

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014年11月27日(27.11.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/189092 A1

- (51) 国際特許分類:
F01D 5/18 (2006.01) F02C 7/00 (2006.01)
B23H 9/10 (2006.01) F02C 7/18 (2006.01)
F01D 9/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/063517
- (22) 国際出願日: 2014年5月21日(21.05.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-108333 2013年5月22日(22.05.2013) JP
- (71) 出願人: 川崎重工業株式会社 (KAWASAKI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒6508670 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 Hyogo (JP). ベー・ウント・ベー・アゲマ・ゲーエムペーハー (B&B AGEMA GmbH) [DE/DE]; 52070 アーヘン, ユーリヒャー ストラーセ 338 Aachen (DE).

6508670 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 川崎重工業株式会社内 Hyogo (JP). 筋雅英(KAZARI, Masahide); 〒6738666 兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社内 Hyogo (JP). 谷口智紀(TANIGUCHI, Tomoki); 〒6738666 兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社内 Hyogo (JP). クステラー・カーステン (KUSTERER, Karsten); 52070 アーヘン, ユーリヒャー ストラーセ 338, ベー・ウント・ベー・アゲマ・ゲーエムペーハー内 Aachen (DE). ボーン・ディーター (BOHN, Diter); 52070 アーヘン, ユーリヒャー ストラーセ 338, ベー・ウント・ベー・アゲマ・ゲーエムペーハー内 Aachen (DE). テキン・ヌレティン (TEKIN, Nurettin); 52070 アーヘン, ユーリヒャー ストラーセ 338, ベー・ウント・ベー・アゲマ・ゲーエムペーハー内 Aachen (DE).

(74) 代理人: 杉本修司, 外(SUGIMOTO, Shuji et al.); 〒5500002 大阪府大阪市西区江戸堀1丁目10番2号 肥後橋ニッタイビル Osaka (JP).

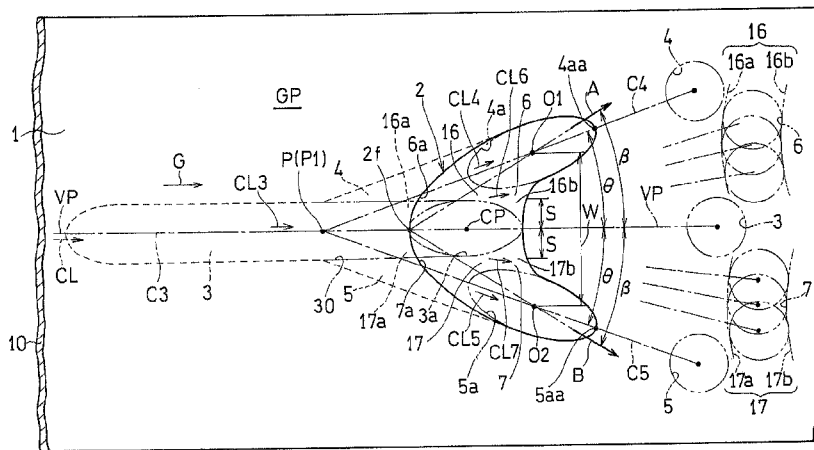
(72) 発明者: 田中良造(TANAKA, Ryoza); 〒6738666 兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社内 Hyogo (JP). 杉本隆雄(SUGIMOTO, Takao); 〒

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,

[続葉有]

(54) Title: DOUBLE-JET FILM COOLING STRUCTURE AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 発明の名称: ダブルジェット式フィルム冷却構造とその製造方法



(57) Abstract: Provided is a film cooling structure which prevents a cooling medium film from peeling off a wall surface, efficiently cools the wall surface, and is manufactured easily. The film cooling structure comprises a main passage (3) continuous with a jet opening (2) provided in a wall surface (1) facing a passage for high-temperature gas (G), a pair of branch passages (4, 5) branching off from the main passage (3), and communication passages (6, 7) through which these passages communicate with each other. The jet directions (A, B) of cooling mediums (CL4, CL5) from the pair of branch passages (4, 5) are set to be inclined with respect to the flow direction of the high-temperature gas (G) such that eddy flows (V1, V2) in directions in which the cooling mediums are mutually pressed against the wall surface (1) are formed. Cross sections of the main passage (3) and the branch passages (4, 5) have the same constant inside diameter (D), the communication passages (6, 7) have envelope surfaces (16, 17) each being a continued straight circular hole group having the constant inside diameter (D). A main longitudinal direction angle (α_1) formed between the axis (C3) of the main passage and the wall surface (1) is larger than a branch longitudinal direction angle (α_2) formed between the axes (C4, C5) of the branch passages (4, 5) and the wall surface (1).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2014/189092 A1



CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラ

シア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

冷却媒体フィルムが壁面から剥離することを抑制して、壁面を効率的に冷却するとともに、製造が容易なフィルム冷却構造を提供する。高温ガスGの通路に臨む壁面1に設けた噴出開口2に連なる主通路3と、主通路3から分岐した一対の分岐通路4、5と、これら通路を連通する連通路6、7とを有する。一対の分岐通路4、5からの冷却媒体CL4、CL5の噴出方向A、Bは、これら冷却媒体を互いに壁面1に押しつける方向の渦流V1、V2を形成するように、高温ガスGの流れ方向に対して傾斜して設定されている。主通路3および分岐通路4、5の横断面は、同一の一定内径Dを有し、連通路6、7は、一定内径Dを有する真直な円孔群を連ねた包絡面16、17を有する。主通路の軸心C3と壁面1とがなす主縦方向角度 α_1 が、分岐通路4、5の軸心C4、C5と壁面1とがなす分岐縦方向角度 α_2 よりも大きい。

明 細 書

発明の名称：ダブルジェット式フィルム冷却構造とその製造方法

関連出願

[0001] 本出願は、2013年5月22日出願の特願2013-108333の優先権を主張するものであり、その全体を参照により本願の一部をなすものとして引用する。

技術分野

[0002] 本発明は、ガスタービンエンジンにおける動翼、静翼、燃焼器の内筒などのように高温ガスの通路に臨む壁面に噴出開口を設け、この噴出開口から噴出される冷却媒体を壁面に沿って流すことによって壁面の冷却を行うフィルム冷却構造に関する。

背景技術

[0003] 従来、ガスタービンエンジン（以下、単に「ガスタービン」という。）における動翼のような壁面には、同一方向を指向する多数の噴出開口が設けられ、これら噴出開口から噴出される空気のような冷却媒体のフィルム流により、高温ガスに曝される前記壁面を冷却している。このようなフィルム冷却構造として、一般的には、壁に円孔を高温ガスの下流側へ傾斜させて設け、壁面に開口した楕円形の噴出口から冷却媒体を噴出する。しかしこの冷却構造では冷却効率が低いので、これを改良した冷却構造として、例えば、冷却媒体の壁面への噴出口を双葉片形状としたもの（特許文献1）、および一對の噴出口の間に振り分け部を設けたものがある（特許文献2）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2008-8288号公報

特許文献2：特許第4954309号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 前記特許文献1の冷却構造によれば、冷却媒体を壁面に沿うように幅を広げて冷却効果を高めることができる。これは、壁面上における冷却効率を示すフィルム効率が高くなるためと推測される。ここで、フィルム効率とは、 T_g を高温ガスの温度、 T_f を壁面の表面温度、 T_c を壁面上における冷却媒体の温度としたとき、 $\eta_{f,ad} = (T_g - T_f) / (T_g - T_c)$ で表される。しかしながら、噴出口の中央部の形状が単純な楕円ではなく、複数の曲率半径を持つ曲線によって形成されているので（段落0016-0017）、製造工数が増大する。また、前記特許文献2では、冷却媒体の壁面からの剥離を抑制してフィルム効率を向上させることはできるが、前記振り分け部が壁面側から見てアンダーカットとなるために、やはり製造工数が増す。

[0006] そこで、本発明は、冷却媒体フィルムが壁面から剥離することを抑制して、ガスタービンの動、静翼などの壁面を効率的に冷却することができるとともに、製造が容易なフィルム冷却構造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

[0007] 上記目的を達成するために、本発明に係るダブルジェット式フィルム冷却構造は、

高温ガスの通路に臨む壁面に、冷却媒体を前記通路の下流側に向けて噴出する噴出開口が設けられ、

前記噴出開口に前記冷却媒体を供給する真直な円孔からなる主通路と、前記主通路上の分岐点から分岐して前記噴出開口を出口とする真直な円孔からなる一対の分岐通路と、前記主通路と分岐通路とを連通して前記噴出開口を出口とする連通路とが壁内に形成され、

前記一対の分岐通路から噴出される冷却媒体の噴出方向が、これら冷却媒体を互いに前記壁面に押しつける方向の渦流を形成するように、前記高温ガスの流れ方向に対して傾斜して設定され、

前記主通路および分岐通路の横断面は、同一の一定内径を有し、

前記連通路は、前記分岐点を通り横断面が前記一定内径を有する真直な円孔群を連ねた包絡面を有し、

前記一对の分岐通路からの各噴出方向の、前記高温ガスの流れ方向に対する前記壁面に沿った横方向噴出角度 β が、前記流れ方向を挟んで互いに反対方向を向くように設定され、

前記主通路の軸心方向と前記壁面とがなす主縦方向角度 $\alpha 1$ が、前記分岐通路の軸心方向と前記壁面とがなす分岐縦方向角度 $\alpha 2$ よりも大きく設定されている。

[0008] この構成によれば、一对の噴出孔からの前記冷却媒体の各噴出方向の、前記高温ガスの流れ方向に対する前記壁面上に沿った横方向噴出角度が、前記流れ方向を挟んで互いに反対方向を向くように設定されているので、高温ガスの流れ方向に沿って、壁面上に冷却媒体の幅広いフィルム流が効果的に形成されて、フィルム効率が向上する。

