形成されている。

【0016】

前記目的を達成するための発明に係る第六態様としての翼は、

前記第一から第五態様のいずれかの前記ガスタービンの翼において、前記流路形成板には、前記後端面に沿って前記周方向に延び、複数の前記後通路に連通する後ヘッダ通路と、前記背側端面に沿って前記軸方向成分を有する方向に延び、前記空洞と前記後ヘッダ通路とを連通させる背側通路と、前記腹側端面に沿って前記軸方向成分を有する方向に延び、前記空洞と前記後ヘッダ通路とを連通させる腹側通路と、が形成されている。

【0017】

前記目的を達成するための発明に係る第七態様としての翼は、

前記第六態様の前記ガスタービンの翼において、前記流路形成板には、前記後端面、前記腹側端面及び前記背側端面に周縁でつながり、前記燃焼ガスと接するガスパス面と、前記後ヘッダ通路に連通し前記ガスパス面で開口する複数のガスパス面噴出通路と、が形成されている。

【0018】

当該翼では、ガスパス面噴出通路を流れる冷却空気により、ガスパス面をより冷却することができる。

【0019】

前記目的を達成するための発明に係る第八態様としての翼は、

前記第一から第七態様のいずれかの前記ガスタービンの翼において、前記流路形成板には、前記後端面、前記腹側端面及び前記背側端面に周縁でつながり、前記燃焼ガスと接するガスパス面と、前記空洞に連通し前記ガスパス面で開口する複数のガスパス面噴出通路と、が形成されている。

【0020】

当該翼では、ガスパス面噴出通路を流れる冷却空気により、ガスパス面をより冷却することができる。

【0021】

前記目的を達成するための発明に係る第九態様としての翼は、

前記第七又は第八態様の前記ガスタービンの翼において、前記ガスパス面噴出通路は、前記ガスパス面に近づくに連れて次第に前記軸方向下流側に向かう。

【0022】

当該翼では、ガスパス面噴出通路から流出した冷却空気により、流路形成板のガスパス面をフィルム冷却することができる。

【0023】

前記目的を達成するための発明に係る第十態様としての翼は、

前記第一から第九態様のいずれかの前記ガスタービンの翼において、前記流路形成板に対して、前記周方向に並ぶ複数の前記翼体を有する。

【0024】

前記目的を達成するための発明に係る第十一態様としての翼は、

前記第十態様の前記ガスタービンの翼において、前記中領域中で複数の前記翼体の相互間を含む翼間領域における前記開口密度よりも、前記中領域中で前記翼体に対する前記軸方向下流側であって前記翼間領域を除く翼下流領域における前記開口密度の方が高い。

10

【0025】

前記目的を達成するための発明に係る第十二態様としての翼は、

前記第一から第十一態様のいずれかの前記ガスタービンの翼において、前記流路形成板として、前記翼体の前記径方向における外側の端に形成されている外側シュラウドと、前記翼体の前記径方向における内側の端に形成されている内側シュラウドと、を有し、前記外側シュラウドが、前記ガスタービンの車室に固定されている。

【0026】

前記目的を達成するための発明に係る第十三態様としての翼は、

前記第一から第十一態様のいずれかの前記ガスタービンの翼において、前記流路形成板は、前記翼体の前記径方向における内側の端に形成されているプラットフォームであり、前記プラットフォームが前記ロータ軸に固定されている。

20

【0027】

前記目的を達成するための発明に係る第十四態様としてのガスタービンは、

前記第一から第十三態様のいずれかの前記翼と、燃料の燃焼により前記燃焼ガスが生成される燃焼器と、前記ロータ軸と、前記ロータ軸及び前記翼を覆う車室と、を備えている。

【発明の効果】

【0028】

本発明の一態様によれば、翼を効果的に冷却して耐久性の向上を図りつつも、冷却用の空気の使用量を抑えることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】本発明に係る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】本発明に係る一実施形態におけるガスタービンの要部断面図である。

【図3】本発明に係る第一実施形態における静翼の斜視図である。

【図4】図3におけるI V-I V線断面図である。

【図5】本発明に係る第一実施形態における静翼の後端面中の各位置での開口密度を示すグラフである。

40

【図6】本発明に係る第二実施形態における静翼の断面図である。

【図7】本発明に係る第二実施形態における静翼の後端面中の各位置での開口密度を示すグラフである。

【図8】本発明に係る第三実施形態における静翼の断面図である。

【図9】本発明に係る第三実施形態における静翼の後端面中の各位置での開口密度を示すグラフである。

【図10】本発明に係る第四実施形態における静翼の断面図である。

【図11】本発明に係る第五実施形態における静翼の断面図である。

【図12】本発明に係る第六実施形態における静翼の断面図である。

【図13】本発明に係る第五実施形態及び第六実施形態における静翼の後端面中の各位置

50

での開口密度を示すグラフである。

【図１４】本発明に係る第五実施形態及び第六実施形態の第一変形例における静翼の後端面中の各位置での開口密度を示すグラフである。

【図１５】本発明に係る第五実施形態及び第六実施形態の第二変形例における静翼の後端面中の各位置での開口密度を示すグラフである。

【図１６】本発明に係る第七実施形態における静翼の外側シュラウドの平面図である。の斜視図である。

【図１７】図１６におけるX V I I - X V I I 線断面図である。

【図１８】本発明に係る第八実施形態における動翼の斜視図である。

【図１９】図１８におけるX I X - X I X 線断面図である。

10

【発明を実施するための形態】

【００３０】

以下、本発明の実施形態及びその変形例について、図面を参照して詳細に説明する。

【００３１】

「ガスタービンの実施形態」

ガスタービンの実施形態について、図１及び図２を参照して説明する。

【００３２】

図１に示すように、本実施形態のガスタービン１０は、空気を圧縮する圧縮機２０と、圧縮機２０で圧縮された空気Ａ中で燃料を燃焼させて燃焼ガスを生成する燃焼器３０と、燃焼ガスにより駆動するタービン４０と、を備えている。

20

【００３３】

圧縮機２０は、軸線Ａｒ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、複数の静翼段２６と、を有する。タービン４０は、軸線Ａｒ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、複数の静翼段４６と、を有する。

【００３４】

圧縮機ロータ２１とタービンロータ４１とは、同一軸線Ａｒ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。また、圧縮機車室２５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Ａｒが延びる方向を軸方向Ｄａ、この軸線Ａｒを中心とした周方向を単に周方向Ｄｃとし、軸線Ａｒに対して垂直な方向を径方向Ｄｒとする。また、軸方向Ｄａでタービン４０を基準にして圧縮機２０側を上流側Ｄａｕ、その反対側を下流側Ｄａｄとする。また、径方向Ｄｒで軸線Ａｒに近づく側を径方向内側Ｄｒｉ、その反対側を径方向外側Ｄｒｏとする。

30

【００３５】

圧縮機ロータ２１は、軸線Ａｒを中心として軸方向Ｄａに延びるロータ軸２２と、このロータ軸２２に取り付けられている複数の動翼段２３と、を有する。複数の動翼段２３は、軸方向Ｄａに並んでいる。各動翼段２３は、いずれも、周方向Ｄｃに並んでいる複数の動翼２３ａで構成されている。複数の動翼段２３の各下流側Ｄａｄには、静翼段２６が配置されている。各静翼段２６は、圧縮機車室２５の内側に設けられている。各静翼段２６は、いずれも、周方向Ｄｃに並んでいる複数の静翼２６ａで構成されている。

40

【００３６】

タービンロータ４１は、図２に示すように、軸線Ａｒを中心として軸方向Ｄａ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段４３と、を有する。複数の動翼段４３は、軸方向Ｄａに並んでいる。各動翼段４３は、いずれも、周方向Ｄｃに並んでいる複数の動翼４３ａで構成されている。複数の動翼段４３の各上流側Ｄａｕには、静翼段４６が配置されている。各静翼段４６は、タービン車室４５の内側に設けられている。各静翼段４６は、いずれも、周方向Ｄｃに並んでいる複数の静翼４６ａで構成されている。タービン車室４５は、その外殻を構成する筒状の外側車室４５ａと、外側車室４５ａの内側に固定されている内側車室４５ｂと、内側車室４５ｂの内側に固定されて

50

いる複数の分割環 45 c とを有する。複数の分割環 45 c は、いずれも、複数の静翼段 46 の相互の間の位置に設けられている。従って、各分割環 45 c の径方向内側 D r i には、動翼段 43 が配置されている。

【0037】

ロータ軸 42 の外周側とタービン車室 45 の内周側との間であって、軸方向 D a で静翼 46 a 及び動翼 43 a が配置されている環状の空間は、燃焼器 30 からの燃焼ガス G が流れる燃焼ガス流路 49 を成す。この燃焼ガス流路 49 は、軸線 A r を中心として環状を成し、軸方向 D a に長い。ロータ軸 42 には、冷却空気が通る冷却空気通路 42 p が形成されている。この冷却空気通路 42 p を通った冷却空気は、動翼 43 a 内に導入されて、この動翼 43 a の冷却に利用される。タービン車室 45 の内側車室 45 b には、径方向外側 D r o から径方向内側 D r i に貫通する冷却空気通路 45 p が形成されている。この冷却空気通路 45 p を通った冷却空気は、静翼 46 a 内及び分割環 45 c 内に導入されて、静翼 46 a 及び分割環 45 c の冷却に利用される。なお、静翼段 46 によっては、ガスタービン車室 15 内の空気が、冷却空気として、車室の冷却空気通路を経ずにこの静翼段 46 を構成する静翼 46 a に供給される場合もある。

【0038】

以下、以上で説明した静翼 46 a 又は動翼 43 a である翼の各種実施形態について説明する。

【0039】

「翼の第一実施形態」

以下、本発明に係る翼の第一実施形態について、図 3～図 5 を参照して説明する。

【0040】

本実施形態の翼は、ガスタービンの静翼である。図 3 に示すように、静翼 50 は、径方向 D r に延びる翼体 51 と、翼体 51 の径方向内側 D r i に形成されている内側シュラウド 60 i と、翼体 51 の径方向外側 D r o に形成されている外側シュラウド 60 o と、を有する。翼体 51 は、燃焼ガス G が通る燃焼ガス流路 49 (図 2 参照) 内に配置されている。内側シュラウド 60 i は、環状の燃焼ガス流路 49 の径方向内側 D r i の位置を画定する。また、外側シュラウド 60 o は、環状の燃焼ガス流路 49 の径方向外側 D r o の位置を画定する。よって、内側シュラウド 60 i 及び外側シュラウド 60 o は、いずれも、燃焼ガス流路 49 の一部を画定する流路形成板である。

【0041】

翼体 51 は、図 4 に示すように、上流側 D a u の端部が前縁部 52 を成し、下流側 D a d の端部が後縁部 53 を成す。この翼体 51 の表面で、周方向 D c を向く面のうち、凸状の面が背側面 54 (=負圧面) を成し、凹状の面が腹側面 55 (=正圧面) を成す。なお、以下の説明の都合上、周方向 D c で翼体 51 の腹側 (=正圧面側) を周方向腹側 D c p、翼体 51 の背側 (=負圧面側) を周方向背側 D c n とする。また、軸方向 D a の上流側 D a u を前側、軸方向 D a の下流側 D a d を後側ということもある。

【0042】

内側シュラウド 60 i と外側シュラウド 60 o とは、基本的に同じ構造である。そこで、以下では、外側シュラウド 60 o について説明する。

【0043】

外側シュラウド 60 o は、図 3 及び図 4 に示すように、軸方向 D a 及び周方向 D c に広がる板状の外側シュラウド本体 61 と、外側シュラウド本体 61 の外周縁に沿って外側シュラウド本体 61 から径方向外側 D r o に突出する周壁 65 と、を有する。

