

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4508432号
(P4508432)

(45) 発行日 平成22年7月21日(2010.7.21)

(24) 登録日 平成22年5月14日(2010.5.14)

(51) Int.Cl. F I
FO1D 5/18 (2006.01) FO1D 5/18
FO1D 9/02 (2006.01) FO1D 9/02 102

請求項の数 3 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2001-1951 (P2001-1951)	(73) 特許権者	000006208
(22) 出願日	平成13年1月9日(2001.1.9)		三菱重工工業株式会社
(65) 公開番号	特開2002-201905 (P2002-201905A)		東京都港区港南二丁目16番5号
(43) 公開日	平成14年7月19日(2002.7.19)	(74) 代理人	100089118
審査請求日	平成18年6月16日(2006.6.16)		弁理士 酒井 宏明
審判番号	不服2008-25350 (P2008-25350/J1)	(72) 発明者	鳥井 俊介
審判請求日	平成20年10月2日(2008.10.2)		兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号
		(72) 発明者	三菱重工工業株式会社 高砂製作所内
		(72) 発明者	久保田 淳
			兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号
		(72) 発明者	富田 康憲
			兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号
			三菱重工工業株式会社 高砂製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガスタービンの冷却構造

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ガスタービンの高温部材に、該高温部材の外表面に冷却媒体を吹き出して該高温部材をフィルム冷却する多数の吹出し孔を形成してなるガスタービンの冷却構造において、

前記高温部材は、タービン静翼の内側シュラウド及び外側シュラウドを含み、

前記吹出し孔は、前記高温部材の外表面を流れる高温ガスの二次流れ方向に略一致する方向に開口すると共に、

前記タービン静翼のキャンパーラインに沿った高温ガスの一次流れ方向に対して、該タービン静翼の高圧側翼面から該高圧側翼面に対向する他のタービン静翼の低圧側翼面に向かう方向にずれて開口するように、形成され、

前記高温部材は、タービン静翼を含み、前記タービン静翼の高圧側翼面の上部および低圧側翼面の下部における前記吹出し孔は、前記タービンの軸方向に沿った高温ガスの一次流れ方向から翼上方にずれて開口するように、かつ、前記高圧側翼面の下部および前記低圧側翼面の上部における前記吹出し孔が、前記タービンの軸方向に沿った高温ガスの一次流れ方向から翼下方にずれて開口するように、それぞれ形成されていることを特徴とするガスタービンの冷却構造。

【請求項2】

前記二次流れは、前記タービン静翼前端部近傍において生じる高温ガスの馬蹄渦を含み、前記タービン静翼前端部近傍における前記吹出し孔が、前記タービン静翼から離れる前記馬蹄渦の流れ方向に沿って開口するように、形成されていることを特徴とする請求項1

に記載のガスタービンの冷却構造。

【請求項3】

ガスタービンの高温部材に、該高温部材の外表面に冷却媒体を吹き出して該高温部材をフィルム冷却する多数の吹出し孔を形成してなるガスタービンの冷却構造において、

前記高温部材は、タービン動翼を含み、

前記吹出し孔は、前記高温部材の外表面を流れる高温ガスの二次流れ方向に略一致する方向に開口すると共に、

前記タービン動翼の高圧側翼面の上部および低圧側翼面の下部における前記吹出し孔は、前記タービンの軸方向に沿った高温ガスの一次流れ方向から翼上方にずれて開口するように、かつ、前記高圧側翼面の下部および前記低圧側翼面の上部における前記吹出し孔が、前記タービンの軸方向に沿った高温ガスの一次流れ方向から翼下方にずれて開口するように、それぞれ形成されていることを特徴とするガスタービンの冷却構造。

10

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ガスタービンの冷却構造に関し、詳細には、タービン動翼のプラットフォーム等高温部材に対するフィルム冷却構造を改良したガスタービンの冷却構造に関する。

【0002】

【従来の技術】

発電機等に用いられるガスタービンの熱効率を向上させるためには、タービン入口における作動高温ガスの温度を高くすることが効果的である一方、タービン動翼やタービン静翼を始めとする、高温ガスに晒されるタービンの部材（以下、高温部材という）の耐熱性能は、その材料の物理的特性によって規定されるため、単純にタービン入口温度を高めることはできない。

20

【0003】

そこで、上述したタービンの高温部材を冷却空気等の冷却媒体によって冷却しつつ、タービン入口温度を高温化することによって、高温部材の耐熱性能の範囲内で熱効率を高めることが行われている。

【0004】

このような高温部材の冷却方法としては、高温部材の内部に冷却空気を流し、高温部材から冷却空気への熱伝達によって、高温部材の表面温度を高温ガスの温度より低く保つ対流伝熱形や、高温部材の表面に、低温の圧縮空気膜を形成させて、高温ガスから高温部材表面への熱伝達を抑制する保護膜形、あるいは、これら二つを組み合わせた冷却形式が知られている。

30

【0005】

対流伝熱形には、対流冷却、吹付（衝突噴流）冷却があり、保護膜形には、膜冷却（フィルム冷却）、浸出し冷却があり、これらの中では浸出し冷却が最も効果的に高温部材を冷却することができる。しかし、浸出し冷却に用いられる多孔質材料の加工が難しく、また不均一な圧力分布のため均一な浸出しができない等の問題があり、実用化されている中では、フィルム冷却による冷却構造が、最も効果的に高温部材を冷却することができ、熱効率の高いガスタービンでは、対流冷却とフィルム冷却とを組み合わせた冷却構造が採用される場合が多い。

40

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上述したフィルム冷却による冷却構造は、高温部材の内側面や高温ガスに晒される表面の裏側面から、その高温ガスに晒される表面に、冷却空気を吹き出す吹出し孔を、放電加工等によって形成する必要がある。そして従来、この吹出し孔は、高温部材に沿って流れる高温ガスの一次流れの方向に向かって開口するように形成されていた。

【0007】

しかし、タービン動翼のプラットフォームとタービン静翼の内側シュラウドとの間から漏

50

れるシール空気や、タービン動翼のチップ（半径方向先端部）側に対向して配設される周壁である分割環とタービン静翼の外側シュラウドとの間から漏れる空気等によって、あるいは、翼や分割環、プラットフォーム、シュラウド等の流路壁に衝突後の圧力差によって、高温ガスの流れは乱されて、一次流れとは異なる方向に進む複雑な二次流れとなる。

【0008】

このため、一次流れ方向に沿って吹き出された冷却空気は、二次流れによって霧散し、高温部材に対する冷却効果を十分に発揮し得ない場合が生じていた。

【0009】

本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、フィルム冷却の冷却効果を従来よりも向上させた、ガスタービンの冷却構造を提供することを目的としている。