[0009] さらに、主通路の軸心方向と壁面とがなす主縦方向角度 $\alpha 1$ が、前記分岐通路の軸心方向と前記壁面とがなす分岐縦方向角度 $\alpha 2$ よりも大きく設定されているので、分岐通路から噴出される冷却媒体が主通路から噴出される冷却媒体によって分離されて、指向性の高い一对の直進流を形成する。この指向性の高い一对の直進流の間には、十分圧力の低い低圧部が生じるので、直進流が形成する渦流により、直進流の周りからこの低圧部に巻き込まれて壁面に向かう強い流れが形成される。このため、冷却媒体が壁面から剥離することが抑制され、壁面上におけるフィルム効率が高められて、壁面が効果的に冷却される。

[0010] しかも、主通路および分岐通路の横断面は、同一の一定内径を有し、かつ、主通路と分岐通路を接続する連通路は、分岐点を通り横断面が前記一定内径を有する真直な円孔群を連ねた包絡面を有しているから、単一の円柱状の加工具、例えば放電加工の加工電極によって、主通路、分岐通路および連通路のすべてを壁面側から加工できるので、製造が容易になる。

[0011] すなわち、上記構成によれば、高温ガスに曝される壁面上における冷却媒体の剥離を抑制して壁面上に良好なフィルム流を生成することにより壁面の冷却を効率的に行うことができるとともに、冷却構造を容易に形成できる。

- [0012] 本発明のフィルム冷却構造において、前記主縦方向角度 $\alpha 1$ と分岐縦方向角度 $\alpha 2$ との角度差 δ が $3 \sim 15^\circ$ であるのが好ましいこの構成によれば、一对の分岐通路の間に主通路の下流部が突出する形となるので、一对の分岐通路から噴出される冷却媒体同士の分離が十分行われて、冷却媒体の直進流間に確実に低圧部が形成され、渦流が冷却媒体の流れを強力に壁面に押し付けて、フィルム効率を向上させる。
- [0013] 本発明のフィルム冷却構造において、前記連通路を形成する前記包絡面の後面部が平坦であるのが好ましい。ここで、「後面部」とは、高温ガスの流れ方向の下流側に位置する面をいう。後面部として単純な平坦面を用いることにより、連通路の形成が容易になる。
- [0014] 本発明のフィルム冷却構造において、前記主通路の前記壁面と直交する直交方向の高さ H に対する、前記分岐通路の分岐点の高さ L_c の比 L_c/H が、 $0.3 \sim 0.9$ であるのが好ましい。これにより、冷却媒体が主通路から分岐通路に円滑に分岐される。
- [0015] 前記各分岐通路からの前記横方向噴出角度 β が $10 \sim 45^\circ$ の範囲にあるのが好ましい。また、前記主通路の主縦方向角度 $\alpha 1$ は $10 \sim 45^\circ$ であるのが好ましく、前記一对の分岐通路の出口間の、前記壁面に沿った距離 W は、前記主通路の一定内径 D に対して $1.0 \sim 5.0D$ に設定されているのが好ましい。これら好ましい構成によれば、壁面に向かう強い渦流が生成されて、壁面をより効果的に冷却できる。
- [0016] 本発明にかかる製造方法は、本発明のダブルジェット式フィルム冷却構造を放電加工によって形成する方法であって、
高温ガスの通路に臨む壁面に、所定外径の円柱形の加工電極によって、前記一定内径の主通路を形成するとともに、
前記加工電極を前記主通路の軸心に対して傾斜させながら放電することにより前記連通路から分岐通路までを連続的に形成する。
この方法により、単一の円柱状の加工電極によって、主通路、分岐通路および連通路のすべてを壁面側から加工できるので、製造が容易になる。

[0017] 請求の範囲および／または明細書および／または図面に開示された少なくとも2つの構成のどのような組合せも、本発明に含まれる。特に、請求の範囲の各請求項の2つ以上のどのような組合せも、本発明に含まれる。

図面の簡単な説明

[0018] 本発明は、添付の図面を参考にした以下の好適な実施形態の説明から、より明瞭に理解されるであろう。しかしながら、実施形態および図面は単なる図示および説明のためのものであり、本発明の範囲を定めるために利用されるべきものではない。本発明の範囲は添付の請求の範囲によって定まる。添付図面において、複数の図面における同一の符号は、同一または相当する部分を示す。

[0019] [図1]本発明の一実施形態にかかるフィルム冷却構造を適用した高温ガスに曝される壁面の一部を示す平面図である。

[図2]同フィルム冷却構造の噴出開口が形成された壁面を拡大して示す平面図である。

[図3]噴出開口を主通路の軸心方向から見た図である。

[図4]同冷却構造の概略構成を示す縦断面図である。

[図5]同冷却構造を示す斜視図である。

[図6]同冷却構造の冷却媒体の流れを示す平面図である。

[図7]壁面の外表面に形成される冷却媒体の渦流を説明する図である。

[図8]壁面に得られるフィルム効率の等値線図である。

[図9]本発明の実施例を示すタービン動翼の斜視図である。

[図10]同タービン動翼の縦断面図である。

[図11]図10のXI-XI線に沿った横断面図である。

発明を実施するための形態

[0020] 以下、本発明の好ましい実施形態を図面に基づいて説明する。

[0021] 図1は本発明の一実施形態であるダブルジェット式フィルム冷却構造を適用した壁面1の平面図である。壁面1は矢印方向に流れる高温ガスGに曝されており、この壁面1には、高温ガスGの通路GPに空気のような冷却媒体