【0044】

外側シュラウド本体 61 は、上流側 D a u の端面である前端面 62 f と、下流側 D a d の端面である後端面 62 b と、周方向腹側 D c p の端面である腹側端面 63 p と、周方向背側 D c n の端面である背側端面 63 n と、径方向内側 D r i を向くガスパス面 64 と、が形成されている。前端面 62 f と後端面 62 b とは、ほぼ平行である。また、腹側端面 63 p と背側端面 63 n とは、ほぼ平行である。よって、外側シュラウド本体 61 は、径

10

20

30

40

50

方向D cから見た場合、図4に示すように、平行四辺形状を成している。外側シュラウド60oの腹側端面63pには、背側端面63n側に凹み、腹側端面63pに沿って軸方向D a成分を有する方向に延びるシール溝77が形成されている。また、外側シュラウド60oの背側端面63nには、腹側端面63p側に凹み、背側端面63nに沿って軸方向D a成分を有する方向に延びるシール溝77が形成されている。周方向D cで隣り合っている二つの静翼50の外側シュラウド60oのうち、一方の静翼50における外側シュラウド60oの腹側端面63pと、他方の静翼50における外側シュラウド60oの背側端面63nとが周方向D cに隙間78をあけて対向する。一方の静翼50における外側シュラウド60oの腹側端面63pと、他方の静翼50における外側シュラウド60oの背側端面63nとの間には、シール板76が配置されている。このシール板76の周方向D cの両端は、腹側端面63pに形成されているシール溝77、及び背側端面63nに形成されているシール溝77に嵌り込んでいる。このシール板76は、タービン車室45内の冷却空気又は冷却空気通路42pを通った冷却空気が周方向D cで隣り合っている二つの静翼50の外側シュラウド60o相互間の隙間78から燃焼ガス流路49に漏れ出すのを防ぐ役目を担っている。

10

【0045】

周壁65は、軸方向D aで互いに対向する前周壁65f及び後周壁65bと、周方向D cで互いに対向する一对の側周壁65p, 65nと、を有する。前周壁65f及び後周壁65bは、いずれも、外側シュラウド本体61に対して、一对の側周壁65p, 65nよりも径方向外側D r oに突出しており、フック部を成す。フック部を成す前周壁65f及び後周壁65bは、静翼50をタービン車室45（図2参照）の内周側に取り付ける役目を担う。外側シュラウド60oには、外側シュラウド本体61と周壁65とにより、径方向内側D r iに向かって凹む凹部66が形成されている。

20

【0046】

静翼50は、さらに、外側シュラウド60oの凹部66を径方向外側D r oの領域と径方向内側D r iの領域である内側キャビティ69（空洞）とに仕切る衝突板67を備えている。この衝突板67には、径方向D rに貫通する複数の空気孔68が形成されている。静翼50の径方向外側D r oに存在する冷却空気A cの一部は、この衝突板67の空気孔68を経て、内側キャビティ69内に流入する。

【0047】

翼体51、外側シュラウド60o及び内側シュラウド60iには、径方向D cに延びる複数の翼空気通路71（空洞）が形成されている。各翼空気通路71は、いずれも、外側シュラウド60oから、翼体51を経て、内側シュラウド60iにまで連なって形成されている。複数の翼空気通路71は、翼体51の翼弦に沿って並んでいる。隣接する翼空気通路71の一部は、径方向外側D r oの部分、又は径方向内側D r iの部分で互いに連通している。また、複数の翼空気通路71のうち、いずれかは、外側シュラウド60oにおける凹部66の底で開口している。さらに、複数の翼空気通路71のうち、いずれかは、内側シュラウド60iにおける凹部の底で開口している。静翼50の径方向外側D r o又は径方向内側D r iに存在する冷却空気A cの一部は、この翼空気通路71の開口から翼空気通路71内に流入する。

30

40

【0048】

翼体51の前縁部52及び後縁部53には、翼空気通路71から燃焼ガス流路49へ貫通する複数の翼面噴出通路72が形成されている。翼体51は、翼空気通路71内を冷却空気A cが流れる過程で冷却される。また、翼空気通路71に流入した冷却空気A cは、この翼面噴出通路72から燃焼ガス流路49内に流出する。このため、翼体51の前縁部52及び後縁部53は、冷却空気A cが翼面噴出通路72から流出する過程で冷却される。さらに、翼面噴出通路72から燃焼ガス流路49に流出した冷却空気A cの一部は、翼体51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。

【0049】

図4に示すように、外側シュラウド60oの一对の側周壁65p, 65nのうち、腹側

50

の側周壁 6 5 p には、腹側端面 6 3 p に沿って軸方向 D a 成分を有する方向に延びる腹側通路 7 3 p が形成されている。また、背側の側周壁 6 5 n には、背側端面 6 3 n に沿って軸方向 D a 成分を有する方向に延びる背側通路 7 3 n が形成されている。腹側通路 7 3 p 及び背側通路 7 3 n は、いずれも、その上流端で内側キャビティ 6 9 に連通している。また、腹側通路 7 3 p 及び背側通路 7 3 n は、いずれも、その下流端で外側シュラウド本体 6 1 の後端面 6 2 b で開口している。外側シュラウド本体 6 1 には、後端面 6 2 b に沿って周方向 D c に延びる後ヘッダ通路 7 4 が形成されている。この後ヘッダ通路 7 4 の周方向腹側 D c p の端は、腹側通路 7 3 p に接続されている。また、この後ヘッダ通路 7 4 の周方向背側 D c n の端は、背側通路 7 3 n に接続されている。すなわち、後ヘッダ通路 7 4 は、腹側通路 7 3 p 及び背側通路 7 3 n と連通している。さらに、外側シュラウド本体 6 1 には、後ヘッダ通路 7 4 から下流側 D a d に延び、後端面 6 2 b で開口する複数の後通路 7 5 が形成されている。複数の後通路 7 5 は、周方向 D c に並んでいる。腹側通路 7 3 p 及び背側通路 7 3 n 中で、後ヘッダ通路 7 4 と連通している位置よりも下流側 D a d の部分は、後端面 6 2 b で開口する後通路 7 5 を成す。

10

【0050】

腹側通路 7 3 p、背側通路 7 3 n を含む後通路 7 5 の断面形状は、いずれも円形である。腹側通路 7 3 p 及び背側通路 7 3 n を除く後通路 7 5 の内径 d 1 は、互いに同じで、腹側通路 7 3 p 及び背側通路 7 3 n の内径 d 2 よりも小さい。よって、腹側通路 7 3 p 及び背側通路 7 3 n を除く後通路 7 5 の濡れ縁長さ s 1 は、互いに同じで、腹側通路 7 3 p 及び背側通路 7 3 n の濡れ縁長さ s 2 より短い。なお、濡れ縁長さ s とは、流路断面で流体に接している壁面の長さである。例えば、流路断面が円形の場合、濡れ縁長さ s はこの円の円周長である。

20

【0051】

ここで、外側シュラウド本体 6 1 の後端面 6 2 b 中で、背側端面 6 3 n との縁及び腹側端面 6 3 p の縁を含まない領域を中領域 M P とする。また、後端面 6 2 b 中で背側端面 6 3 n との縁を含み中領域 M P と周方向 D c で隣接する領域を背側領域 N P とする。さらに、後端面 6 2 b 中で腹側端面 6 3 p との縁を含み中領域 M P と周方向 D c で隣接する領域を腹側領域 P P とする。各領域 M P、N P、P P には、周方向 D c に並ぶ 3 以上の後通路 7 5 の開口が形成されている。

【0052】

30

中領域 M P における複数の後通路 7 5 の開口の間隔は、p 1 である。背側領域 N P における複数の後通路 7 5 の開口の間隔、及び、腹側領域 P P における複数の後通路 7 5 の開口の間隔は、p 2 である。中領域 M P における複数の後通路 7 5 の開口の間隔 p 1 は、背側領域 N P 及び腹側領域 P P における複数の後通路 7 5 の開口の間隔 p 2 より小さい。

【0053】

このため、複数の後通路 7 5 の開口の間隔 p に対する複数の後通路 7 5 の濡れ縁長さ s の割合を開口密度 (s/p) とすると、図 5 に示すように、中領域 M P における複数の後通路 7 5 の開口密度 a 1 ($=s_1/p_1$) は、腹側領域 P P 及び背側領域 N P における複数の後通路 7 5 の開口密度 a 2 ($=s_1/p_2$ 又は s_2/p_2) よりも高い。

【0054】

40

内側キャビティ 6 9 内に流入した冷却空気 A c は、腹側通路 7 3 p 及び背側通路 7 3 n に流入する。腹側通路 7 3 p に流入した冷却空気 A c は、ここを流れる過程で、外側シュラウド本体 6 1 の腹側端面 6 3 p 寄りの部分を冷却する。また、背側通路 7 3 n に流入した冷却空気 A c は、ここを流れる過程で、外側シュラウド本体 6 1 の背側端面 6 3 n 寄りの部分を冷却する。

【0055】

腹側通路 7 3 p 及び背側通路 7 3 n に流入した冷却空気 A c の一部は、後ヘッダ通路 7 4 に流入する。後ヘッダ通路 7 4 に流入した冷却空気 A c は、複数の後通路 7 5 に流入する。後通路 7 5 に流入した冷却空気 A c は、外側シュラウド 6 0 o の後端面 6 2 b から外部に流出する。冷却空気 A c は、腹側通路 7 3 p 及び背側通路 7 3 n を含む後通路 7 5 を

50

流れる過程で、外側シュラウド本体 6 1 の後端面 6 2 b 寄りの部分を冷却する。

【0056】

図 4 に示すように、翼体 5 1 の背側面 5 4 に沿って流れる燃焼ガス G の流路長は、翼体 5 1 の腹側面 5 5 に沿って流れる燃焼ガス G の流路長よりも長い。このため、翼体 5 1 の背側面 5 4 に沿って流れる燃焼ガス G の流速は、翼体 5 1 の腹側面 5 5 に沿って流れる燃焼ガス G の流速よりも速い。また、翼体 5 1 の背側面 5 4 に沿って流れた燃焼ガス G は、その後、外側シュラウド 6 0 o のガスパス面 6 4 中の後端面 6 2 b 寄りの部分で且つ周方向 D c の中央部分でも、速い流速が維持される。よって、翼体 5 1 の背側面 5 4、及び外側シュラウド 6 0 o のガスパス面 6 4 中の後端面 6 2 b 寄りの部分で且つ周方向 D c の中央部分は、燃焼ガス G との熱伝達率が高くなり、他の部分に比べて燃焼ガス G により加熱される。

10

【0057】

また、腹側通路 7 3 p 及び背側通路 7 3 n から後ヘッダ通路 7 4 に流入した冷却空気 A c は、腹側通路 7 3 p 及び背側通路 7 3 n から遠ざかるに連れて、燃焼ガス G との熱交換で次第に加熱される。すなわち、後ヘッダ通路 7 4 中を流れる冷却空気 A c の温度は、腹側通路 7 3 p 及び背側通路 7 3 n から遠ざかるに連れて、言い換えると、後ヘッダ通路 7 4 の周方向 D c の中央部に近づくに連れて、ガスパス面 6 4 に沿って流れる燃焼ガス G からの入熱により次第に高くなる。このため、複数の後通路 7 5 のうち、後端面 6 2 b の中領域 M P で開口している後通路 7 5 を流れる冷却空気 A c の温度は、後端面 6 2 b の腹側領域 P P 及び背側領域 N P で開口している後通路 7 5 を流れる冷却空気 A c の温度よりも高い。よって、中領域 M P で開口している一つの後通路 7 5 を流れる冷却空気 A c の冷却能力は、腹側領域 P P 及び背側領域 N P で開口している一つの後通路 7 5 を流れる冷却空気 A c の冷却能力よりも低い。