【0010】

【課題を解決するための手段】

このような目的を達成するため、請求項1に記載のガスタービンの冷却構造は、ガスタービンの高温部材に、該高温部材の外表面に冷却媒体を吹き出して該高温部材をフィルム冷却する多数の吹出し孔を形成してなるガスタービンの冷却構造において、前記高温部材は、タービン静翼の内側シュラウド及び外側シュラウドを含み、前記吹出し孔は、前記高温部材の外表面を流れる高温ガスの二次流れ方向に略一致する方向に開口すると共に、前記タービン静翼のキャンパーラインに沿った高温ガスの一次流れ方向に対して、該タービン静翼の高圧側翼面から該高圧側翼面に対向する他のタービン静翼の低圧側翼面に向かう方向にずれて開口するように、形成され、前記高温部材は、タービン静翼を含み、前記タービン静翼の高圧側翼面の上部および低圧側翼面の下部における前記吹出し孔は、前記タービンの軸方向に沿った高温ガスの一次流れ方向から翼上方にずれて開口するように、かつ、前記高圧側翼面の下部および前記低圧側翼面の上部における前記吹出し孔が、前記タービンの軸方向に沿った高温ガスの一次流れ方向から翼下方にずれて開口するように、それぞれ形成されていることを特徴とする。

【0011】

この冷却構造によれば、高温部材の吹出し孔から吹き出された冷却媒体は、高温部材の外表面を流れる高温ガスの二次流れ方向に略一致する方向に吹き出されるため、この吹き出された冷却媒体は、高温ガスの二次流れによって乱されることなく、高温部材の表面に、保護層である空気膜を形成し、高温部材に対する所望の冷却効果を得ることができる。

【0012】

ここで、ガスタービンの高温部材としては、具体的には例えば、タービン動翼、タービン静翼、タービン動翼のプラットフォーム、タービン静翼の内外シュラウド、タービンの燃焼器などがある。

【0013】

冷却媒体としては、冷却空気等を用いることができ、例えばこの冷却空気は、ガスタービンの圧縮機に導入された空気の一部を抽出し、この抽出された圧縮空気を冷却器により冷却して得ることができる。

【0014】

二次流れは、シール空気の漏れや、高温ガスが翼に衝突した後の流路内の圧力差等に応じて生じ、その流れ方向は、流れ解析や実機を用いた実験によって求めればよい。二次流れ方向に略一致する方向とは、二次流れ方向に対して例えば ± 20 度の範囲内、好ましくは ± 10 度の範囲、最も好ましくは ± 5 度の範囲内の方向である。

【0015】

また、高温部材として、タービン動翼のプラットフォームを含むようにしてもよい。

【0016】

これは、高温ガスに晒される高温部材を具体的に示すものであり、この構造によれば、高温部材としてのタービン動翼のプラットフォームの外表面から吹き出された冷却媒体は、プラットフォーム上において、高温ガスの二次流れ方向に沿うため、冷却媒体は高温ガスの二次流れによって乱されることなく、その外表面に空気膜を形成し、タービン動翼のプ

10

20

30

40

50

プラットフォームに対する所望の冷却効果を得ることができる。

【0017】

また、タービン動翼の翼面近傍における前記吹出し孔が、該タービン動翼のキャンパーライン (camber line) に沿った高温ガスの一次流れ方向に対して、このタービン動翼の高圧側翼面から該高圧側翼面に対向する他のタービン動翼の低圧側翼面に向かう方向にずれて開口するように、形成してもよい。

【0018】

これは、タービン動翼のプラットフォームにおける冷却媒体の吹出し孔の開口方向を具体的に示すものであり、この構造によれば、プラットフォームの吹出し孔から吹き出された冷却媒体は、プラットフォーム上において、タービン動翼のキャンパーラインに沿った高温ガスの一次流れ方向よりもタービン動翼の低圧側翼面に向かう二次流れに沿うため、冷却媒体は高温ガスの二次流れによって乱されることなく、その外表面に空気膜を形成し、タービン動翼のプラットフォームに対する所望の冷却効果を得ることができる。

10

【0019】

「高温ガスの一次流れ方向に対して、タービン動翼の高圧側翼面からこの高圧側翼面に対向する他のタービン動翼の低圧側翼面に向かう方向にずれて開口する」とは、プラットフォーム、分割環、および隣接する二つの動翼によって周囲を囲まれた高温ガスの流路において、高温ガスの一次流れ方向は、動翼のキャンパーラインに平行な方向であるが、この流れ方向をベクトル表示したとき、ベクトルの終点が、キャンパーラインよりも、低圧側翼面を向けたタービン動翼に向かう方向、すなわち動翼の回転方向に対して後方側の動翼に向かう方向にずれたベクトルの方向に開口することを意味する。

20

【0020】

また、前記二次流れとして、タービン動翼前端部近傍において生じる高温ガスの馬蹄渦 (horse shoe vortex) を含み、前記タービン動翼前端部近傍におけるプラットフォームの吹出し孔が、前記馬蹄渦の流れ方向に沿って開口するように、形成してもよい。

【0021】

ここでいう馬蹄渦とは、タービン静翼からタービン動翼に流れる高温ガスのうち、当該動翼の前端部に衝突し、この動翼に沿って動翼の付け根部分 (プラットフォーム側) 方向に回り込み、プラットフォーム上で、動翼から離れる方向に向かい、さらにその動翼の低圧側翼面方向に回り込む渦流をいうものである。

30

【0022】

これは、タービン動翼の前端部近傍のプラットフォームにおける冷却媒体の吹出し孔の開口方向を一層具体的に示すものであり、この構造によれば、プラットフォームの、タービン動翼の前端部近傍における吹出し孔から吹き出された冷却媒体は、この前端部近傍において生じている馬蹄渦という二次流れ (馬蹄渦) の方向に沿うため、冷却媒体は高温ガスの二次流れによって乱されることなく、その外表面に空気膜を形成し、タービン動翼のプラットフォームに対する所望の冷却効果を得ることができる。

【0023】

また、請求項 1 に記載のガスタービンの冷却構造は、高温部材として、タービン静翼のシュラウドを含むことを特徴とする。

40

【0024】

これは、高温ガスに晒される高温部材を一層具体的に示すものであり、この構造によれば、高温部材としてのタービン静翼のシュラウドの吹出し孔から吹き出された冷却媒体は、シュラウドの外表面を流れる高温ガスの二次流れ方向に沿うため、冷却媒体は高温ガスの二次流れによって乱されることなく、その外表面に空気膜を形成し、タービン静翼のシュラウドに対する所望の冷却効果を得ることができる。なお、タービン静翼のシュラウドには、外周側の外側シュラウド、内周側の内側シュラウドの双方を含む。

【0025】

また、請求項 1 に記載のガスタービンの冷却構造は、タービン静翼の翼面近傍における前記吹出し孔が、該タービン静翼のキャンパーラインに沿った高温ガスの一次流れ方向に

50

対して、このタービン静翼の高圧側翼面から該高圧側翼面に対向する他のタービン静翼の低圧側翼面に向かう方向にずれて開口するように、形成されていることを特徴とする。

【0026】

これは、タービン静翼のシュラウドにおける冷却媒体の吹出し孔の開口方向を一層具体的に示すものであり、この構造によれば、シュラウドの吹出し孔から吹き出された冷却媒体は、タービン静翼のキャンパーラインに沿った高温ガスの一次流れ方向よりもタービン静翼の低圧側翼面に向かう二次流れに沿うため、冷却媒体は高温ガスの二次流れによって乱されることなく、その外表面に空気膜を形成し、タービン静翼のシュラウドに対する所望の冷却効果を得ることができる。