を噴出する噴出開口 2 が、高温ガス G の流れ方向にほぼ直交する方向（図 1 の上下方向）に複数並べて配置されている。なお、以下の説明において、高温ガス G の流れ方向に沿った上流側を前側と呼び、下流側を後側と呼ぶ。

[0022] 図 2 の拡大平面図に示すように、各噴出開口 2 は、壁面 1 を上面とする壁 10 の内部に形成された主通路 3、この主通路 3 から分岐した分岐通路 4、5、および主通路 3 と分岐通路 4、5 とを連通する連通路 6、7 に接続されている。つまり、噴出開口 2 は、これら通路 3～6 の出口 3 a、4 a、5 a、6 a、7 a によって形成されている。主通路 3 は、壁面 1 と直交する方向から見た平面視において、高温ガス G の流れ方向と平行であり、分岐通路 4、5 は、主通路 3 から、高温ガス G の流れ方向に対して横方向（図 1 の上下方向）に分岐しており、連通路 6、7 は、主通路 3 と分岐通路 4、5 のそれぞれとを、前記流れ方向に対して横方向（図 1 の上下方向）に連通させている。これらの通路 3～7 は、主通路 3 の軸心 C 3 を含み、壁面 1 に直交する直交面 V P に関し、面对称な形状を有し、後述するように、例えば放電加工により形成される。

[0023] 分岐通路 4、5 は、主通路 3 の軸心 C 3 上の同一の分岐点 P から分岐している。分岐通路 4、5 の壁面 1 と直交方向から見た分岐角度、つまり図 2 に表れた分岐角度 θ は、 $5 \sim 30^\circ$ が好ましく、 $10 \sim 20^\circ$ がさらに好ましい。分岐通路出口 4 a、5 a から噴出される冷却媒体 C L 4、C L 5 の噴出方向 A、B は、分岐通路 4、5 の軸心 C 4、C 5 と一致しておらず、つぎに述べるように、噴出開口 2 の形状によって影響される。

[0024] 分岐通路 4、5 は、壁面 1 に沿った面上で、つまり壁面 1 と直交する方向から見た平面視で、互いに異なる方向を指向するように設定されている。その結果、分岐通路 4、5 を通る両冷却媒体 C L 4、C L 5 は、互いに離間する方向に噴出される。この例では、噴出方向 A、B が、平面視で高温ガス G の流れ方向を挟んで互いに反対方向を向き、かつ、高温ガス G の流れ方向に対する各噴出方向 A、B の、壁面 1 に沿った横方向噴射角度 β が、同一に設定されている。噴出開口 2 に含まれる分岐通路出口 4 a、5 a は、分岐通路

4, 5の軸心C4, C5を長軸とする楕円形である。ここで、横方向噴射角度 β は、噴出開口2の前端2f、つまり、図2の平面視で、主通路3の軸心C3と噴出開口2の前縁との交点2fを基点として、この前端2fと、分岐通路出口4a, 5aの中心O1, O2とを通る直線が軸心C3とがなす角度(壁面1に沿った角度)と定義する。

[0025] 主通路3における分岐点Pよりも下流側の通路(以下「主通路下流部」という。)30には、主通路3に導入された冷却媒体CLの一部CL3が流入し、出口3aから軸心C3に沿った方向に噴出される。主通路3と分岐通路4, 5のそれぞれは、一定内径Dを有する真直な円孔により形成されている。

[0026] 連通路6, 7はそれぞれ、分岐点Pを通る真直な通路群を含んでおり、この通路群を連ねた包絡面により形成されている。通路群を形成する各通路は、横断面が主通路3および分岐通路4, 5と同一の一定内径Dを有している。したがって、主通路3の軸心C3方向から見た図3に示すように、連通路出口6a, 7aは、主通路出口3aと分岐通路出口4a, 5aとをつなぐ滑らかな曲線を描く。各通路3~7を形成する円孔は、図2の右欄に二点鎖線で示されている。

[0027] 縦断面図である図4に示すように、壁10を貫通して形成された主通路3は、壁10の内表面11に開口して、空気のような冷却媒体CLを壁10の内側から主通路3に導入する導入開口3bを有している。主通路3の軸心C3は、導入開口3bから外表面である壁面1の出口3aへ向かって高温ガスGの流れ方向の下流側に傾斜している。同様に、分岐通路4, 5も、その軸心C4, C5が、分岐点Pから出口4a, 5aに向かって高温ガスGの流れ方向の下流側に傾斜している。

[0028] 図2に示したとおり、冷却媒体CL3~CL5は、主通路3および分岐通路4, 5の軸心C3~C5に沿って出口3a~5aから、高温ガス通路GPに噴射される。連通路6, 7の出口6a, 7aからも冷却媒体の一部CL6, CL7が噴出される。図4に示す軸心C3と壁面1とがなす主縦方向角度