20

【0058】

以上のように、外側シュラウド 6 0 o のガスパス面 6 4 中の後端面 6 2 b 寄りの部分で且つ周方向 D c の中央部分では、他の部分に比べて燃焼ガス G により加熱され易い。しかも、この中央部分に存在する一つの後通路 7 5 を流れる冷却空気 A c の冷却能力が、他の部分に存在する一つの後通路 7 5 を流れる冷却空気 A c の冷却能力よりも低い。逆に、外側シュラウド 6 0 o のガスパス面 6 4 中の後端面 6 2 b 寄りの部分で且つ周方向 D c の端側部分では、周方向 D c の中央部分に比べて、燃焼ガス G により加熱され難い。しかも、外側シュラウド 6 0 o のガスパス面 6 4 中の後端面 6 2 b 寄りの部分で且つ周方向 D c の端側部分に存在する一つの後通路 7 5 を流れる冷却空気 A c の冷却能力が、周方向 D c の中央部分に存在する一つの後通路 7 5 を流れる冷却空気 A c の冷却能力よりも高い。

30

【0059】

そこで、本実施形態では、中領域 M P における複数の後通路 7 5 の開口密度 $a_1 (= s_1 / p_1)$ を、腹側領域 P P 及び背側領域 N P における複数の後通路 7 5 の開口密度 $a_2 (= s_1 / p_2$ 又は $s_2 / p_2)$ よりも高めている。この結果、本実施形態では、外側シュラウド 6 0 o のガスパス面 6 4 中の後端面 6 2 b 寄りの部分で且つ周方向 D c の中央部分における冷却能力を高めることができ、翼の耐久性を向上させることができる。さらに、本実施形態では、外側シュラウド 6 0 o のガスパス面 6 4 中の後端面 6 2 b 寄りの部分で且つ周方向 D c の端側部分に存在する複数の後通路 7 5 を流れる冷却空気 A c の総流量を抑えることができる。

40

【0060】

前述したように、後ヘッダ通路 7 4 中を流れる冷却空気 A c は、腹側通路 7 3 p 及び背側通路 7 3 n から遠ざかるに連れて、次第にヒートアップされて、冷却能力が低下する。しかしながら、本実施形態では、冷却能力が低下した冷却空気 A c を使い回すことで、冷却空気量の低減という優れた効果を得ることができる。すなわち、前述のように、衝突板 6 7 の空気孔 6 8 を経て、内側キャビティ 6 9 内に流入した冷却空気 A c は、内側キャビティ 6 9 を形成する面に衝突して、この面を衝突冷却する。この結果、この面と対向するガスパス面 6 4 は冷却される。さらに、衝突冷却後の冷却空気 A c は、腹側通路 7 3 p 及

50

び背側通路 7 3 n から後ヘッダ通路 7 4 を経て後通路 7 5 の後端面 6 2 b の開口から燃焼ガス流路 4 9 に排出される過程で各通路を対流冷却する。

【0061】

また、翼体 5 1 の形状や、外側シュラウド 6 0 o のガスパス面 6 4 中での翼体 5 1 の後縁部 5 3 の相対位置関係等から、外側シュラウド 6 0 o のガスパス面 6 4 中で翼体 5 1 の後縁部 5 3 よりも下流側 D a d であって腹側端面 6 3 に近い腹側領域 P P が、翼体 5 1 の後縁部 5 3 から流出した一部の冷却空気 A c により幾分冷却される。

【0062】

よって、本実施形態では、外側シュラウド 6 0 o のガスパス面 6 4 中の後端面 6 2 b 寄りの部分を効果的に冷却して、表面温度の上昇を抑制し、この外側シュラウド 6 0 o の耐久性を向上させつつ、この部分を冷却するための冷却空気 A c の流量を抑えることができる。また、本実施形態では、前述したように、冷却空気 A c を使い回すことにより、冷却空気 A c の流量をさらに抑えることができる。よって、本実施形態では、冷却空気 A c の流量低減により、ガスタービン全体の熱効率を向上させることができる。

【0063】

なお、図 5 では、腹側領域 P P 及び背側領域 N P における複数の後通路 7 5 の開口密度 $a 2 (= s 1 / p 2 \text{ 又は } s 2 / p 2)$ を、これらの領域 P P, N P 内で一定にしているが、開口密度 $a 2$ が開口密度 $a 1$ を下回る限り、これらの領域 P P, N P 内で多少異なってもよい。腹側領域 P P 及び背側領域 N P には、複数の後通路 7 5 の一部である腹側通路 7 3 p 及び背側通路 7 3 n と、これらの通路 7 3 p, 7 3 n と内径が異なる後通路 7 5 とが混在する。このため、腹側領域 P P 及び背側領域 N P における複数の後通路 7 5 の開口密度は、これらの領域 P P, N P 内で多少異なる可能性がある。よって、以下の実施形態においても、腹側領域 P P 及び背側領域 N P における複数の後通路 7 5 の開口密度は、これらの領域 P P, N P 内で多少異なってもよい。

【0064】

また、以上の実施形態において、腹側通路 7 3 p 及び背側通路 7 3 n における後ヘッダ通路 7 4 より下流側 D a u に延びている部分を成す後通路 7 5 の内径 $d 2$ は、中領域 M P の後通路 7 5 の内径 $d 1$ より大きい。しかしながら、腹側通路 7 3 p 及び背側通路 7 3 n における後ヘッダ通路 7 4 より下流側 D a u に延びている部分を成す後通路 7 5 の内径 $d 2$ は、中領域 M P の後通路 7 5 の内径 $d 1$ と同じであってもよい。但し、腹側通路 7 3 p 又は背側通路 7 3 n を流れる冷却空気中に含まれる錆等の異物で、下流側 D a u の後通路 7 5 が閉塞しないように、さらに、異物を下流側 D a u に排出し易くするために、本実施形態のように、腹側通路 7 3 p 及び背側通路 7 3 n における後ヘッダ通路 7 4 より下流側 D a u に延びている部分を成す後通路 7 5 の内径 $d 2$ が、中領域 M P の後通路 7 5 の内径 $d 1$ より大きいことが望ましい。

【0065】

以上の説明は、外側シュラウド 6 0 o を対象とした説明であるが、内側シュラウド 6 0 i も同様に説明できる。

【0066】

「翼の第二実施形態」

以下、本発明に係る翼の第二実施形態について、図 6 及び図 7 を参照して説明する。

【0067】

本実施形態の翼も、ガスタービンの静翼である。本実施形態の静翼は、第一実施形態における外側シュラウド 6 0 o 及び内側シュラウド 6 0 i の冷却空気 A c が通る通路を変更したもので、その他の構成は、第一実施形態の翼と同様である。

【0068】

図 6 に示すように、本実施形態の外側シュラウド 6 0 o にも、第一実施形態の翼と同様、腹側通路 7 3 p、背側通路 7 3 n、後ヘッダ通路 7 4、及び複数の後通路 7 5 が形成されている。

【0069】

なお、翼体 5 1 の背側面 5 4、及び外側シュラウド 6 0 o のガスパス面 6 4 中の後端面 6 2 b 寄りの部分で且つ周方向 D c の中央部分は、燃焼ガス G との熱伝達率が高くなり、他の部分に比べて燃焼ガス G により加熱される点は、第一実施形態と同様である。

【0070】

腹側通路 7 3 p 及び背側通路 7 3 n を除く後通路 7 5 の内径は、本実施形態においても、d 1 で、腹側通路 7 3 p 及び背側通路 7 3 n の内径 d 2 よりも小さい。よって、腹側通路 7 3 p 及び背側通路 7 3 n を除く後通路 7 5 の濡れ縁長さ s 1 は、腹側通路 7 3 p 及び背側通路 7 3 n の濡れ縁長さ s 2 より短い。

【0071】

本実施形態では、中領域 M P における複数の後通路 7 5 の開口の間隔は、第一実施形態と同様、p 1 である。腹側領域 P P における複数の後通路 7 5 の開口の間隔も、第一実施形態と同様、p 2 ($> p 1$) である。背側領域 N P における複数の後通路 7 5 の開口の間隔は、腹側領域 P P における複数の後通路 7 5 の開口の間隔 p 2 より大きい p 3 である。

【0072】

このため、図 7 に示すように、中領域 M P における複数の後通路 7 5 の開口密度 a 1 ($= s 1 / p 1$) は、第一実施形態と同様、腹側領域 P P における複数の後通路 7 5 の開口密度 a 2 ($= s 1 / p 2$ 又は $s 2 / p 2$) よりも高い。また、本実施形態では、背側領域 N P における複数の後通路 7 5 の開口密度 a 3 ($= s 1 / p 3$ 又は $s 2 / p 3$) は、腹側領域 P P における複数の後通路 7 5 の開口密度 a 2 ($= s 1 / p 2$ 又は $s 2 / p 2$) より低い。

【0073】

周方向 D c で互いに隣接する外側シュラウド 6 0 o 相互間の隙間 7 8 には、第一実施形態と同様、冷却空気 A c をシールするシール板 7 6 が配置されている。通常の運転状態では、燃焼ガス G がガスタービン車室 1 5 側に流れるのを防止するため、ガスタービン車室 1 5 及び冷却空気通路 4 2 p の空気の圧力は、燃焼ガス流路 4 9 を流れる燃焼ガス G の圧力より高くなるように調整されている。従って、通常の運転状態では、常時少量の冷却空気 A c が、隣接する外側シュラウド 6 0 o 相互間の隙間 7 8 を通って燃焼ガス流路 4 9 中に流入する。この際、冷却空気 A c は、隣接する外側シュラウド 6 0 o 相互間の隙間 7 8 に配置されているシール板 7 6 と外側シュラウド 6 0 o のシール溝 7 7 との間の僅かな隙間を流れる。翼間を流れる燃焼ガス G は、翼体 5 1 の背側面 5 4 及び腹側面 5 5 に沿って流れる。前述のように、背側面 5 4 に沿って流れる燃焼ガス G の流速は、腹側面 5 5 に沿って流れる燃焼ガス G の流速より速い。そのため、背側面 5 4 に沿って燃焼ガス G が流れる背側の流域は、腹側面 5 5 の沿う腹側の流域より圧力（静圧）が低くなる。従って、隙間 7 8 を経由して燃焼ガス G 中に漏れ出した冷却空気 A c と背側の流域を流れる燃焼ガス G との差圧は、隙間 7 8 から漏れ出した冷却空気 A c と腹側の流域を流れる燃焼ガス G との差圧よりも大きい。そのため、隙間 7 8 を経由して燃焼ガス G 中に漏れ出した大半の冷却空気 A c は、ガスパス面 6 4 に沿って、圧力の低い下流側の背側の流域に流入する。よって、外側シュラウド 6 0 o のガスパス面 6 4 中の後端面 6 2 b 寄りの部分で且つ周方向背側 D c n の部分は、燃焼ガス流路 4 9 内に流入した冷却空気 A c の影響を受けて、外側シュラウド 6 0 o のガスパス面 6 4 中の後端面 6 2 b 寄りの部分で且つ周方向腹側 D c p の部分よりも、冷却される。

【0074】

腹側通路 7 3 p 及び背側通路 7 3 n に流入した冷却空気 A c は、第一実施形態と同様に、後ヘッダ通路 7 4 に流入し、複数の後通路 7 5 を介して、外側シュラウド 6 0 o の後端面 6 2 b から外部に流出する。この際、冷却空気 A c が後ヘッダ通路 7 4 を流れる過程でヒートアップされ、冷却空気 A c の冷却能力が低下するのは、第一実施形態と同様である。

【0075】

前述したように、本実施形態では、外側シュラウド 6 0 o のガスパス面 6 4 中の後端面 6 2 b 寄りの部分で且つ周方向背側 D c n の部分は、外側シュラウド 6 0 o のガスパス面

10

20

30

40

50

64中の後端面62b寄りの部分で且つ周方向腹側Dc pの部分よりも、冷却される。そこで、本実施形態では、背側領域NPにおける複数の後通路75の開口密度 $a_3 (= s_1 / p_3 \text{ 又は } s_2 / p_3)$ を、腹側領域PPにおける複数の後通路75の開口密度 $a_2 (= s_1 / p_2 \text{ 又は } s_2 / p_2)$ より低くしている。この結果、本実施形態では、外側シュラウド60oのガスパス面64中の後端面62b寄りの部分で且つ周方向Dcの端側部分に存在する複数の後通路75を流れる冷却空気Acの総流量を抑えることができる。