【0027】

「高温ガスの一次流れ方向に対して、タービン静翼の高圧側翼面からこの高圧側翼面に対向する他のタービン静翼の低圧側翼面に向かう方向にずれて開口する」とは、内外シュラウドおよび隣接する二つの静翼によって周囲を囲まれた高温ガスの流路において、高温ガスの一次流れ方向は、静翼のキャンパーラインに平行な方向であるが、この流れ方向をベクトル表示したとき、ベクトルの終点が、キャンパーラインよりも、低圧側翼面を向けたタービン静翼に向かう方向にずれたベクトルの方向に開口することを意味する。

【0028】

また、請求項2に記載のガスタービンの冷却構造は、請求項1に記載のガスタービンの冷却構造において、前記二次流れは、前記タービン静翼前端部近傍において生じる高温ガスの馬蹄渦を含み、前記タービン静翼前端部近傍における前記吹出し孔が、前記タービン静翼から離れる前記馬蹄渦の流れ方向に沿って開口するように、形成されていることを特徴とする。

【0029】

ここでいう馬蹄渦とは、タービン動翼からタービン静翼に流れる高温ガスのうち、当該静翼の前端部に衝突し、この静翼に沿って静翼の付け根部分（シュラウド側）方向に回り込み、シュラウド上で、静翼から離れる方向に向かい、さらにその動翼静翼の低圧側翼面方向に回り込む渦流をいうものである。

【0030】

これは、タービン静翼の前端部近傍のシュラウドにおける冷却媒体の吹出し孔の開口方向を一層具体的に示すものであり、この構造によれば、シュラウドの、タービン静翼の前端部近傍における吹出し孔から吹き出された冷却媒体は、この前端部近傍において生じている馬蹄渦という二次流れの方向に沿うため、冷却媒体は高温ガスの二次流れによって乱されることなく、その外表面に空気膜を形成し、タービン静翼のシュラウドに対する所望の冷却効果を得ることができる。

【0031】

また、請求項1に記載のガスタービンの冷却構造は、前記高温部材は、タービン静翼を含み、前記タービン静翼の高圧側翼面の上部および低圧側翼面の下部における前記吹出し孔は、前記タービンの軸方向に沿った高温ガスの一次流れ方向から翼上方にずれて開口するように、かつ、前記高圧側翼面の下部および前記低圧側翼面の上部における前記吹出し孔が、前記タービンの軸方向に沿った高温ガスの一次流れ方向から翼下方にずれて開口するように、それぞれ形成されていることを特徴とする。

【0032】

これは、高温ガスに晒される高温部材を一層具体的に示すものであり、この構造によれば、高温部材の一つとしてのタービン翼の吹出し孔から吹き出された冷却媒体は、タービン翼の外表面を流れる高温ガスの二次流れ方向に沿うため、冷却媒体は高温ガスの二次流れによって乱されることなく、その外表面に空気膜を形成し、タービン翼に対する所望の冷却効果を得ることができる。

【0034】

また、これは、タービン翼における冷却媒体の吹出し孔の開口方向を一層具体的に示すものであり、この構造によれば、タービン翼の高圧側翼面の上部および低圧側翼面の下部

10

20

30

40

50

の吹出し孔から吹き出された冷却媒体は、タービンの軸に平行な方向に沿った高温ガスの一次流れ方向から翼上方にずれた方向に向かって生じている二次流れの方向に沿うため、当該部を流れる冷却媒体は、高温ガスの二次流れによって乱されることなく、その外表面に空気膜を形成し、タービン翼の当該部に対する所望の冷却効果を得ることができ、かつ、タービン翼の高圧側翼面の下部および低圧側翼面の上部の吹出し孔から吹き出された冷却媒体は、タービンの軸に平行な方向に沿った高温ガスの一次流れ方向から翼下方にずれた方向に向かって生じている二次流れの方向に沿うため、当該部を流れる冷却媒体は、高温ガスの二次流れによって乱されることなく、その外表面に空気膜を形成し、タービン翼の当該部に対する所望の冷却効果を得ることができる。

【 0 0 3 5 】

10

また、前記吹出し孔の開口端が、前記二次流れの下流側の斜面が上流側の斜面よりも緩慢な傾斜面の扇形すり鉢状に形成されていることを特徴とする。

これは、冷却媒体の吹出し孔の開口端部の形状を一層具体的に示すものであり、この構造によれば、吹出し孔から吹き出された冷却媒体は、開口端の、二次流れの上流側よりも傾斜が緩慢である下流側の斜面に沿って流れるため、高温ガスの二次流れ方向に一層沿いやすくなり、高温部材の表面への膜形成の信頼性が高く、高温部材に対する冷却効果を一層向上させることができる。

【 0 0 3 6 】

また、請求項 3 に記載のガスタービンの冷却構造は、ガスタービンの高温部材に、該高温部材の外表面に冷却媒体を吹き出して該高温部材をフィルム冷却する多数の吹出し孔を形成してなるガスタービンの冷却構造において、前記高温部材は、タービン動翼を含み、前記吹出し孔は、前記高温部材の外表面を流れる高温ガスの二次流れ方向に略一致する方向に開口すると共に、前記タービン動翼の高圧側翼面の上部および低圧側翼面の下部における前記吹出し孔は、前記タービンの軸方向に沿った高温ガスの一次流れ方向から翼上方にずれて開口するように、かつ、前記高圧側翼面の下部および前記低圧側翼面の上部における前記吹出し孔が、前記タービンの軸方向に沿った高温ガスの一次流れ方向から翼下方にずれて開口するように、それぞれ形成されていることを特徴とする。

20

【 0 0 3 7 】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明にかかるガスタービンの冷却構造の実施の形態を、図面に基づいて詳細に説明する。なお、以下の実施の形態によって、この発明が限定されるものではない。

30

【 0 0 3 8 】

(実施の形態 1)

図 1 は、本発明の実施の形態 1 であるガスタービンの冷却構造を説明するための、ガスタービン 10 全体の部分縦断面を示す図であり、このガスタービン 10 は、導入された空気を圧縮する圧縮機 20 と、この圧縮機 20 によって圧縮して得られた圧縮空気に燃料を噴射して高温の燃焼ガス(高温ガス)を発生させる燃焼器 30 と、燃焼器 30 で発生した高温ガスによって回転駆動力を発生させるタービン 40 とからなる。また、ガスタービン 10 は、圧縮機 20 の途中から、圧縮空気の一部を抽出し、この抽出した圧縮空気を、タービン 40 の動翼 42、静翼 45、プラットフォーム 43、並びに静翼 45 の内側シュラウド 46 および外側シュラウド 47 にそれぞれ送出する、図示しない冷却器を備えている。