$\alpha 1$ は、分岐通路 4, 5 の軸心 C 4 および C 5 とが壁面 1 とがなす分岐縦方向角度 $\alpha 2$ よりも大きい。両分岐通路 4, 5 の分岐縦方向角度 $\alpha 2$ 、 $\alpha 2$ は同一である。なお、分岐通路 4, 5 の軸心 C 4, C 5 は、図 4 の縦断面に対して横方向(図 4 の表裏面の方向)に傾斜しているので、分岐縦方向角度 $\alpha 2$ の大きさは、図 4 では正確に表れていない。この分岐縦方向角度 $\alpha 2$ は、斜視図である図 5 に正確に示されており、分岐点 P の真上の壁面 1 上の仮想点 P 1 と、分岐通路出口 4 a, 5 a の中心 O 1, O 2 とを通る線に対して、分岐通路 4, 5 の軸心 C 4, C 5 がなす角度である。

[0029] このように主通路 3 および分岐通路 4, 5 が壁面 1 に対して傾斜しており、さらに分岐通路 4, 5 は主通路 3 に対して横方向に傾斜しているので、図 2 に示す噴出開口 2 に含まれる主通路出口 3 a および分岐通路出口 4 a, 5 a はすべて、楕円形となる。また、主縦方向角度 $\alpha 1$ が分岐縦方向角度 $\alpha 2$ よりも大きいので、分岐通路出口 4 a, 5 a が主通路出口 3 a よりも後方、つまり高温ガス G の下流側に位置する。

[0030] 連通路 6, 7 を形成する包絡面 1 6, 1 7 は、高温ガス G の上流側である前面部 1 6 a, 1 7 a が、滑らかな曲面であるのに対し、後面部 1 6 b, 1 7 b は、後方へ向かって幅が広がる平坦面である。したがって、連通路出口 6 a, 7 a はそれぞれ、幅 S の直線となる。これら平坦面 1 6 b, 1 7 b により、両分岐通路 4, 5 が形状的に明確に分離されるので、分岐通路 4, 5 から噴出される冷却媒体 C L 4, C L 5 同士の分離が促進される。

[0031] 噴出開口 2 の分岐通路出口 4 a, 5 a から噴出される冷却媒体 C L 4, C L 5 は、相互に影響し合い、相手方を壁面 1 に押し付けるように作用する。その様子を、図 6, 7 を参照しながら説明する。図 6 に示すように、主通路 3 に導入された冷却媒体 C L は、一部が分岐通路 4, 5 に流入する。分岐通路 4, 5 を流れる冷却媒体の大部分が、分岐通路成分 C L 4, C L 5 として、横方向噴出角度 β を持って分岐通路出口 4 a, 5 a から直進的な冷媒流 F 1, F 2 となって、高温ガス通路 G P に噴出される。特に、分岐通路出口 4 a, 5 a の後端 4 a a, 5 a a が主通路出口 3 a の後端 3 a a よりも後方に

位置しているので、分岐通路出口4 a, 5 aにおける主通路出口3 aよりも後方に位置する部分から噴出される直進冷媒流F 1, F 2は、指向性の高い流れとして形成される。

[0032] 一方、主通路3を通過した冷却媒体CLのうち、主通路下流部30を流れる冷却媒体の大部分は、主通路成分CL3として、出口3 aから軸心C3に沿った方向を指向する直進的な主分離流F3となって、高温ガス通路GPに噴出される。この分離流F3は、直進冷媒流F1, F2の間に入って、直進冷媒流F1, F2を分離する作用を持つ。主通路下流部30および分岐通路4, 5に流入した冷却媒体CL3~CL5の一部は、連通路6, 7に流入し、その出口6 a, 7 aから副分離流F4, F5となって、高温ガス通路GPに噴出され、直進冷媒流F1, F2の分離を促進する。

[0033] 高温ガス通路GPの、高温ガスGの流れ方向と直交する横断面を図7に示す。主通路下流部30および連通路6, 7からの主分離流F3および副分離流F4, F5により、分岐通路4, 5からの指向性の高い直進冷媒流F1とF2とが壁面1に平行な方向に分離される結果、直進冷媒流F1, F2間に強い低圧部11が発生する。これにより、各直進冷媒流F1, F2の内側部、つまり互いに対向する部分に、壁面1へ向かう流れが生じる。その結果、直進冷媒流F1, F2に、内側で壁面1へ向かって冷却媒体CLを巻き込むような互いに逆方向の渦流V1, V2が発生する。これらの渦流V1, V2は、それぞれ、直進冷媒流F1, F2を壁面1に押し付けるように作用する。

[0034] 低圧部11を効果的に発生させることにより渦流V1, V2を形成して、冷却媒体Cを壁面1に押し付ける作用を発揮するために、図6の2つの分岐通路出口4 a, 5 aは互いに適切な距離だけ離間して配設される必要がある。壁面1に臨む噴出開口2における分岐通路出口4 a, 5 aは、分岐通路4, 5の軸心C4, C5を長軸とするほぼ楕円形の形状を有する。一对の分岐通路出口4 a, 5 aの中心点O1, O2間の、壁面1に沿った距離Wは、前記一定内径Dに対して、1.0~5.0Dであることが好ましく、1.5~