【0076】

なお、前述のように、通常の運転状態では、常時少量の冷却空気Acが隣接する外側シュラウド60o相互間の隙間78を通して燃焼ガス流路49中に流入するのは、第一実施形態も同様である。但し、通常の運転状態におけるシール溝77内のシール板76の配置又は姿勢によっては、シール溝77とシール板76との僅かな隙間から燃焼ガス流路49へ流れ出す空気量が増大する場合がある。このような場合に適用されるのが、本実施形態である。

【0077】

「翼の第三実施形態」

以下、本発明に係る翼の第三実施形態について、図8及び図9を参照して説明する。

【0078】

本実施形態の翼も、ガスタービンの静翼である。本実施形態の静翼は、第一実施形態における外側シュラウド60o及び内側シュラウド60iの冷却空気Acが通る通路を変更したもので、その他の構成は、第一実施形態の翼と同様である。

【0079】

図8に示すように、本実施形態の外側シュラウド60oにも、第一実施形態の翼と同様、腹側通路73p、背側通路73n、後ヘッダ通路74、及び複数の後通路75が形成されている。

【0080】

腹側通路73p及び背側通路73nを除く後通路75の内径は、本実施形態においても、 d_1 で、腹側通路73p及び背側通路73nの内径 d_2 よりも小さい。よって、腹側通路73p及び背側通路73nを除く後通路75の濡れ縁長さ s_1 は、腹側通路73p及び背側通路73nの濡れ縁長さ s_2 より短い。

【0081】

本実施形態では、中領域MPにおける複数の後通路75の開口の間隔は、第一実施形態と同様、 p_1 である。背側領域NPにおける複数の後通路75の開口の間隔も、第一実施形態と同様、 $p_2 (> p_1)$ である。腹側領域PPにおける複数の後通路75の開口の間隔は、中領域MPにおける複数の後通路75の開口の間隔 p_1 と同じ p_1 である。

【0082】

このため、図9に示すように、中領域MPにおける複数の後通路75の開口密度 $a_1 (= s_1 / p_1)$ は、第一実施形態と同様、背側領域NPにおける複数の後通路75の開口密度 $a_2 (= s_1 / p_2 \text{ 又は } s_2 / p_2)$ よりも高い。また、本実施形態では、腹側領域PPにおける複数の後通路75の開口密度 $a_1 (= s_1 / p_1 \text{ 又は } s_2 / p_1)$ は、中領域MPにおける複数の後通路75の開口密度 $a_1 (= s_1 / p_1)$ と実質的に同じである。よって、腹側領域PPにおける複数の後通路75の開口密度 $a_1 (= s_1 / p_1 \text{ 又は } s_2 / p_1)$ は、背側領域NPにおける複数の後通路75の開口密度 $a_2 (= s_1 / p_2 \text{ 又は } s_2 / p_2)$ よりも高い。

【0083】

図3を用いて前述したように、翼体51の翼空気通路71から翼体51の翼面噴出通路72に流入した空気は、翼体51の前縁部52及び後縁部53から燃焼ガス流路49中に流出する。翼体51の後縁部53から流出した冷却空気Acの一部は、翼体51のみならず、外側シュラウド60oのガスパス面64中で翼体51の後縁部53よりも下流側Dadの部分で冷却する。しかしながら、第一実施形態と異なり、翼体51の形状や、外側シュラウド60oのガスパス面64中での翼体51の後縁部53の相対位置関係等から、翼

体51の後縁部53から流出した冷却空気Acの一部で、外側シュラウド60oのガスパス面64中で翼体51の後縁部53よりも下流側Dadの部分であまり冷却できない場合もある。

【0084】

本実施形態では、このような場合を考慮して、腹側領域PPにおける複数の後通路75の開口密度a1(=s1/p1又はs2/p1)を、背側領域NPにおける複数の後通路75の開口密度a2(=s1/p2又はs2/p2)よりも高くしている。この結果、本実施形態では、翼体51の形状や、外側シュラウド60oのガスパス面64中での翼体51の後縁部53の相対位置関係等から、翼体51の後縁部53から流出した冷却空気Acの一部で、外側シュラウド60oのガスパス面64中で翼体51の後縁部53よりも下流側Dadの部分であまり冷却できない場合でも、この部分を腹側領域PPにおける複数の後通路75を流れる冷却空気Acにより冷却することができる。

10

【0085】

なお、本実施形態では、腹側領域PPにおける複数の後通路75の開口密度a1(=s1/p1又はs2/p1)は、中領域MPにおける複数の後通路75の開口密度a1(=s1/p1)と実質的に同じである。しかしながら、腹側領域PPにおける複数の後通路75の開口密度は、中領域MPにおける複数の後通路75の開口密度a1(=s1/p1)より低く、背側領域NPにおける複数の後通路75の開口密度a2(=s1/p2又はs2/p2)よりも高くしてもよい。すなわち、腹側領域PPにおける複数の後通路75の開口密度と、中領域MPにおける複数の後通路75の開口密度(a1=s1/p1)とは、同じである必要はない。

20

【0086】

また、本実施形態は、第一実施形態の変形例としての実施形態であるが、第二実施形態においても、本実施形態と同様、腹側領域PPにおける複数の後通路75の開口密度を、中領域MPにおける複数の後通路75の開口密度a1(=s1/p1)と実質的に同じにしてもよい。

【0087】

「翼の第四実施形態」

以下、本発明に係る翼の第四実施形態について、図10を参照して説明する。

【0088】

本実施形態の翼も、ガスタービンの静翼である。本実施形態の静翼は、第二実施形態における外側シュラウド60o及び内側シュラウド60iの冷却空気Acが通る通路を変更したもので、その他の構成は、第二実施形態の翼と同様である。

30

【0089】

図10に示すように、本実施形態の外側シュラウド60oにも、第二実施形態の翼と同様、腹側通路73p、背側通路73n、及び複数の後通路75aが形成されている。但し、本実施形態の外側シュラウド60oには、第二実施形態における後ヘッダ通路74がない。このため、複数の後通路75aは、それぞれ、外側シュラウド60oの内側キャビティ69と連通し、この内側キャビティ69から直接冷却空気Acが流入するようになっている。

40

【0090】

腹側通路73p及び背側通路73nを除く後通路75aの内径は、本実施形態においても、d1で、腹側通路73p及び背側通路73nの内径d2よりも小さい。よって、腹側通路73p及び背側通路73nを除く後通路75aの濡れ縁長さs1は、腹側通路73p及び背側通路73nの濡れ縁長さs2より短い。

【0091】

本実施形態では、中領域MPにおける複数の後通路75aの開口の間隔p1、腹側領域PPにおける複数の後通路75aの開口の間隔p2、及び、背側領域NPにおける複数の後通路75aの開口の間隔p3は、いずれも第二実施形態と同様である。

【0092】

50

このため、本実施形態では、中領域MPにおける複数の後通路75aの開口密度 $a1 (= s1 / p1)$ 、腹側領域PPにおける複数の後通路75aの開口密度 $a2 (= s1 / p2$ 又は $s2 / p2)$ 、背側領域NPにおける複数の後通路75aの開口密度 $a3 (= s1 / p3$ 又は $s2 / p3)$ は、いずれも第二実施形態と同様である。

【0093】

従って、本実施形態でも、第二実施形態と実質的に同様の効果を得ることができる。

【0094】

また、本実施形態では、複数の後通路75aに流入する冷却空気Acが、第二実施形態のように腹側通路73p又は背側通路73n及び後ヘッダ通路74を経ずに、内側キャビティ69から流入する。すなわち、本実施形態では、第二実施形態とは異なり、衝突板67の空気孔68を経て内側キャビティ69内に流入した冷却空気Acは、内側キャビティ69を形成する面に衝突して、この面を衝突冷却した後、直接内側キャビティ69から後通路75に流入する。従って、本実施形態では、後通路75に流入する冷却空気Acが、第一及び第二実施形態の後ヘッダ通路74内を流れる冷却空気Acのようにヒートアップしない。このため、本実施形態では、複数の後通路75aに流入する冷却空気Acの温度が、第二実施形態で複数の後通路75に流入する冷却空気Acの温度よりも低い。よって、本実施形態では、第二実施形態よりも、外側シュラウド60oのガスパス面64中の後端面62b寄りの部分を冷却することができる。

【0095】

このように、複数の後通路75aに流入する冷却空気Acは、第二実施形態のように腹側通路73p又は背側通路73n及び後ヘッダ通路74を経なくてもよい。例えば、外側シュラウド60o、翼体51、内側シュラウド60i内に連なって形成されている複数の翼空気通路71（空洞）のいずれかに、複数の後通路のそれぞれを直接連通させてもよい。

【0096】

なお、本実施形態は、第二実施形態の変形例としての実施形態であるが、第一及び第三実施形態においても、その変形例として、複数の後通路を内側キャビティ69（空洞）や翼空気通路71（空洞）と直接連通させてよい。

【0097】

「翼の第五実施形態」

以下、本発明に係る翼の第五実施形態について、図11及び図13を参照して説明する。

【0098】

第五実施形態の翼も、ガスタービンの静翼である。第五実施形態の静翼は、第一実施形態における二つの静翼を一体化したものである。

【0099】

図11に示すように、第五実施形態の静翼50aは、第一実施形態における二つの静翼50の外側シュラウド60o相互をボルト及びナットで連結すると共に、内側シュラウド60i相互をボルト79b及びナット79nで連結したものである。この結果、二つの静翼50の外側シュラウド60oが一体化する共に、二つの静翼50の内側シュラウド60iが一体化する。このように、二つの静翼50をボルト79b及びナット79nで連結したものを結合静翼と呼ぶことがあるが、ここでは、単に静翼50aと呼ぶ。

【0100】

本実施形態では、第一実施形態における二つの静翼50の外側シュラウド60oが一体化したものを単に外側シュラウド60oaと呼び、第一実施形態における二つの静翼50の各外側シュラウド60oを分割外側シュラウド部60ocと呼ぶ。また、第一実施形態における二つの静翼50の内側シュラウド60iが一体化したものを単に内側シュラウドと呼び、第一実施形態における二つの静翼50の各内側シュラウド60iを分割内側シュラウド部と呼ぶ。このため、本実施形態の静翼50aでは、一つの外側シュラウド60oa及び一つの内側シュラウドに対して、二つの翼体51が設けられていることになる。さ

らに、本実施形態では、第一実施形態における二つの静翼 5 0 の外側シュラウド本体 6 1 が一体化したものを単に外側シュラウド本体 6 1 a と呼ぶ。

【0101】

なお、一体化された複数の分割外側シュラウド部 6 0 o c の相互間、又は一体化された複数の分割内側シュラウドの相互間には、第一実施形態のようなシール板が存在せず、両者は隙間なく周方向 D c に締結されている。但し、複数の分割外側シュラウド部 6 0 o c を一体化した外側シュラウド 6 0 o a と、これに周方向 D c に隣接して配置される外側シュラウド 6 0 o a との間には、第一実施形態と同様に、隙間が形成され、シール板が配置されている。分割内側シュラウドの場合も同様である。

【0102】

分割外側シュラウド部 6 0 o c の構成は、第一実施形態の外側シュラウド 6 0 o の構成と基本的に同じである。このため、各分割外側シュラウド部 6 0 o c には、腹側通路 7 3 p、背側通路 7 3 n、後ヘッダ通路 7 4、及び複数の後通路 7 5 が形成されている。