40

【 0 0 3 9 】

タービン 40 の動翼体 41 は、図 2 (a) に示すように、動翼 42 と、図示しないロータに結合されるプラットフォーム 43 とからなり、この動翼体 41 における高温ガスの一次流れ V 1 の方向は、この図 2 (a) に示す白抜き矢印方向となる。

【 0 0 4 0 】

図 2 (b) は、同図 (a) におけるプラットフォーム 43 の外表面を含む面による断面図であり、同図 (a) に示した高温ガスの一次流れ V 1 の方向は詳しくは、動翼 42 のキャンパーライン C に略平行な方向である。

【 0 0 4 1 】

50

ここで、プラットフォーム43には、高温ガスから保護するため、フィルム冷却用の吹出し孔が形成されているが、このフィルム冷却用の吹出し孔は、従来は、この一次流れV1の方向、すなわちキャンパーラインCに平行な方向に沿って、プラットフォーム43の裏側面(内側面)43bから、この高温ガスが流れる外表面43a側に、傾斜して貫通するように形成されていた。

【0042】

このように、吹出し孔を、高温ガスの一次流れV1の方向に開口させることによって、吹出し孔から、プラットフォーム43の外表面43aに吹き出された冷却空気は、高温ガスの流れ方向(一次流れ方向V1)に沿って流れるため、冷却空気は、高温ガスの流れによって、その流れ方向が乱されることがなく、プラットフォーム43の外表面43aが、高温ガスによる焼損から保護されている、と考えられていた。

10

【0043】

しかし、この実施の形態1であるガスタービン10においては、吹出し孔は、高温ガスの二次流れV2の方向に沿って、プラットフォーム43の内側面43bから外表面43aに向けて形成されている。具体的には、一次流れV1の方向すなわちキャンパーラインCに平行な方向に対して、動翼43の高圧側翼面42aから高圧側翼面42aに対向する隣の動翼42の低圧側翼面42bに向かう方向にずれて開口するように、プラットフォーム43の内側面43bから外表面43aに向けて形成されている。

【0044】

以下、高温ガスの二次流れの発生メカニズムについて、本願発明者らの研究結果に基づいて説明する。

20

【0045】

まず、プラットフォーム43上においては、高温ガスの上流側の静翼の内側シュラウド44との隙間から、シールエア(パージエア)V3が漏れるが、このシールエアV3の、矢印R方向に回転する動翼体41に対する相対的な流れ方向は、図2(b)に示すように、キャンパーラインCよりも、動翼42の高圧側翼面42aから高圧側翼面42aに対向する隣の動翼42の低圧側翼面42bに向かう方向にずれた方向である。そして、このシールエアV3の流れによって、高温ガスの一次流れV1の流れ方向が変化し、この変化した後の流れが二次流れV2となる。

【0046】

30

さらに、二次流れV2は、シールエアV3によってのみ生じるものではない。すなわち、図2(b)のA-A線断面である図3(a)において、動翼体41に流れ込んだ高温ガスは、動翼42の高圧側翼面42aに衝突し、この衝突した高温ガスは、高圧側翼面42aに沿って、動翼42のチップ側(外側)に配置された分割環48に向かう流れと、プラットフォーム43側に向かう流れを生じる。

【0047】

分割環48に向かう流れは、動翼42の外側端と分割環48との間隙から、この動翼42の低圧側翼面42bに流れる。一方、プラットフォーム43側に向かう流れは、プラットフォーム43上を、動翼42の高圧側翼面42aから、この高圧側翼面42aに対向する隣の動翼42の低圧側翼面42bに向かって流れ、その隣の動翼42の低圧側翼面42bに沿って、外側方向に上昇する。

40

【0048】

すなわち、各動翼42の高圧側翼面42aにおける高温ガスの流れは、図3(b)の矢印で示すものとなり、低圧側翼面42bにおける高温ガスの流れは、図3(c)の矢印で示すものとなる。そして、プラットフォーム43上における高温ガスの流れが、図2(b)の二次流れV2となる。このように、プラットフォーム43上における二次流れV2の方向に沿って、吹出し孔43cを形成した一形態を、図4および図5に示す。

【0049】

図4および図5に示すように、吹出し孔43cを、キャンパーラインCに平行な方向に対して、動翼42の高圧側翼面42aからこの高圧側翼面42aに対向する隣の動翼42の

50

低圧側翼面 4 2 b に向かう方向にずれて開口するように、プラットフォーム 4 3 の内側面 4 3 b (図 5 参照) から外表面 4 3 a (同) に向けて形成したことにより、プラットフォーム 4 3 の外表面 4 3 a から吹き出された冷却空気は、プラットフォーム 4 3 上において、高温ガスの二次流れ V 2 に沿うため、冷却空気は高温ガスの二次流れ V 2 によって乱されることなく、その外表面 4 3 a に冷却空気膜を形成し、プラットフォーム 4 3 に対する所望の冷却効果を得ることができる。

【 0 0 5 0 】

なお、図 4 に示した吹出し孔 4 3 c は、図 2 (b) に示した二次流れ V 2 に対応して示したものであり、本発明のガスタービンの冷却構造における吹出し孔の向きは、必ずしも図 4 に示したものに限定されるものではなく、流れ解析や実験等によって求められた二次流れ V 2 の方向に対応したものとすればよい。

10

【 0 0 5 1 】

図 5 (a) は、プラットフォーム 4 3 の外表面 4 3 a に形成された吹出し孔 4 3 c を示す図、同図 (b) は、(a) の D - D 線断面を示す図である。図 5 (a) に示すように、吹出し孔 4 3 c の、プラットフォーム 4 3 の外表面 4 3 a における開口端は、二次流れ V 2 の下流側の斜面 4 3 d が上流側の斜面 4 3 e よりも緩慢な傾斜面の扇形すり鉢状に形成されているが、この構造によれば、吹出し孔 4 3 c から吹き出された冷却空気 (図 5 (b) において符号 5 0 で示す) は、この開口端の、二次流れ V 2 の上流側よりも傾斜が緩慢である下流側の斜面 4 3 d に沿って流れるため、高温ガスの二次流れ V 2 に一層沿いやすくなり、プラットフォーム 4 3 の外表面 4 3 a への冷却空気膜形成の信頼性が高められ、プラットフォーム 4 3 に対する冷却効果を一層向上させることができるため好ましいが、本発明のガスタービンの冷却構造は、必ずしもこのような開口端を形成することに限定されるものではない。

20

【 0 0 5 2 】

(実施の形態 2)

図 6 は、本発明の実施の形態 2 であるガスタービンの冷却構造を説明するための、動翼 4 2 の前端部 (動翼 4 2 の、高温ガス上流側端部) 4 2 c 近傍における高温ガスの流れを示す図であり、図 7 は、実施の形態 2 であるガスタービンのプラットフォーム 4 3 における冷却構造を示す図である。

【 0 0 5 3 】

実施の形態 1 において説明したように、プラットフォーム 4 3 上においては、高温ガスの一次流れ V 1 は、動翼 4 2 のキャンパーライン C に対して略平行に流れている。さらに、動翼 4 2 の前端部 4 2 c においては、図 6 (b) の断面図に示すように、高温ガスの二次流れ V 2 として馬蹄渦 V 4 が生じている。