4. ODであることがより好ましい。前記距離Wが前記範囲よりも短いと、渦流V1, V2同士の分離が困難になり、前記範囲よりも長いと、直進冷媒流F1, F2の直進性が不十分となり、所望の強さの渦流V1, V2が得られない。

[0035] また、分岐通路4, 5からの噴出方向A, Bが高温ガスGの流れ方向となす横方向噴出角度 β は、 $10 \sim 45^\circ$ の範囲にあることが好ましい。横方向噴出角度 β は、 $20 \sim 40^\circ$ の範囲にあることがより好ましく、 $25 \sim 35^\circ$ の範囲にあるのがさらに好ましい。横方向噴出角度 β が前記範囲未満であると、やはり、渦流V1, V2同士の分離が困難になり、前記範囲を超えると、直進冷媒流F1, F2の直進性が不十分となり、所望の強さの渦流V1, V2が得られない。

[0036] 両分岐通路4, 5からの噴射方向A, Bが高温ガスGの流れ方向となす横方向噴出角度 β 、 β は、互いに異なる大きさとしてもよい。例えば、主通路3の軸心C3が高温ガスGの流れ方向に沿っていない場合、両分岐通路4, 5からの噴出方向A, Bを主通路3の軸心C3に対して対称に設定すると、高温ガスGに対する横方向噴出角度 β は、両分岐通路4, 5間で相違することになる。

[0037] 図4に示した主通路3の軸心C3と壁面1とがなす主縦方向角度 $\alpha 1$ は、 $10 \sim 45^\circ$ の範囲にあることが好ましく、 $20 \sim 40^\circ$ の範囲にあることがより好ましい。他方、分岐通路4, 5と壁面1とがなす分岐縦方向角度 $\alpha 2$ は、 $5 \sim 40^\circ$ の範囲にあることが好ましく、 $10 \sim 35^\circ$ の範囲にあることがさらに好ましい。主縦方向角度 $\alpha 1$ および分岐噴射角度 $\alpha 2$ が前記範囲未満であると、図7の渦流V1, V2が壁面1に近づき過ぎ、前記範囲を超えると、渦流V1, V2が壁面1から遠ざかり過ぎるので、所望の強さの渦流V1, V2が得られない。

[0038] また、図4の主・分岐縦方向角度 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ の角度差 $\delta = \alpha 1 - \alpha 2$ は、 $3 \sim 15^\circ$ が好ましく、 $5 \sim 12$ がさらに好ましい。角度差 δ が前記範囲から外れると、図6の主通路3からの分離流F3による図7の渦流V1, V2

の分離作用が低下し、所望の強さの渦流 V_1 、 V_2 が得られない。

[0039] さらに、図4の壁10内の主通路の高さ H 、つまり壁10の厚さに対する分岐点 P の高さ L_c の比 $=L_c/H$ は、 $0.3\sim 0.9$ が好ましく、 $0.4\sim 0.8$ がさらに好ましい。前記比は、主通路3における分岐点 P よりも上流側の部分と主通路3の全長 L との比に相当する。この長さ比 L_c/H が前記範囲未満であると、図6の主通路3から噴出される分離流 F_3 の直進性が低下して、分岐通路4、5からの直進流 F_1 、 F_2 を分離する作用が低下する。長さ比 L_c/H が前記範囲を超えると、分岐通路4、5への冷却媒体 CL_4 、 CL_5 の供給量が不十分となる。したがって、いずれの場合でも所望の強さの渦流 V_1 、 V_2 が得られない。

[0040] 主通路3の全長 L は、一定内径 D との関係において、 $2\sim 10D$ であるのが好ましい。 $2D$ 未満では、主通路3および分岐通路4、5から噴出される冷却媒体の指向性が低下し、 $10D$ を超えると通路抵抗が増大する。

[0041] つぎに、上記冷却構造の製造方法について説明する。図5に示すように、放電加工機の円柱状の加工電極41を用いて、主通路3、分岐通路4、5および連通路6、7のすべてを壁面1側から加工する。加工電極41は、一定内径 D の各通路3ないし7を形成するように、一定内径 D よりも若干小さい所定外径を有する。この加工電極41を用いた放電加工によって、まず、主通路3を形成する。つづいて、加工電極を主通路3の軸心 C_3 に対して傾斜させながら放電することにより、連通路6、7から分岐通路4、5までを連続的に形成する。このように、単一の加工電極41を適宜傾斜させながら連続加工することにより、主通路3、分岐通路4、5および連通路6、7のすべてを壁面1側から加工できるので、冷却構造の製造が容易になる。

[0042] 以上の冷却構造によれば、図7に示すように、一对の分岐通路4、5からの冷却媒体 CL_4 、 CL_5 が、低圧部11に巻き込まれた渦流 V_1 、 V_2 によって壁面1に押し付けられて、壁面1の広い範囲に接触し、冷却媒体 CL のフィルム流が形成される。このようにして冷却媒体 CL が壁面1から剥離することが抑制され、壁面1上におけるフィルム効率が高められて、壁面1

が効果的に冷却される。

[0043] 図8は、図2および図4に示す各寸法および比を含むパラメータをつぎの大きさとした場合に、壁面1上に得られるフィルム効率 $\eta_{f,ad}$ の等値線図を示している。