【0103】

本実施形態においても、外側シュラウド本体 6 1 a の後端面 6 2 b 中で、背側端面 6 3 n との縁及び腹側端面 6 3 p の縁を含まない中領域 M P とする。また、後端面 6 2 b 中で背側端面 6 3 n との縁を含み中領域 M P と周方向 D c で隣接する背側領域 N P とする。また、後端面 6 2 b 中で腹側端面 6 3 p との縁を含み中領域 M P と周方向 D c で隣接する腹側領域 P P とする。さらに、本実施形態では、中領域 M P 中で二つの翼体 5 1 の相互間を含む領域を翼間領域 M P b とし、中領域 M P 中で翼体 5 1 に対する軸方向下流側 D a d で

【0104】

腹側通路 7 3 p 及び背側通路 7 3 n を除く後通路 7 5 の内径は、本実施形態においても、d 1 で、腹側通路 7 3 p 及び背側通路 7 3 n の内径 d 2 よりも小さい。よって、腹側通路 7 3 p 及び背側通路 7 3 n を除く後通路 7 5 の濡れ縁長さ s 1 は、腹側通路 7 3 p 及び背側通路 7 3 n の濡れ縁長さ s 2 より短い。

【0105】

本実施形態において、腹側領域 P P 及び背側領域 N P における複数の後通路 7 5 の開口の間隔は、p 2 である。中領域 M P 中の翼下流領域 M P d における複数の後通路 7 5 の開口の間隔は、p 1 ($< p 2$) である。中領域 M P 中の翼間領域 M P b における複数の後通路 7 5 の開口の間隔は、p 4 である。この翼間領域 M P b における複数の後通路 7 5 の開口の間隔 p 4 は、翼下流領域 M P d における複数の後通路 7 5 の開口の間隔 p 1 より大きく、腹側領域 P P 及び背側領域 N P における複数の後通路 7 5 の開口の間隔 p 2 より小さい。

【0106】

このため、図 1 3 に示すように、中領域 M P 中の翼下流領域 M P d における複数の後通路 7 5 の開口密度 $a 1 (= s 1 / p 1)$ は、腹側領域 P P 及び背側領域 N P における複数の後通路 7 5 の開口密度 $a 2 (= s 1 / p 2$ 又は $s 2 / p 2)$ よりも高い。また、本実施形態では、中領域 M P 中で翼間領域 M P b における複数の後通路 7 5 の開口密度 $a 4 (= s 1 / p 4$ 又は $s 2 / p 4)$ は、中領域 M P 中の翼下流領域 M P d における複数の後通路 7 5 の開口密度 $a 1 (= s 1 / p 1)$ より低く、腹側領域 P P 及び背側領域 N P における複数の後通路 7 5 の開口密度 $a 2 (= s 1 / p 2$ 又は $s 2 / p 2)$ より高い。

【0107】

本実施形態では、外側シュラウド 6 0 o a のガスパス面 6 4 中の後端面 6 2 b 寄りの部分で且つ周方向 D c の端側部分を除く外側シュラウド 6 0 o a の中央部分は、第一実施形態と同様に、翼体 5 1 の背側面 5 4 に沿って流れる燃焼ガス G の影響により、燃焼ガス G との熱伝達率が高くなり、周方向 D c に隣接する他の部分に比べて燃焼ガス G により加熱される。この領域が、翼下流領域 M P d に相当する。一方、この翼下流領域 M P d と周方向 D c に隣接する部分で、翼体 5 1 の背側面 5 4 に沿って流れる燃焼ガス G により加熱さ

10

20

30

40

50

れるガスパス面64中の後端面62b寄りの部分である領域は、翼体51の後縁部53から流出する冷却空気Acにより幾分冷却される。この領域が、翼間領域MPbに相当する。

【0108】

そこで、本実施形態では、中領域MP中で翼間領域MPbにおける複数の後通路75の開口密度 $a_4 (= s_1 / p_4 \text{ 又は } s_2 / p_4)$ を、中領域MP中の翼下流領域MPdにおける複数の後通路75の開口密度 $a_1 (= s_1 / p_1)$ より低くしている。この結果、本実施形態では、外側シュラウド60o aのガスパス面64中の後端面62b寄りの部分に存在する複数の後通路75を流れる冷却空気Acの総流量を抑えることができる。

【0109】

「翼の第六実施形態」

以下、本発明に係る翼の第六実施形態について、図12及び図13を参照して説明する。

【0110】

第六実施形態の翼も、ガスタービンの静翼である。第六実施形態の静翼も、第五実施形態と同様、第一実施形態における二つの静翼を一体化したものである。

【0111】

但し、本実施形態の静翼50bは、図12に示すように、第一実施形態における二つの静翼50の外側シュラウド60o相互をボルト及びナットで連結したものではなく、二つの静翼50を一体鋳造したものである。このように、二つの静翼50を一体鋳造したものを静翼セグメントと呼ぶことがあるが、ここでは、単に静翼50bと呼ぶ。このため、本実施形態の静翼50bでは、一つの外側シュラウド60o b及び一つの内側シュラウドに対して、二つの翼体51が設けられていることになる。

【0112】

本実施形態の外側シュラウド60o bも、第一実施形態の外側シュラウド60oと同様、外側シュラウド本体61b、前周壁65f、後周壁65b、及び一对の側周壁65p、65nと、を有する。但し、本実施形態の外側シュラウド60o bには、第五実施形態の外側シュラウド60o bにおける二つの翼体51の相互間の側周壁65p、65nは設けられていない。

【0113】

本実施形態の外側シュラウド60o bにも、第一実施形態の外側シュラウド60oと同様に、腹側通路73p、背側通路73n、後ヘッダ通路74、及び複数の後通路75が形成されている。

【0114】

本実施形態においても、外側シュラウド本体61bの後端面62b中で、背側端面63nとの縁及び腹側端面63pの縁を含まない中領域MPとする。また、後端面62b中で背側端面63nとの縁を含み中領域MPと周方向Dcで隣接する背側領域NPとする。また、後端面62b中で腹側端面63pとの縁を含み中領域MPと周方向Dcで隣接する腹側領域PPとする。さらに、本実施形態では、第五実施形態と同様、中領域MP中で二つの翼体51の相互間を含む領域を翼間領域MPbとし、中領域MP中で翼体51に対する軸方向下流側Dadであって翼間領域MPbを除く領域を翼下流領域MPdとする。各領域MPb、MPd、NP、PPには、周方向Dcに並ぶ3以上の後通路75の開口が形成されている。

【0115】

腹側通路73p及び背側通路73nを除く後通路75の内径は、本実施形態においても、d1で、腹側通路73p及び背側通路73nの内径d2よりも小さい。よって、腹側通路73p及び背側通路73nを除く後通路75の濡れ縁長さs1は、腹側通路73p及び背側通路73nの濡れ縁長さs2より短い。

【0116】

本実施形態において、各領域MPb、MPd、NP、PPにおける複数の後通路75の

10

20

30

40

50

開口の間隔は、第五実施形態と同じである。すなわち、本実施形態において、腹側領域 P P 及び背側領域 N P における複数の後通路 7 5 の開口の間隔は、 p_2 である。中領域 M P 中の翼下流領域 M P d における複数の後通路 7 5 の開口の間隔は、 p_1 ($< p_2$) である。中領域 M P 中の翼間領域 M P b における複数の後通路 7 5 の開口の間隔は、 p_4 である。この翼間領域 M P b における複数の後通路 7 5 の開口の間隔 p_4 は、翼下流領域 M P d における複数の後通路 7 5 の開口の間隔 p_1 より大きく、腹側領域 P P 及び背側領域 N P における複数の後通路 7 5 の開口の間隔 p_2 より小さい。

【0117】

このため、本実施形態においても、図 1 3 に示すように、第五実施形態と同様、中領域 M P 中の翼下流領域 M P d における複数の後通路 7 5 の開口密度 a_1 ($= s_1 / p_1$) は、腹側領域 P P 及び背側領域 N P における複数の後通路 7 5 の開口密度 a_2 ($= s_1 / p_2$ 又は s_2 / p_2) よりも高い。また、本実施形態では、中領域 M P 中で翼間領域 M P b における複数の後通路 7 5 の開口密度 a_4 ($= s_1 / p_4$ 又は s_2 / p_4) は、中領域 M P 中の翼下流領域 M P d における複数の後通路 7 5 の開口密度 a_1 ($= s_1 / p_1$) より低く、腹側領域 P P 及び背側領域 N P における複数の後通路 7 5 の開口密度 a_2 ($= s_1 / p_2$ 又は s_2 / p_2) より高い。

【0118】

よって、本実施形態でも、第五実施形態と同様に、外側シュラウド 6 0 o b のガスパス面 6 4 中の後端面 6 2 b 寄りの部分に存在する複数の後通路 7 5 を流れる冷却空気 A c の総流量を抑えることができる。

【0119】

なお、第五実施形態及び第六実施形態では、いずれも、中領域 M P 中で翼間領域 M P b における複数の後通路 7 5 の開口密度 a_4 ($= s_1 / p_4$ 又は s_2 / p_4) を、中領域 M P 中の翼下流領域 M P d における複数の後通路 7 5 の開口密度 a_1 ($= s_1 / p_1$) より低くしている。しかしながら、中領域 M P 中で翼間領域 M P b における複数の後通路 7 5 の開口密度と、中領域 M P 中の翼下流領域 M P d における複数の後通路 7 5 の開口密度と、を同じくしてもよい。すなわち、中領域 M P 中における複数の後通路 7 5 の開口密度を一定にしてもよい。

【0120】

また、第五実施形態及び第六実施形態の静翼は、いずれも、第一実施形態の二つの静翼 5 0 を一体化したものであるが、三以上の静翼 5 0 を一体化してもよい。

【0121】

また、第五実施形態及び第六実施形態の静翼は、いずれも、第一実施形態の静翼 5 0 を一体化したものであるが、第二実施形態の静翼を一体化しても、第三実施形態の静翼を一体化してもよい。

【0122】

第二実施形態の静翼を一体化した場合、図 1 4 に示すように、背側領域 N P における複数の後通路 7 5 の開口密度 a_3 ($= s_1 / p_3$ 又は s_2 / p_3) は、腹側領域 P P における複数の後通路 7 5 の開口密度 a_2 ($= s_1 / p_2$ 又は s_2 / p_2) より小さくなる。

【0123】

また、第三実施形態の静翼を一体化した場合、図 1 5 に示すように、腹側領域 P P における複数の後通路 7 5 の開口密度 a_1 ($= s_1 / p_1$ 又は s_2 / p_1) は、中領域 M P 中の翼下流領域 M P d における複数の後通路 7 5 の開口密度 a_1 ($= s_1 / p_1$) と実質的に同じとなる。

【0124】

また、第五実施形態及び第六実施形態においても、第四実施形態と同様、複数の後通路 7 5 を内側キャビティ 6 9 や翼空気通路 7 1 と直接連通させてよい。

【0125】

また、以上の各実施形態の内側シュラウド 6 0 i は、前述したように、外側シュラウド 6 0 o と基本的構造が同じである。このため、内側シュラウド 6 0 i は、軸方向 D a 及び

10

20

30

40

50

周方向D cに広がる板状の内側シュラウド本体と、内側シュラウド本体の外周縁に沿って内側シュラウド本体から径方向内側D r iに突出する周壁と、を有する。

【0126】

「翼の第七実施形態」

以下、本発明に係る翼の第七実施形態について、図16及び図17を参照して説明する。

【0127】

本実施形態の翼も、ガスタービンの静翼である。本実施形態の静翼は、第一実施形態における外側シュラウド60o及び内側シュラウド60iに、冷却空気A cが通る通路を追加したもので、その他の構成は、第一実施形態の翼と同様である。

10

【0128】

図16に示すように、本実施形態の外側シュラウド60oにも、第一実施形態の翼と同様、腹側通路73p、背側通路73n、後ヘッダ通路74、及び複数の後通路75が形成されている。本実施形態の外側シュラウド60oには、さらに、第一ガスパス面噴出通路81及び第二ガスパス面噴出通路82が形成されている。なお、図16は、外側シュラウド60oを径方向内側D r iから見た平面図である。