30

【 0 0 5 4 】

この馬蹄渦 V 4 は、動翼 4 2 に流れ込んだ高温ガスの一次流れ V 1 のうち一部が、動翼 4 2 の前端部 4 2 c に衝突し、この動翼 4 2 c に沿って動翼 4 2 の付け根部分方向 (プラットフォーム 4 3 方向) に回り込み、プラットフォーム 4 3 上で、動翼 4 2 から離れる方向に向かい、さらにその動翼 4 2 の低圧側翼面 4 2 b 方向に回り込む。

【 0 0 5 5 】

そこで、この実施の形態 2 であるガスタービンの冷却構造は、タービン動翼前端部 4 2 c 近傍におけるプラットフォーム 4 3 の、冷却空気の吹出し孔 4 3 f が、プラットフォーム 4 3 において動翼 4 2 の前端部 4 2 c から離れる方向に流れる馬蹄渦 V 4 の流れ方向に沿って開口するように、プラットフォーム 4 3 の内側面 4 3 b (図 5 参照) から外表面 4 3 a (同) に向けて形成されている。

40

【 0 0 5 6 】

このように、冷却空気の吹出し孔 4 3 f が形成されていることにより、プラットフォーム 4 3 の外表面 4 3 a から吹き出された冷却空気は、プラットフォーム 4 3 上において、高温ガスの馬蹄渦 V 4 に沿うため、冷却空気は高温ガスの馬蹄渦 V 4 によって乱されることなく、その外表面 4 3 a に冷却空気膜を形成し、動翼 4 2 の前端部 4 2 c 近傍におけるブ

50

ラットフォーム 4 3 に対する所望の冷却効果を得ることができる。

【 0 0 5 7 】

なお、この実施の形態 2 における吹出し孔 4 3 f の開口端についても、前述した実施の形態 1 の吹出し孔 4 3 c と同様に、馬蹄渦 V 4 の下流側の斜面を、上流側の斜面よりも緩やかな傾斜面の扇形すり鉢状に形成するのが好ましい。また、前述した実施の形態 1 と組み合わせてもよい。

【 0 0 5 8 】

(実施の形態 3)

図 8 および図 9 は、本発明の実施の形態 3 であるガスタービンの冷却構造を説明するための、静翼体 4 4 における高温ガスの流れを示す図であり、図 9 (a) は詳しくは、静翼体 4 4 の内側シュラウド 4 6 における冷却空気の吹出し孔 4 6 c を示す図、図 9 (b) は詳しくは、静翼体 4 4 の外側シュラウド 4 7 における冷却空気の吹出し孔 4 7 c を示す図である。

10

【 0 0 5 9 】

タービン 4 0 の静翼体 4 4 は、図 8 に示すように、静翼 4 5 と、図示しない車室に固定された外側シュラウド 4 7 と、内側シュラウド 4 6 とからなり、この静翼体 4 4 における高温ガスの一次流れ V 1 の方向は、白抜き矢印方向となる。

【 0 0 6 0 】

図 9 (a) は、図 8 における内側シュラウド 4 6 の表面を含む面による断面図であり、同図 (b) は、図 8 における外側シュラウド 4 7 の表面を含む面による断面図である。そして、これら内外各シュラウド 4 6 , 4 7 における高温ガスの一次流れ V 1 の方向はいずれも、各シュラウド 4 6 , 4 7 表面における静翼 4 5 のキャンパーライン C に略平行な方向である。

20

【 0 0 6 1 】

一方、実施の形態 1 において説明した動翼 4 2 によって生じる二次流れ V 2 と同様、静翼体 4 4 においても、静翼 4 5 によって二次流れ V 2 が生じ、この二次流れ V 2 の方向は、実施の形態 1 と同様に、一次流れ V 1 の方向すなわちキャンパーライン C に平行な方向に対して、静翼 4 5 の高圧側翼面 4 5 a からこの高圧側翼面 4 5 a に対向する隣の静翼 4 5 の低圧側翼面 4 5 b に向かう方向にずれている。

【 0 0 6 2 】

そこで、この実施の形態 3 は、内側シュラウド 4 6 における冷却空気の吹出し孔 4 6 c および外側シュラウド 4 7 における冷却空気の吹出し孔 4 7 c が、それぞれ図 9 (a) , (b) に示すように、高温ガスの二次流れ V 2 方向に沿って、すなわち、一次流れ V 1 の方向すなわちキャンパーライン C に平行な方向に対して、静翼 4 5 の高圧側翼面 4 5 a から隣の静翼 4 5 の低圧側翼面 4 5 b に向かう方向にずれた方向に開口するように形成されている。

30

【 0 0 6 3 】

このように形成された吹出し孔 4 6 c , 4 7 c から吹き出された冷却空気は、内側シュラウド 4 6 , 外側シュラウド 4 7 上においてそれぞれ、高温ガスの二次流れ V 2 に沿うため、冷却空気は高温ガスの二次流れ V 2 によって乱されることなく冷却空気膜を形成し、内側シュラウド 4 6 , 外側シュラウド 4 7 に対する所望の冷却効果を得ることができる。

40

【 0 0 6 4 】

なお、図 9 においては、各シュラウド 4 6 , 4 7 について、それぞれ一つの吹出し孔 4 6 c , 4 7 c のみを表示しているが、これは単に、表示の煩雑を防ぐためであり、各シュラウド 4 6 , 4 7 の全体に亘って、二次流れ V 2 に沿って複数の吹出し孔 4 6 c , 4 7 c が形成されているものである。

【 0 0 6 5 】

また、吹出し孔 4 6 c , 4 7 c の開口端についても、前述した実施の形態 1 の吹出し孔 4 3 c と同様に、二次流れ V 2 の下流側の斜面を、上流側の斜面よりも緩やかな傾斜面の扇形すり鉢状に形成するのが好ましい。さらに、前述した実施の形態 1 や実施の形態 2 と組み

50

合わせてもよい。

【0066】

(実施の形態4)

図10は、本発明の実施の形態4を示す図であり、動翼42の高圧側翼面42aおよび低圧側翼面42bにおける、冷却空気の吹出し孔42dを示す図である。

【0067】

この吹出し孔42dは、図3(b)および(c)に示した、動翼42の各翼面42a, 42bにおける、高温ガスの二次流れV2に沿って開口するように形成されている。

【0068】

このように形成された吹出し孔42dから吹き出された冷却空気は、高圧側翼面42aおよび低圧側翼面42b上においてそれぞれ、高温ガスの二次流れV2に沿うため、冷却空気は高温ガスの二次流れV2によって乱されることなく冷却空気膜を形成し、動翼42の高圧側翼面42aおよび低圧側翼面42bに対する所望の冷却効果を得ることができる。