一定内径	$D = 15 \text{ mm}$
壁厚対一定内径比	$H/D = 3.5$
長さ比	$L_c/H = 0.625$
主縦方向角度	$\alpha_1 = 30^\circ$
噴出開口の中央部の長短軸比	$D_e/D = 2.0$
噴出角度差	$\delta = 10^\circ$
横方向噴出角度	$\beta = 32^\circ$
連通路出口の直線長さ	$S/D = 0.2$
噴出開口の前端位置	$x/D = -1.0$

(ここで、 x は、図4に示す主通路3の軸心 C_3 と壁面1とが交差する中心点 CP を原点とし、高温ガス G の下流方向に向かった距離である。マイナス符号は原点 CP から上流方向の距離を示す。)

[0044] 図8から明らかなように、噴出開口2から噴出される冷却媒体 C_L は、その下流の近傍に、フィルム効率1.0の領域を、その後方にフィルム効率0.8の領域を、その幅方向中央寄りにフィルム効率0.6の領域を、さらにその中央寄りにフィルム効率0.4の領域を、最外側にフィルム効率0.2の領域を、それぞれ広域にわたって形成している。このような極めて高いフィルム効率を有する冷却媒体 C のフィルム流を壁面1に形成することにより、冷却媒体 C の壁面1からの剥離が阻止されて壁面1の効率的な冷却が行われる。

[0045] 前記パラメータのうち、

$L_c/H = 0.75$ 、 $\delta = 7.5^\circ$ 、 $\beta = 32^\circ$ とした場合でも、図8の噴出開口2付近のフィルム効率が10%程度低下するだけで、全体として十分高いフィルム効率を得られることを確認した。また、

$L_c/H=0.5$ 、 $\delta=7.5^\circ$ 、 $\beta=29^\circ$ とした場合でも、図8のフィルム効率よりも全体的に10%程度低下するだけで、全体として十分高いフィルム効率を得られることを確認した。さらに、

$L_c/H=0.5$ 、 $\delta=5^\circ$ 、 $\beta=29^\circ$ とした場合には、図8のフィルム効率よりも全体的に20%程度低下するが、前記特許文献2の実施形態と同程度の高いフィルム効率を得られることを確認した。

実施例

[0046] 図9ないし図11は、本発明をガスタービンのタービン翼に適用した実施例を示す。ガスタービンは、空気を圧縮する圧縮機、圧縮機からの圧縮空気に燃料を供給して燃焼させる燃焼器、燃焼器から的高温および高圧の燃焼ガスにより駆動されるタービンを備えている。前記タービンは、図9に示すタービンディスク21の外周に多数の動翼23を植設したものである。動翼23の翼面（壁面1）における前縁25から若干後方寄りの部分に、6つの噴出開口2が動翼23の径方向に並べて配置されており、これら噴出開口2が、隣接する動翼23間的高温ガス（燃焼ガス）通路GPに臨んでいる。

[0047] 動翼23の内部には、図10に示す折り返した冷却媒体通路27が形成されており、この冷却媒体通路27の中途部に噴出開口2が連通している。圧縮機から抽気された空気からなる冷却媒体CLが、タービンディスク21内の通路から冷却媒体通路27に導入され、噴出開口2から噴射されたのち、翼端29に開口させた噴出孔31から通路GP内に噴出される。こうして、図11に示す壁面1である翼面に開口した噴出開口2から噴射される冷却媒体CLにより、翼面1上に冷却媒体Cのフィルム流CFが形成されて、動翼23が効果的に冷却される。

[0048] 上記実施例では、複数の噴出開口2を、上下方向1列に等間隔に並べて配置した例について説明したが、複数の噴出開口2の数および配置は適宜選択してよい。例えば、複数の噴出開口2を径方向に等間隔に並べた列を、前後方向に離して2列設けて、前側の列の噴出開口2の径方向位置と、後側の列の噴出開口2の径方向位置とをずらして配置してもよい。

[0049] 本発明は、ガスタービンの動翼のほかに、静翼、燃焼器の内筒などのように、高温ガスの通路に臨む壁面に対して広く適用できる。

[0050] 以上のとおり、図面を参照しながら本発明の好適な実施形態を説明したが、本発明の趣旨を逸脱しない範囲内で、種々の追加、変更または削除が可能である。したがって、そのようなものも本発明の範囲内に含まれる。

[0051] 以上のとおり、図面を参照しながら好適な実施形態を説明したが、当業者であれば、本件明細書を見て、自明な範囲内で種々の変更および修正を容易に想定するであろう。したがって、そのような変更および修正は、請求の範囲から定まる発明の範囲内のものと解釈される。

符号の説明

- [0052]
- 1 壁面
 - 2 噴出開口
 - 3 主通路
 - 4, 5 分岐通路
 - 6, 7 連通路
 - 10 壁
 - 16, 17 包絡面
 - A, B 冷却媒体の噴出方向
 - V1, V2 渦流
 - CL、CL3～CL7 冷却媒体
 - D 一定内径
 - G 高温ガス
 - GP 高温ガス通路
 - $\alpha 1$ 主縦方向角度
 - $\alpha 2$ 分岐縦方向角度
 - β 横方向噴出角度