【0129】

複数の第一ガスパス面噴出通路81は、図17に示すように、軸方向D aに延びている。複数の第一ガスパス面噴出通路81の上流側D a uの端は、後ヘッダ通路74につながっている。また、複数の第一ガスパス面噴出通路81の下流側D a dの端は、ガスパス面64で開口している。複数の第一ガスパス面噴出通路81におけるガスパス面64での開口は、翼体51の後縁部53よりも下流側D a dの領域で外側シュラウド60oの後端面62bに沿って並んでいる。よって、複数の第一ガスパス面噴出通路81におけるガスパス面64での開口は、周方向D cに並んでいる。

20

【0130】

複数の第二ガスパス面噴出通路82は、軸方向D aに延びている。複数の第二ガスパス面噴出通路82の上流側D a uの端は、後周壁65bの面であって凹部66に面する内面と、この凹部66の底面との角近傍で開口している。複数の第二ガスパス面噴出通路82の下流側D a dの端は、ガスパス面64で開口している。複数の第二ガスパス面噴出通路82におけるガスパス面64での開口は、翼体51の後縁部53よりも下流側D a dの領域で外側シュラウド60oの後端面62bに沿って並んでいる。よって、複数の第二ガスパス面噴出通路82におけるガスパス面64での開口も、周方向D cに並んでいる。

30

【0131】

複数の第一ガスパス面噴出通路81におけるガスパス面64での開口、及び複数の第二ガスパス面噴出通路82におけるガスパス面64での開口は、いずれも、ガスパス面64中で周方向D cにおける中領域M Pに形成されている。また、複数の第一ガスパス面噴出通路81、及び複数の第二ガスパス面噴出通路82は、いずれも、ガスパス面64に近づく連れて次第に下流側D a dに向くようガスパス面64に対して傾斜している。なお、中領域M Pの意義については後述する。

【0132】

後ヘッダ通路74を流れる冷却空気A cの一部は、複数の第一ガスパス面噴出通路81に流入する。複数の第一ガスパス面噴出通路81に流入した冷却空気は、燃焼ガス流路49に流出する。この際、この冷却空気A cは、ガスパス面64に沿って流れ、このガスパス面64をフィルム冷却する。また、内側キャビティ69内の冷却空気A cの一部は、複数の第二ガスパス面噴出通路82に流入する。複数の第二ガスパス面噴出通路82に流入した冷却空気A cは、燃焼ガス流路49に流出する。この際、この冷却空気A cは、ガスパス面64に沿って流れ、このガスパス面64をフィルム冷却する。

40

【0133】

腹側通路73pからの冷却空気A cは、後ヘッダ通路74の周方向腹側D c pの端から後ヘッダ通路74内に流入する。この冷却空気A cは、後ヘッダ通路74内を周方向背側

50

D c nに流れる過程で、順次、複数の後通路75に流入する。また、背側通路73 nからの冷却空気A cは、後ヘッダ通路74の周方向背側D c nの端から後ヘッダ通路74内に流入する。この冷却空気A cは、後ヘッダ通路74内を周方向腹側D c pに流れる過程で、順次、複数の後通路75に流入する。このため、後ヘッダ通路74における周方向D cの中領域M Pで流れる冷却空気A cの流量は、後ヘッダ通路74における周方向D cの両端側で流れる冷却空気A cの流量よりも少なくなる。このように、後ヘッダ通路74における周方向D cの中領域M Pで流れる冷却空気A cの流量が少なくなると、後ヘッダ通路74における周方向D cの中領域M Pで流れる冷却空気の流速は、後ヘッダ通路74における周方向D cの両端側で流れる冷却空気A cの流速よりも少なくなる。従って、後ヘッダ通路74を流れる冷却空気A cと外側シュラウド60 oとの間の熱伝達率は、後ヘッダ通路74における周方向D cの中領域M Pが後ヘッダ通路74における周方向D cの両端側よりも小さくなる。しかも、後ヘッダ通路74を流れる冷却空気A cは、周方向D cの両端側から周方向D cの中領域M Pに流れる過程で次第に加熱される。このため、後ヘッダ通路74を流れる冷却空気A cによる対流冷却の効果は、周方向D cの両端側よりも周方向D cの中領域M Pで低くなる。

10

【0134】

さらに、前述したように、ガスパス面64中の後端面62 b寄りの部分で且つ周方向D cの中領域M Pでは、燃焼ガスGとガスパス面64との間の熱伝達率が高なり、他の部分に比べて燃焼ガスGにより加熱され易い。

【0135】

20

すなわち、ガスパス面64中の後端面62 b寄りの部分で且つ周方向D cの中領域M Pでは、後ヘッダ通路74を流れる冷却空気A cによる対流冷却の効果が低い上に、燃焼ガスGにより加熱され易い。

【0136】

そこで、本実施形態では、ガスパス面64中の後端面62 b寄りの部分で且つ周方向D cの中領域M Pの冷却能力を高めるため、ガスパス面64中の後端面62 b寄りの部分で且つ周方向D cの中領域M Pで開口する複数の第一ガスパス面噴出通路81及び複数の第二ガスパス面噴出通路82を設けている。

【0137】

なお、本実施形態では、複数の第一ガスパス面噴出通路81と複数の第二ガスパス面噴出通路82とを設けているが、いずれか一方のガスパス面噴出通路のみを設けてもよい。

30

【0138】

また、本実施形態では、複数の第一ガスパス面噴出通路81におけるガスパス面64での開口は、周方向D cに并列に並んでいる。しかしながら、周方向D cに並ぶ開口の列は、複数あってもよい。また、本実施形態では、複数の第二ガスパス面噴出通路82におけるガスパス面64での開口も、周方向D cに并列に並んでいる。しかしながら、周方向D cに並ぶこの開口の列も、複数あってもよい。

【0139】

また、本実施形態は、第一実施形態の外側シュラウド60 oの変形例である。しかしながら、以上の各実施形態及び以下の実施形態における流路形成板に、本実施形態と同様に、複数の第一ガスパス面噴出通路81、及び／又は複数の第二ガスパス面噴出通路82を設けてもよい。

40

【0140】

「翼の第八実施形態」

以下、本発明に係る翼の第八実施形態について、図18及び図19を参照して説明する。

【0141】

第七実施形態の翼は、以上の各実施形態と異なり、ガスタービンの動翼である。図18に示すように、本実施形態の動翼150は、径方向D rに延びる翼体151と、翼体151の径方向内側D r iに形成されているプラットフォーム160と、プラットフォーム1

50

60の径方向内側D r iに形成されている翼根157と、を有している。翼体151は、燃焼ガス流路49（図2参照）内に配置されている。プラットフォーム160は、環状の燃焼ガス流路49の径方向内側D r iの位置を画定する。よって、プラットフォーム160は、燃焼ガス流路49の一部を画定する流路形成板である。

【0142】

翼体151は、上流側D a uの端部が前縁部152を成し、下流側D a dの端部が後縁部153を成す。この翼体151の表面で、周方向D cを向く面のうち、凸状の面が背側面154（＝負圧面）を成し、凹状の面が腹側面155（＝正圧面）を成す。なお、以下の説明の都合上、周方向D cで翼体151の腹側（＝正圧面側）を周方向腹側D c p、翼体151の背側（＝負圧面側）を周方向背側D c nとする。この動翼150の周方向背側D c nは、ロータ軸42の回転方向前方側である。一方、先に説明した静翼50の周方向背側D c nは、ロータ軸42の回転方向後方側である。よって、この動翼150の周方向背側D c nは、周方向D cにおいて、静翼50の周方向背側D c nとは逆側である。また、軸方向D aの上流側D a uを前側、軸方向D aの下流側D a dを後側ということもある。

10

【0143】

翼根157は、翼体151の翼弦に対して垂直な断面形状が径方向内側D r iに向って拡幅部と縮幅部とが交互に繰り返されるクリスマスツリー形状を成している。前述のロータ軸42には、この翼根157が嵌まり込む翼根溝が形成されている。

【0144】

プラットフォーム160は、軸方向D a及び周方向D cに広がる板状のプラットフォーム本体161と、プラットフォーム本体161の下流側D a dから下流側D a dに突出する後突出部167bと、プラットフォーム本体161の上流側D a uから上流側D a uに突出する前突出部167fと、を有する。

20

【0145】

プラットフォーム本体161は、上流側D a uの端面である前端面162fと、下流側D a dの端面である後端面162bと、周方向腹側D c pの端面である腹側端面163pと、周方向背側D c nの端面である背側端面163nと、径方向外側D r oを向くガスパス面164と、が形成されている。前端面162fと後端面162bとは、ほぼ平行である。また、腹側端面163pと背側端面163nとは、ほぼ平行である。よって、プラットフォーム本体161は、径方向D cから見た場合、図17に示すように、平行四辺形状を成している。周方向D cで隣り合っている二つの動翼150のプラットフォーム160のうち、一方の動翼150におけるプラットフォーム160の腹側端面163pと、他方の動翼150におけるプラットフォーム160の背側端面163nとは対向する。また、動翼150の前端面162fは、この動翼150の上流側D a uに隣接する静翼における内側シュラウドの後端面と対向する。動翼150の後端面162bは、この動翼150の下流側D a dに隣接する静翼における内側シュラウドの前端面と対向する。

30

【0146】

後突出部167bは、プラットフォーム本体161の後端面162bに対して、径方向内側D r iにシフトした位置から下流側D a dに突出している。この後突出部167bは、プラットフォーム本体161の後端面162bに沿って形成されている。前突出部167fは、プラットフォーム本体161の前端面162fに対して、径方向内側D r iにシフトした位置から上流側D a uに突出している。この前突出部167fは、プラットフォーム本体161の前端面162fに沿って形成されている。

40

【0147】

動翼150には、径方向D cに延びる複数の翼空気通路171（空洞）が形成されている。各翼空気通路171は、いずれも、翼体151、プラットフォーム160、翼根157のうち、少なくとも翼体151からプラットフォーム160にかけて連なって形成されている。複数の翼空気通路171は、翼体151の翼弦に沿って並んでいる。隣接する翼空気通路171の一部は、翼体151内の径方向外側D r oの部分、又はプラットフォーム

50

ム 1 6 0 の径方向内側 D r i の部分で互いに連通している。また、複数の翼空気通路 1 7 1 のうち、いずれかは、翼体 1 5 1、プラットフォーム 1 6 0、翼根 1 5 7 にかけて連なって形成されて、翼根 1 5 7 の径方向内側 D r i の端で開口している。この翼空気通路 1 7 1 には、この開口から、ロータ軸 4 2 の冷却空気通路 4 2 p (図 2 参照) を流れて冷却空気 A c が流入する。

【0148】

翼体 1 5 1 の前縁部 1 5 2 及び後縁部 1 5 3 には、翼空気通路 1 7 1 から燃焼ガス流路 4 9 へ貫通する複数の翼面噴出通路 1 7 2 が形成されている。翼体 1 5 1 は、翼空気通路 1 7 1 内を冷却空気 A c が流れる過程で冷却される。また、翼空気通路 1 7 1 に流入した冷却空気 A c は、この翼面噴出通路 1 7 2 から燃焼ガス流路 4 9 内に流出する。このため、翼体 1 5 1 の前縁部 1 5 2 及び後縁部 1 5 3 は、冷却空気 A c が翼面噴出通路 1 7 2 を流れる過程で冷却される。さらに、翼面噴出通路 1 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 1 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。