【0069】

なお、この実施の形態4における吹出し孔42dの開口端についても、前述した実施の形態1の吹出し孔43cと同様に、二次流れV2の下流側の斜面を、上流側の斜面よりも緩やかな傾斜面の扇形すり鉢状に形成するのが好ましい。また、前述した実施の形態1、実施の形態2および実施の形態3のうち少なくとも一つと組み合わせてもよい。

【0070】

(実施の形態5)

図11は、本発明の実施の形態5を示す図であり、静翼45の高圧側翼面45aおよび低圧側翼面45bにおける、冷却空気の吹出し孔45cを示す図である。

【0071】

この吹出し孔45cは、動翼42の各翼面42a, 42bにおける高温ガスの二次流れV2と同様に、静翼45の高圧側翼面45aおよび低圧側翼面45bにおいて流れる高温ガスの二次流れV2に沿って開口するように形成されている。

【0072】

このように形成された吹出し孔45cから吹き出された冷却空気は、高圧側翼面45aおよび低圧側翼面45b上においてそれぞれ、高温ガスの二次流れV2に沿うため、冷却空気は高温ガスの二次流れV2によって乱されることなく冷却空気膜を形成し、静翼45の高圧側翼面45aおよび低圧側翼面45bに対する所望の冷却効果を得ることができる。

【0073】

なお、この実施の形態5における吹出し孔45cの開口端についても、前述した実施の形態1の吹出し孔43cと同様に、二次流れV2の下流側の斜面を、上流側の斜面よりも緩やかな傾斜面の扇形すり鉢状に形成するのが好ましい。また、前述した実施の形態1から4のうち少なくとも一つと組み合わせてもよい。

【0074】

【発明の効果】

以上に説明したように、本発明にかかるガスタービンの冷却構造(請求項1)によれば、高温部材の吹出し孔から吹き出された冷却媒体は、高温部材の外表面を流れる高温ガスの二次流れ方向に略一致する方向に吹き出されるため、この吹き出された冷却媒体は、高温ガスの二次流れによって霧散されて乱されることがなく、高温部材の表面に、保護層である空気膜を形成し、高温部材に対する所望の冷却効果を得ることができる。この結果、ガスタービンの高温部材の耐久性が向上し、ガスタービン全体としての信頼性が向上する。

【0078】

また、本発明にかかるガスタービンの冷却構造(請求項1)によれば、高温部材としてのタービン静翼の内側シュラウド及び外側シュラウドの吹出し孔から吹き出された冷却媒体は、各シュラウドの外表面を流れる高温ガスの二次流れ方向に沿うため、冷却媒体は高温ガスの二次流れによって乱されることがなく、その外表面に空気膜を形成し、タービン静翼のシュラウドに対する所望の冷却効果を得ることができる。

10

20

30

40

50

【0079】

また、本発明にかかるガスタービンの冷却構造（請求項1）によれば、シュラウドの吹出し孔から吹き出された冷却媒体は、タービン静翼のキャンパーラインに沿った高温ガスの一次流れ方向よりもタービン静翼の低圧側翼面に向かう二次流れに沿うため、冷却媒体は高温ガスの二次流れによって乱されることなく、その外表面に空気膜を形成し、タービン静翼のシュラウドに対する所望の冷却効果を得ることができる。

【0080】

また、本発明にかかるガスタービンの冷却構造（請求項2）によれば、シュラウドの、タービン静翼の前端部近傍における吹出し孔から吹き出された冷却媒体は、この前端部近傍において生じているタービン静翼から離れる馬蹄渦という二次流れの方向に沿うため、冷却媒体は高温ガスの二次流れによって乱されることなく、その外表面に空気膜を形成し、タービン静翼のシュラウドに対する所望の冷却効果を得ることができる。

10

【0081】

また、本発明にかかるガスタービンの冷却構造（請求項1）によれば、高温部材の一つとしてのタービン静翼の吹出し孔から吹き出された冷却媒体は、タービン翼の外表面を流れる高温ガスの二次流れ方向に沿うため、冷却媒体は高温ガスの二次流れによって乱されることなく、その外表面に空気膜を形成し、タービン翼に対する所望の冷却効果を得ることができる。

【0082】

また、本発明にかかるガスタービンの冷却構造（請求項1）によれば、タービン翼の高圧側翼面の上部および低圧側翼面の下部の吹出し孔から吹き出された冷却媒体は、タービンの軸に平行な方向に沿った高温ガスの一次流れ方向から翼上方にずれた方向に向かって生じている二次流れの方向に沿うため、当該部を流れる冷却媒体は、高温ガスの二次流れによって乱されることなく、その外表面に空気膜を形成し、タービン静翼の当該部に対する所望の冷却効果を得ることができ、かつ、タービン静翼の高圧側翼面の下部および低圧側翼面の上部の吹出し孔から吹き出された冷却媒体は、タービンの軸に平行な方向に沿った高温ガスの一次流れ方向から翼下方にずれた方向に向かって生じている二次流れの方向に沿うため、当該部を流れる冷却媒体は、高温ガスの二次流れによって乱されることなく、その外表面に空気膜を形成し、タービン静翼の当該部に対する所望の冷却効果を得ることができる。

20

30

【0083】

また、本発明にかかるガスタービンの冷却構造（請求項3）によれば、タービン翼の高圧側翼面の上部および低圧側翼面の下部の吹出し孔から吹き出された冷却媒体は、タービンの軸に平行な方向に沿った高温ガスの一次流れ方向から翼上方にずれた方向に向かって生じている二次流れの方向に沿うため、当該部を流れる冷却媒体は、高温ガスの二次流れによって乱されることなく、その外表面に空気膜を形成し、タービン動翼の当該部に対する所望の冷却効果を得ることができ、かつ、タービン動翼の高圧側翼面の下部および低圧側翼面の上部の吹出し孔から吹き出された冷却媒体は、タービンの軸に平行な方向に沿った高温ガスの一次流れ方向から翼下方にずれた方向に向かって生じている二次流れの方向に沿うため、当該部を流れる冷却媒体は、高温ガスの二次流れによって乱されることなく、その外表面に空気膜を形成し、タービン動翼の当該部に対する所望の冷却効果を得ることができる。

40

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1による冷却構造が適用されるガスタービンの全体を示す半断面図である。

【図2】本発明の実施の形態1であるプラットフォームにおける高温ガスの流れを示す図である。

【図3】図2における動翼の翼面における二次流れを説明する図である。

【図4】実施の形態1である冷却空気の吹出し孔が形成されたプラットフォームを示す図である。

50

【図5】空気吹出し孔の詳細を示す図である。

【図6】本発明の実施の形態2であるプラットフォームにおける馬蹄渦の流れを説明する図である。

【図7】実施の形態2である冷却空気の吹出し孔が形成されたプラットフォームを示す図である。

【図8】本発明の実施の形態2である静翼のシュラウドにおける高温ガスの流れを示す斜視図である。

【図9】実施の形態3である冷却空気の吹出し孔が形成されたシュラウドを示す図である。

【図10】実施の形態4である冷却空気の吹出し孔が形成された動翼を示す図である。

10

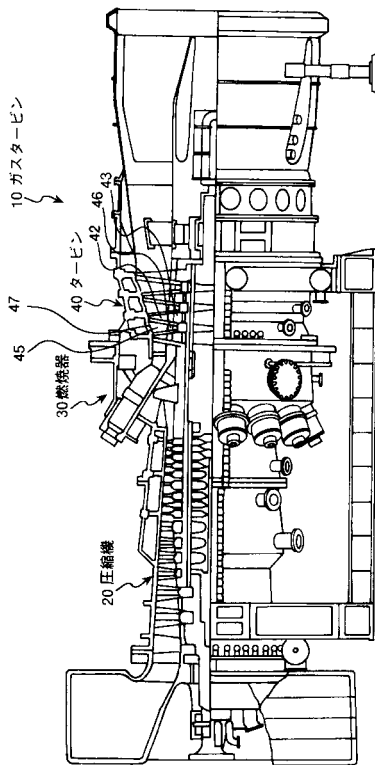
【図11】実施の形態5である冷却空気の吹出し孔が形成された静翼を示す図である。

【符号の説明】

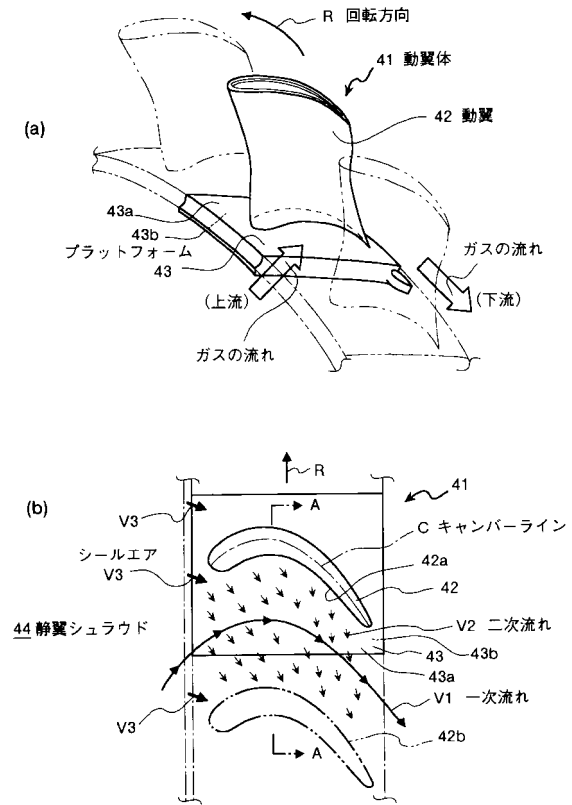
- 10 ガスタービン
- 20 圧縮機
- 30 燃焼器
- 40 タービン
- 42 動翼
- 42 a 高圧側翼面
- 42 b 低圧側翼面
- 43 プラットフォーム
- 43 c 吹出し孔