【0149】

プラットフォーム本体 1 6 1 には、図 1 9 に示すように、複数の翼空気通路 1 7 1 のうち、最も上流側 D a u の第一翼空気通路 1 7 1 a と連通している腹側通路 1 7 3 p 及び背側通路 1 7 3 n とが形成されている。腹側通路 1 7 3 p は、第一翼空気通路 1 7 1 a から周方向腹側 D c p に向かって、腹側端面 1 6 3 p 近くまで延びる周方向通路部 1 7 3 p c と、この周方向通路部 1 7 3 p c の周方向腹側 D c p の端から腹側端面 1 6 3 p に沿って軸方向 D a 成分を有する方向に延びる軸方向通路部 1 7 3 p a とを有する。背側通路 1 7 3 n は、第一翼空気通路 1 7 1 a から周方向背側 D c n に向かって、背側端面 1 6 3 n 近くまで延びる周方向通路部 1 7 3 n c と、この周方向通路部 1 7 3 n c の周方向背側 D c n の端から背側端面 1 6 3 n に沿って軸方向 D a 成分を有する方向に延びる軸方向通路部 1 7 3 n a とを有する。腹側通路 1 7 3 p 及び背側通路 1 7 3 n は、いずれも、その下流端でプラットフォーム本体 1 6 1 の後端面 1 6 2 b で開口している。プラットフォーム本体 1 6 1 には、後端面 1 6 2 b に沿って周方向 D c に延びる後ヘッダ通路 1 7 4 が形成されている。さらに、プラットフォーム本体 1 6 1 には、後ヘッダ通路 1 7 4 から下流側 D a d に延び、後端面 1 6 2 b で開口する複数の後通路 1 7 5 が形成されている。複数の後通路 1 7 5 は、周方向 D c に並んでいる。腹側通路 1 7 3 p 及び背側通路 1 7 3 n 中で、後ヘッダ通路 1 7 4 と連通している位置よりも下流側 D a d の部分は、後端面 1 6 2 b で開口する後通路 1 7 5 を成す。

【0150】

腹側通路 1 7 3 p、背側通路 1 7 3 n を含む後通路 1 7 5 の断面形状は、いずれも円形である。腹側通路 1 7 3 p 及び背側通路 1 7 3 n を除く後通路 1 7 5 の内径 d 1 は、互いに同じで、腹側通路 1 7 3 p 及び背側通路 1 7 3 n の内径 d 2 よりも小さい。よって、腹側通路 1 7 3 p 及び背側通路 1 7 3 n を除く後通路 1 7 5 の濡れ縁長さ s 1 は、互いに同じで、腹側通路 1 7 3 p 及び背側通路 1 7 3 n の濡れ縁長さ s 2 より短い。

【0151】

ここで、プラットフォーム本体 1 6 1 の後端面 1 6 2 b 中で、背側端面 1 6 3 n との縁及び腹側端面 1 6 3 p の縁を含まない中領域 M P とする。また、後端面 1 6 2 b 中で背側端面 1 6 3 n との縁を含み中領域 M P と周方向 D c で隣接する背側領域 N P とする。さらに、後端面 1 6 2 b 中で腹側端面 1 6 3 p との縁を含み中領域 M P と周方向 D c で隣接する腹側領域 P P とする。各領域 M P、N P、P P には、周方向 D c に並ぶ 3 以上の後通路 1 7 5 の開口が形成されている。

【0152】

中領域 M P における複数の後通路 1 7 5 の開口の間隔は、p 1 である。背側領域 N P における複数の後通路 1 7 5 の開口の間隔、及び腹側領域 P P における複数の後通路 1 7 5 の開口の間隔は、いずれも p 2 である。中領域 M P における複数の後通路 1 7 5 の開口の間隔 p 1 は、背側領域 N P 及び腹側領域 P P における複数の後通路 1 7 5 の開口の間隔 p

10

20

30

40

50

2より小さい。

【0153】

このため、図5に示すように、中領域MPにおける複数の後通路175の開口密度 a_1 ($=s_1/p_1$)は、腹側領域PP及び背側領域NPにおける複数の後通路175の開口密度 a_2 ($=s_1/p_2$ 又は s_2/p_2)よりも高い。

【0154】

動翼150においても、先に説明した静翼と同様、プラットフォーム本体161のガスパス面164中の後端面162b寄りの部分で且つ周方向Dcの中央部分では、他の部分に比べて燃焼ガスGにより加熱され易い。しかも、この中央部分に存在する一つの後通路175を流れる冷却空気Acの冷却能力が、他の部分に存在する一つの後通路175を流れる冷却空気Acの冷却能力よりも低い。逆に、プラットフォーム160のガスパス面164中の後端面162b寄りの部分で且つ周方向Dcの端側部分では、周方向Dcの中央部分に比べて、燃焼ガスGによる加熱量が少ない。しかも、プラットフォーム160のガスパス面164中の後端面162b寄りの部分で且つ周方向Dcの端側部分に存在する一つの後通路175を流れる冷却空気Acの冷却能力が、周方向Dcの中央部分に存在する一つの後通路175を流れる冷却空気Acの冷却能力よりも高い。

10

【0155】

そこで、本実施形態では、第一実施形態の静翼と同様、中領域MPにおける複数の後通路175の開口密度 a_1 ($=s_1/p_1$)を、腹側領域PP及び背側領域NPにおける複数の後通路175の開口密度 a_2 ($=s_1/p_2$ 又は s_2/p_2)よりも高めている。この結果、本実施形態では、プラットフォーム160のガスパス面164中の後端面162b寄りの部分で且つ周方向Dcの中央部分における冷却能力を高めることができ、翼の耐久性を向上させることができる。さらに、本実施形態では、プラットフォーム160のガスパス面164中の後端面162b寄りの部分で且つ周方向Dcの端側部分に存在する複数の後通路175を流れる冷却空気Acの総流量を抑えることができる。

20

【0156】

よって、本実施形態では、プラットフォーム160のガスパス面164中の後端面162b寄りの部分を効果的に冷却して、このプラットフォーム160の耐久性を向上させつつも、この部分を冷却するための冷却空気Acの流量を抑えることができる。

【0157】

なお、本実施形態では、複数の翼空気通路171のうち、最も上流側Daの第一翼空気通路171aに対して、腹側通路173p及び背側通路173nを連通させているが、他の翼空気通路171に腹側通路173p及び背側通路173nを連通させてもよい。また、腹側通路173pと背側通路173nとは、同一の翼空気通路171に連通させる必要はなく、互いに異なる翼空気通路171に連通させてもよい。

30

【0158】

また、本実施形態では、複数の後通路175に流入する冷却空気Acは、翼空気通路171から腹側通路173p又は背側通路173n及び後ヘッダ通路174を経なくてもよい。例えば、複数の翼空気通路171のいずれかに、複数の後通路175のそれぞれを直接連通させてもよい。

40

【0159】

また、本実施形態は、第一実施形態の静翼で空気が流れる通路の構成を動翼に適用したものであるが、第二実施形態及び第三実施形態の静翼で空気が流れる通路の構成を動翼に適用してもよい。

【0160】

「変形例」

以上の実施形態では、腹側通路及び背側通路を含む後通路の断面形状は、全て円形である。しかしながら、腹側通路及び背側通路を含む後通路の断面形状は、例えば、四角形等、他の形状であってもよい。また、複数の後通路の断面形状が互いに同一である必要もない。例えば、腹側通路及び背側通路の断面形状が四角形で、腹側通路及び背側通路を除く

50

後通路の断面形状が円形であってもよい。

【0161】

また、以上の実施形態では、腹側通路及び背側通路を除く複数の後通路の内径が相互で同じであるが、これらの後通路の内径が相互で異なってもよい。

【産業上の利用可能性】

【0162】

本発明の一態様によれば、翼を効果的に冷却して耐久性の向上を図りつつも、冷却用の空気の使用量を抑えることができる。

【符号の説明】

【0163】

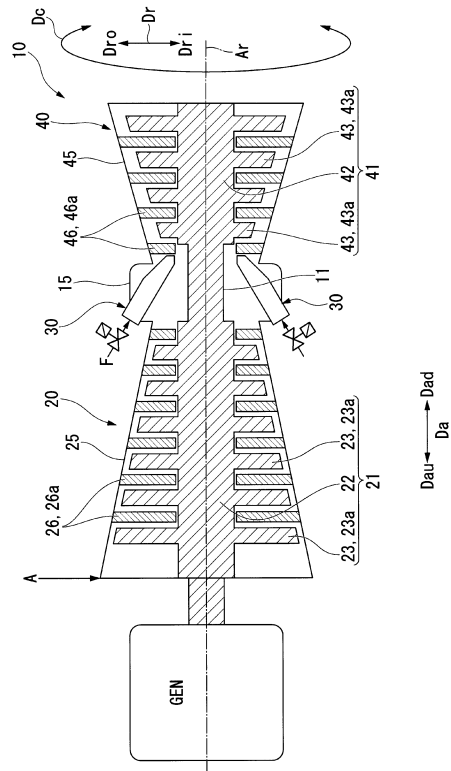
10：ガスタービン、11：ガスタービンロータ、15：ガスタービン車室、20：圧縮機、21：圧縮機ロータ、25：圧縮機車室、30：燃焼器、40：タービン、41：タービンロータ、42：ロータ軸、42p、45p：冷却空気通路、43：動翼段、43a：動翼、45：タービン車室、46：静翼段、46a：静翼、50、50a、50b：静翼、51：翼体、52：前縁部、53：後縁部、54：背側面、55：腹側面、60o：外側シュラウド（流路形成板）、60i：内側シュラウド（流路形成板）、61、61a、61b：外側シュラウド本体、62f：前端面、62b：後端面、63p：腹側端面、63n：背側端面、64：ガスパス面、65：周壁、66：凹部、67：衝突板、69：内側キャビティ（空洞）、71：翼空気通路（空洞）、72：翼面噴出通路、73p：腹側通路、73n：背側通路、74：後ヘッダ通路、75、75a：後通路、76：シール板、77：シール溝、78：隙間、81：第一ガスパス面噴出通路、82：第二ガスパス面噴出通路、150：動翼、151：翼体、152：前縁部、153：後縁部、154：背側面、155：腹側面、157：翼根、160：プラットフォーム（流路形成板）、161：プラットフォーム本体、162f：前端面、162b：後端面、163p：腹側端面、163n：背側端面、164：ガスパス面、167f：前突出部、167b：後突出部、171：翼空気通路（空洞）、172：翼面噴出通路、173p：腹側通路、173n：背側通路、174：後ヘッダ通路、175：後通路、Da：軸方向、Da_u：上流側、Da_d：下流側、Dc：周方向、Dc_p：周方向腹側、Dc_n：周方向背側、Dr：径方向、Dr_i：径方向内側、Dr_o：径方向外側、Ac：冷却空気、G：燃焼ガス、MP：中領域、MP_b：翼間領域、MP_d：翼下流領域、PP：腹側領域、NP：背側領域