20

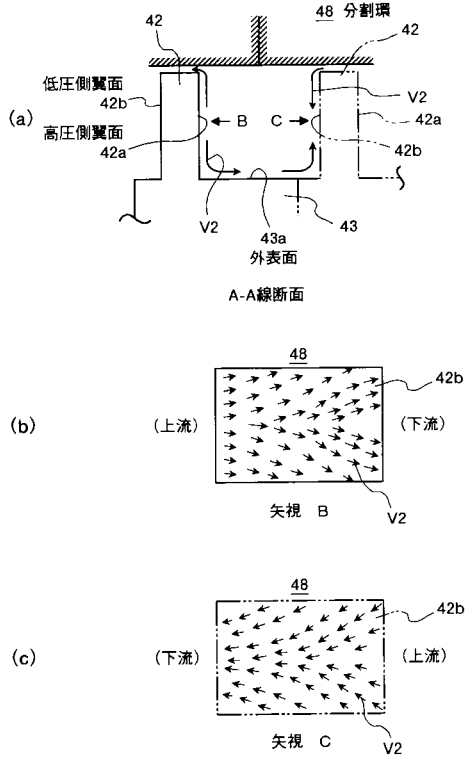
【図1】



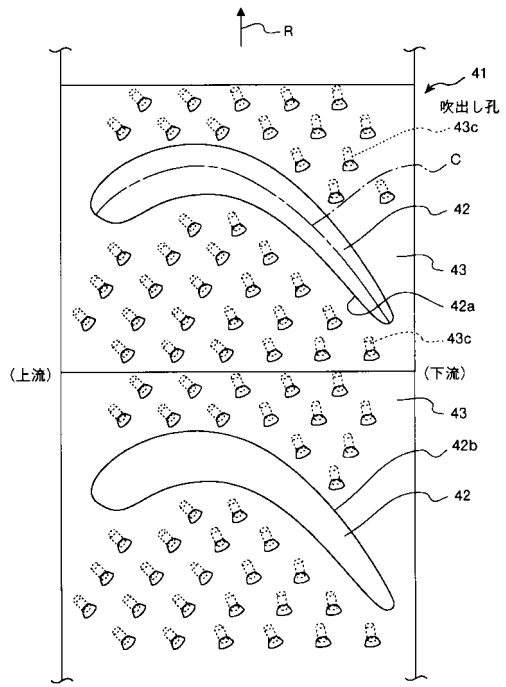
【図2】



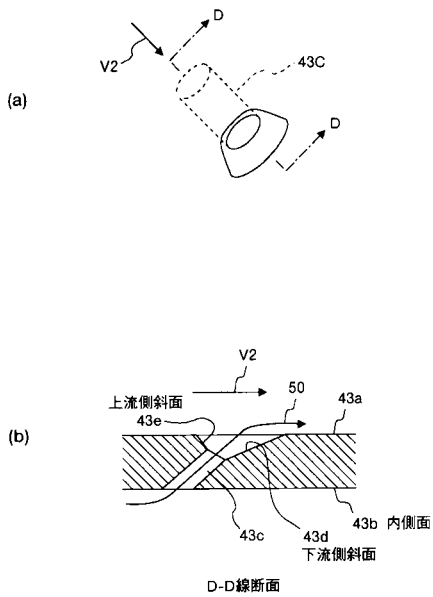
【図3】



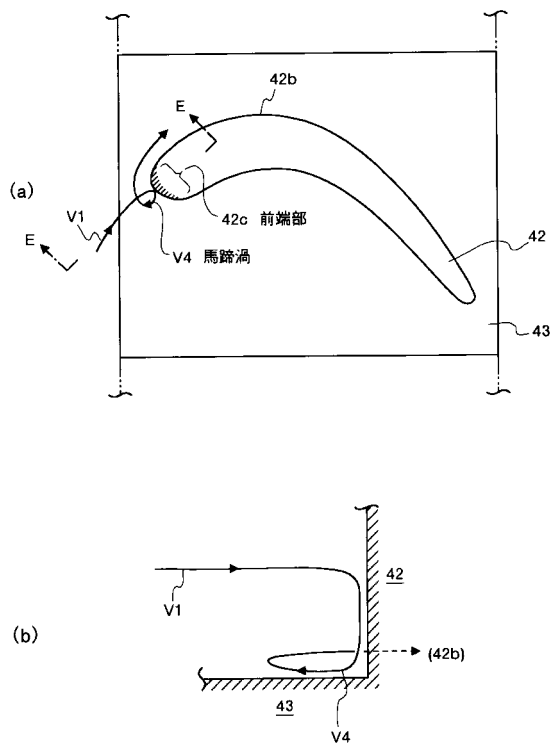
【図4】



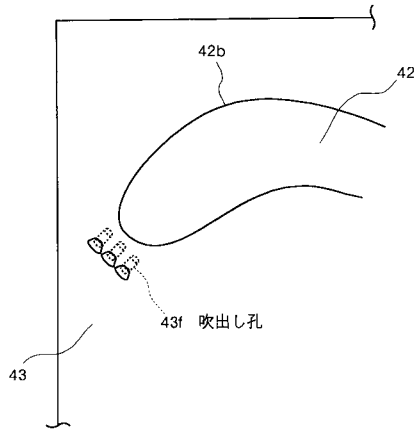
【図5】



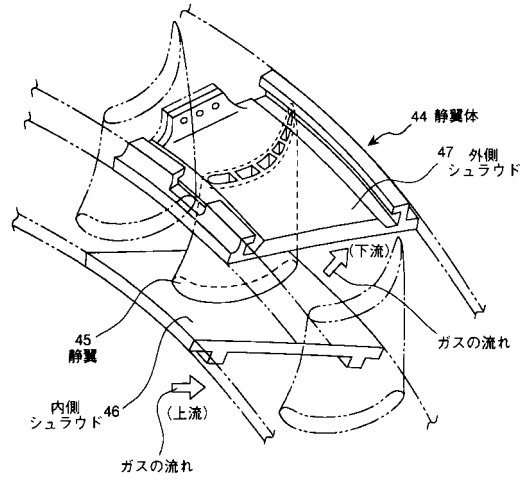
【図6】



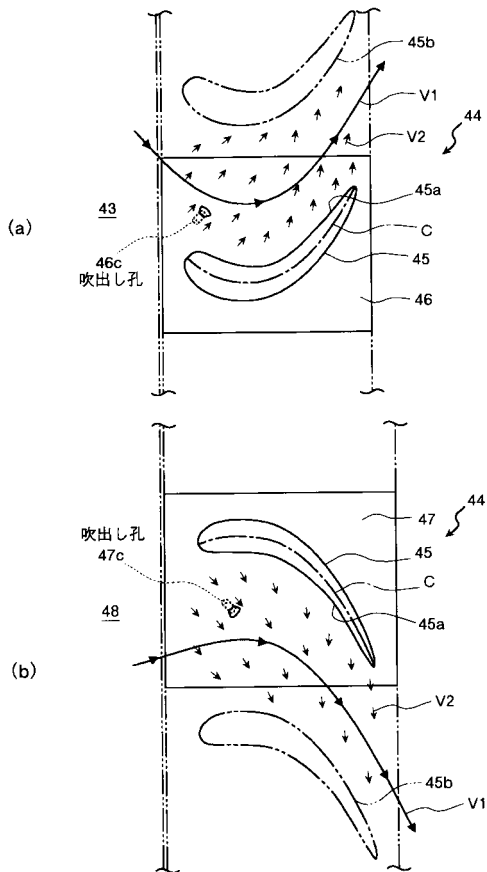
【図7】



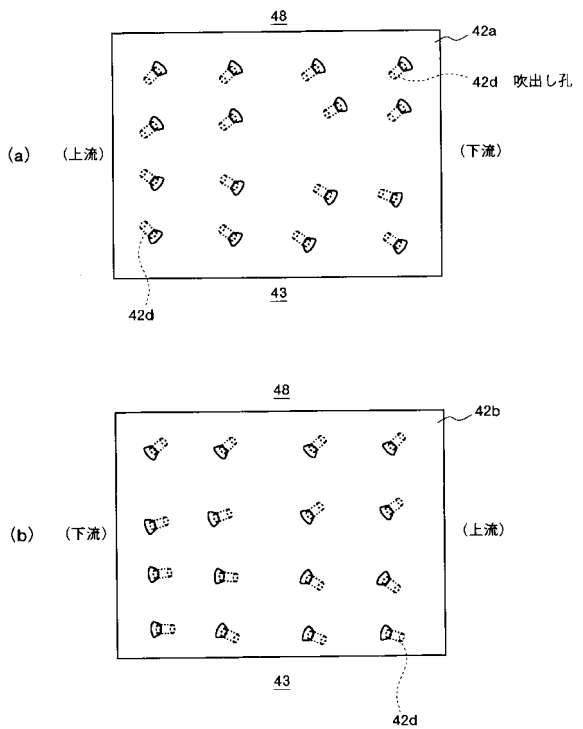
【図8】



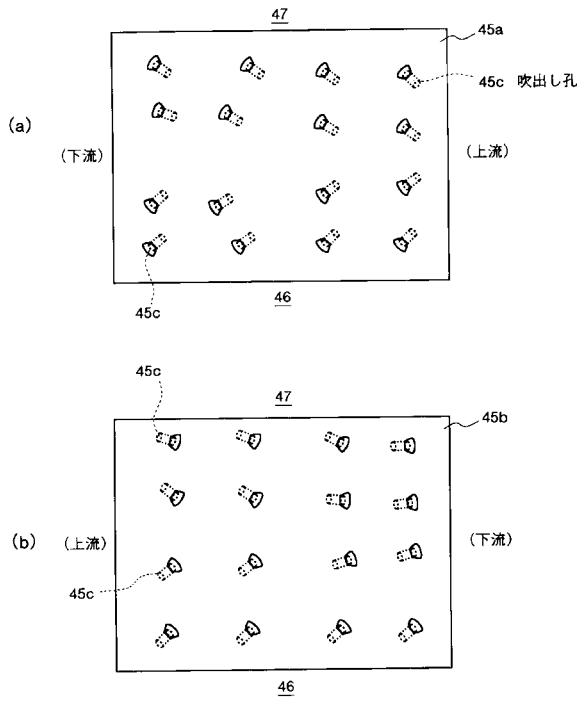
【図9】



【図10】



【図 11】



フロントページの続き

- (72)発明者 青木 寛行
兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号 三菱重工業株式会社 高砂製作所内
- (72)発明者 桑原 正光
兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号 三菱重工業株式会社 高砂製作所内

合議体

- 審判長 寺本 光生
審判官 藤井 昇
審判官 金丸 治之

- (56)参考文献 特開平8-505921(JP,A)
特開平10-266805(JP,A)
特開平10-37704(JP,A)
特開2000-337102(JP,A)
米国特許第5382135(US,A)
特開平2-259201(JP,A)
特開平11-81903(JP,A)
特開平10-238303(JP,A)
特開平11-190203(JP,A)
特開平10-331791(JP,A)
特開平11-303605(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

- F01D 5/08
F01D 5/18
F01D 9/02
F01D25/12
F02C 7/16- 7/18