10

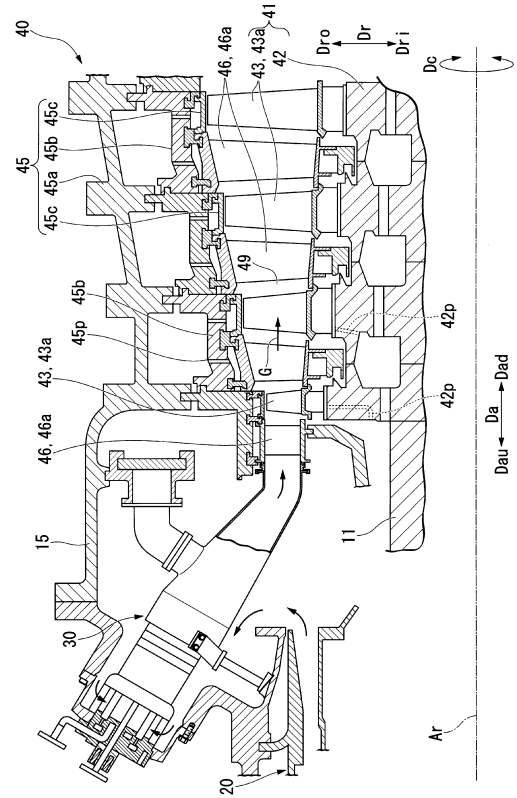
20

30

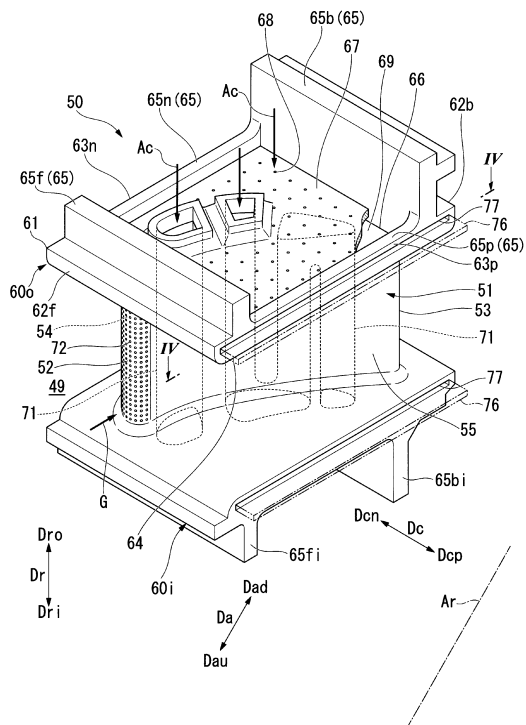
【図 1】



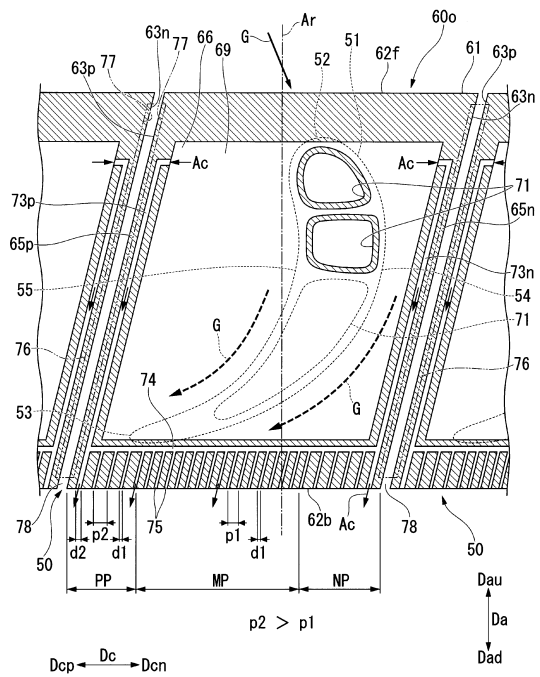
【図 2】



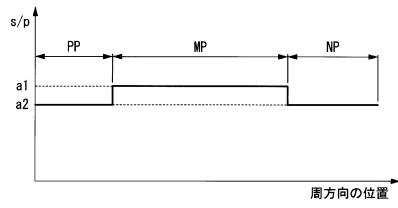
【図 3】



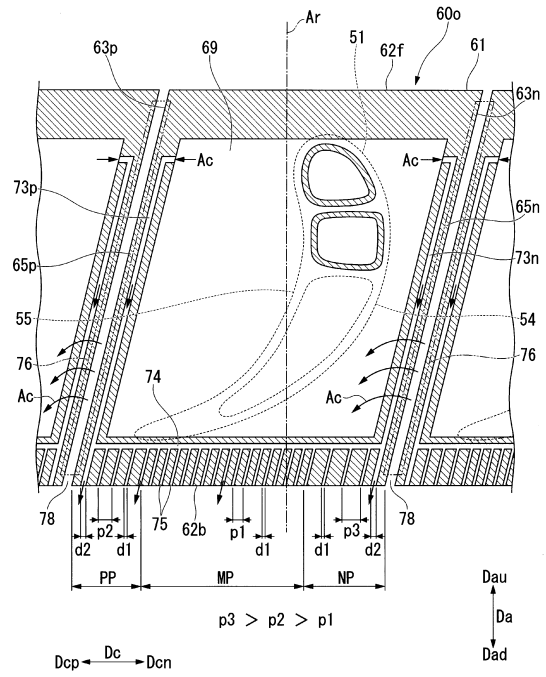
【図 4】



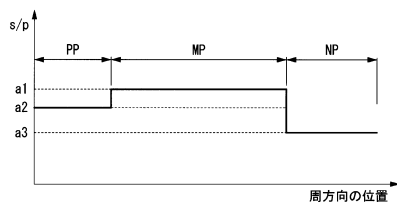
【図 5】



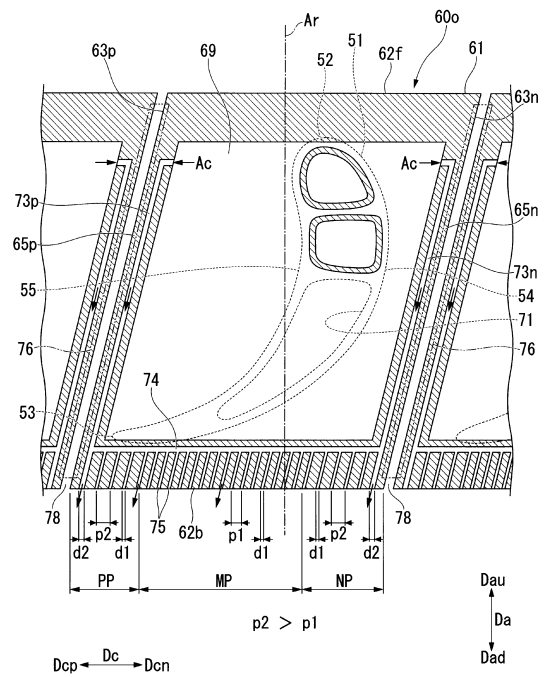
【図 6】



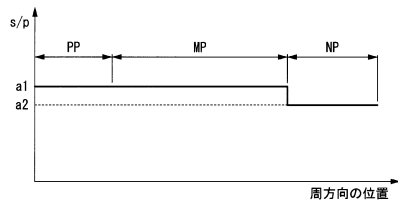
【図 7】



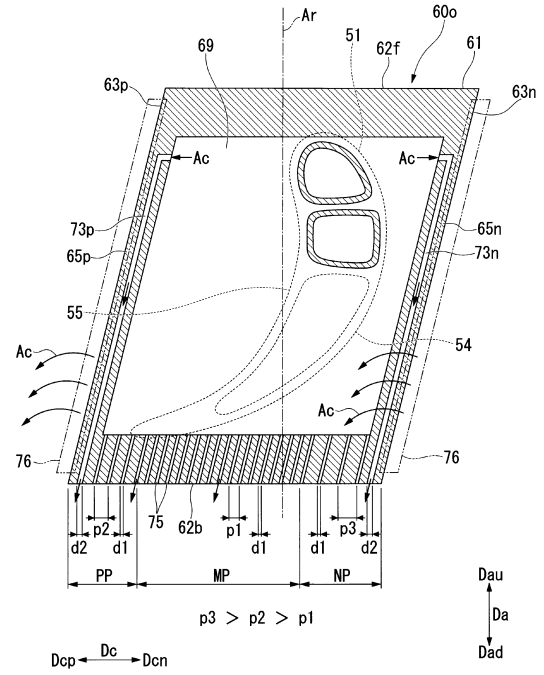
【図 8】



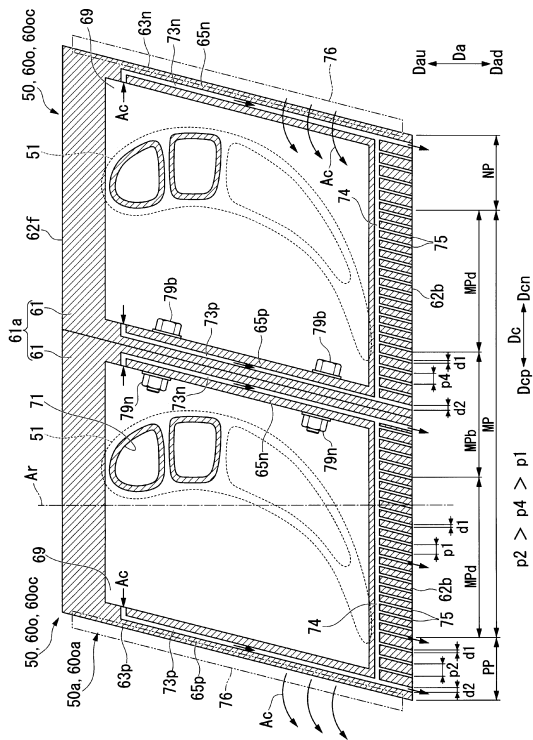
【図 9】



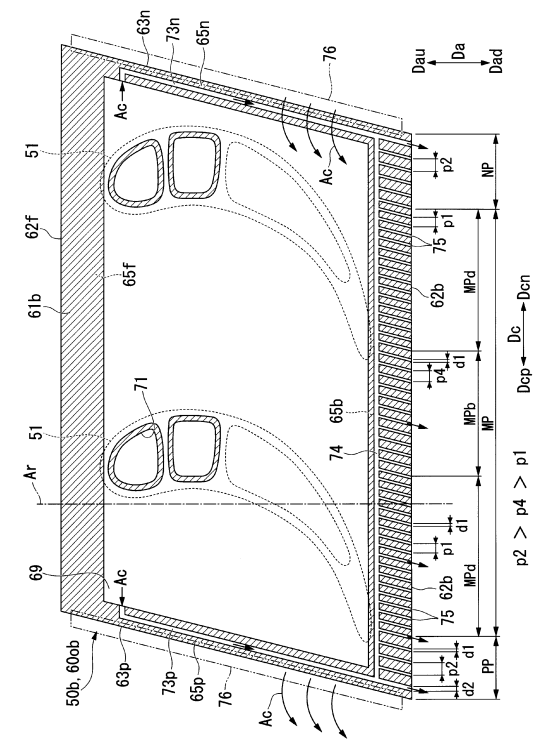
【図 10】



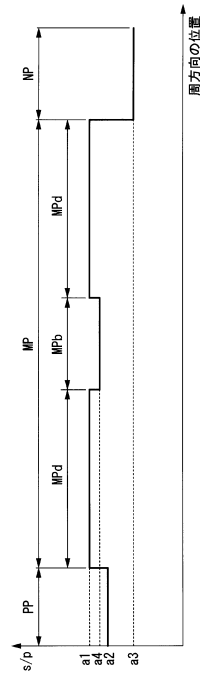
【図 11】



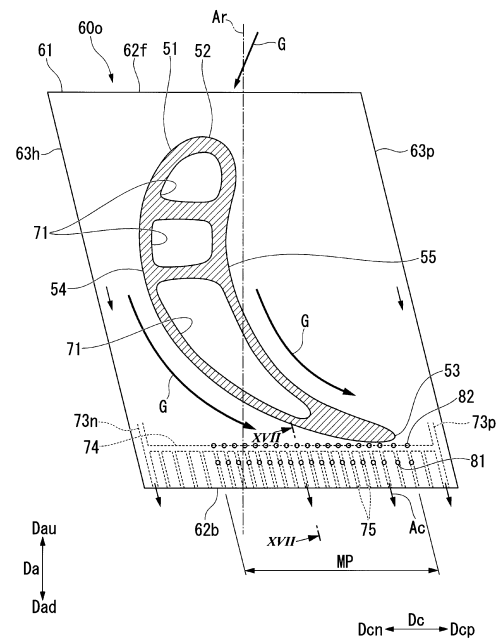
【図 12】



【図 14】



【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
- (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 森川 朋子
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 大友 宏之
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 西中村 健一

- (56)参考文献 特開2004-060638 (JP, A)
米国特許第5609466 (US, A)
特開平11-166401 (JP, A)
特開2005-146858 (JP, A)
国際公開第2011/132217 (WO, A1)
特許第5606648 (JP, B1)
特開2001-254605 (JP, A)
米国特許出願公開第2006/0182622 (US, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F01D 5/12、18
F01D 9/02-04
F02C 7/18
DWPI (Derwent Innovation)