請求の範囲

- [請求項1] 高温ガスの通路に臨む壁面に、冷却媒体を前記通路の下流側に向けて噴出する噴出開口が設けられ、
- 前記噴出開口に前記冷却媒体を供給する真直な円孔からなる主通路と、前記主通路上の分岐点から分岐して前記噴出開口を出口とする真直な円孔からなる一对の分岐通路と、前記主通路と分岐通路とを連通して前記噴出開口を出口とする連通路とが壁内に形成され、
- 前記一对の分岐通路から噴出される冷却媒体の噴出方向が、これら冷却媒体を互いに前記壁面に押しつける方向の渦流を形成するように、前記高温ガスの流れ方向に対して傾斜して設定され、
- 前記主通路および分岐通路の横断面は、同一の一定内径を有し、
- 前記連通路は、前記分岐点を通り横断面が前記一定内径を有する真直な円孔群を連ねた包絡面を有し、
- 前記一对の分岐通路からの各噴出方向の、前記高温ガスの流れ方向に対する前記壁面に沿った横方向噴出角度 β が、前記流れ方向を挟んで互いに反対方向を向くように設定され、
- 前記主通路の軸心方向と前記壁面とがなす主縦方向角度 $\alpha 1$ が、前記分岐通路の軸心方向と前記壁面とがなす分岐縦方向角度 $\alpha 2$ よりも大きく設定されている、
- ダブルジェット式フィルム冷却構造。
- [請求項2] 請求項1に記載のフィルム冷却構造において、前記主縦方向角度 $\alpha 1$ と分岐縦方向角度 $\alpha 2$ との角度差 δ が $3 \sim 15^\circ$ であるダブルジェット式フィルム冷却構造。
- [請求項3] 請求項1または2に記載のフィルム冷却構造において、前記連通路を形成する前記包絡面の後面部が平坦面であるダブルジェット式フィルム冷却構造。
- [請求項4] 請求項1から3のいずれか一項に記載のフィルム冷却構造において、前記主通路の前記壁面と直交する直交方向の高さ H に対する、前記

分岐通路の分岐点の高さ L_c の比 L_c/H が、 $0.3 \sim 0.9$ であるダブルジェット式フィルム冷却構造。

[請求項5] 請求項1から4のいずれか一項に記載のフィルム冷却構造において、前記各分岐通路からの前記横方向噴出角度 β が $10 \sim 45^\circ$ であるダブルジェット式フィルム冷却構造。

[請求項6] 請求項1から5のいずれか一項に記載のフィルム冷却構造において、前記主通路の主縦方向角度 α_1 が $10 \sim 45^\circ$ であるダブルジェット式フィルム冷却構造。

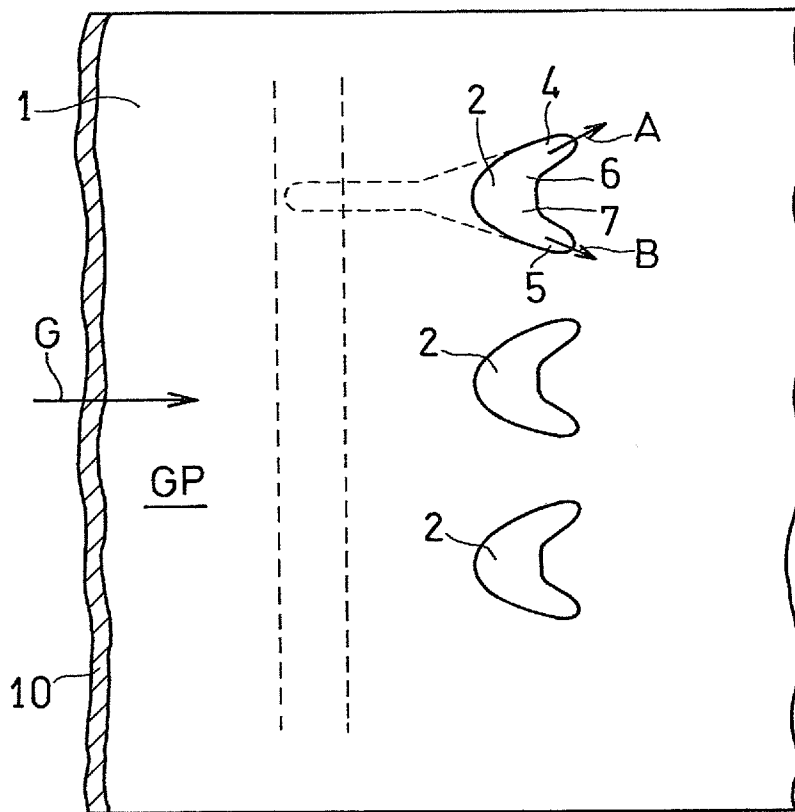
[請求項7] 請求項1から6のいずれか一項に記載のフィルム冷却構造において、前記一对の分岐通路の出口間の、前記壁面に沿った距離 W が、前記主通路の一定内径 D に対して $1.0 \sim 5.0D$ に設定されているダブルジェット式フィルム冷却構造。

[請求項8] 請求項1から7のいずれか一項に記載のダブルジェット式フィルム冷却構造を放電加工によって形成する方法であって、

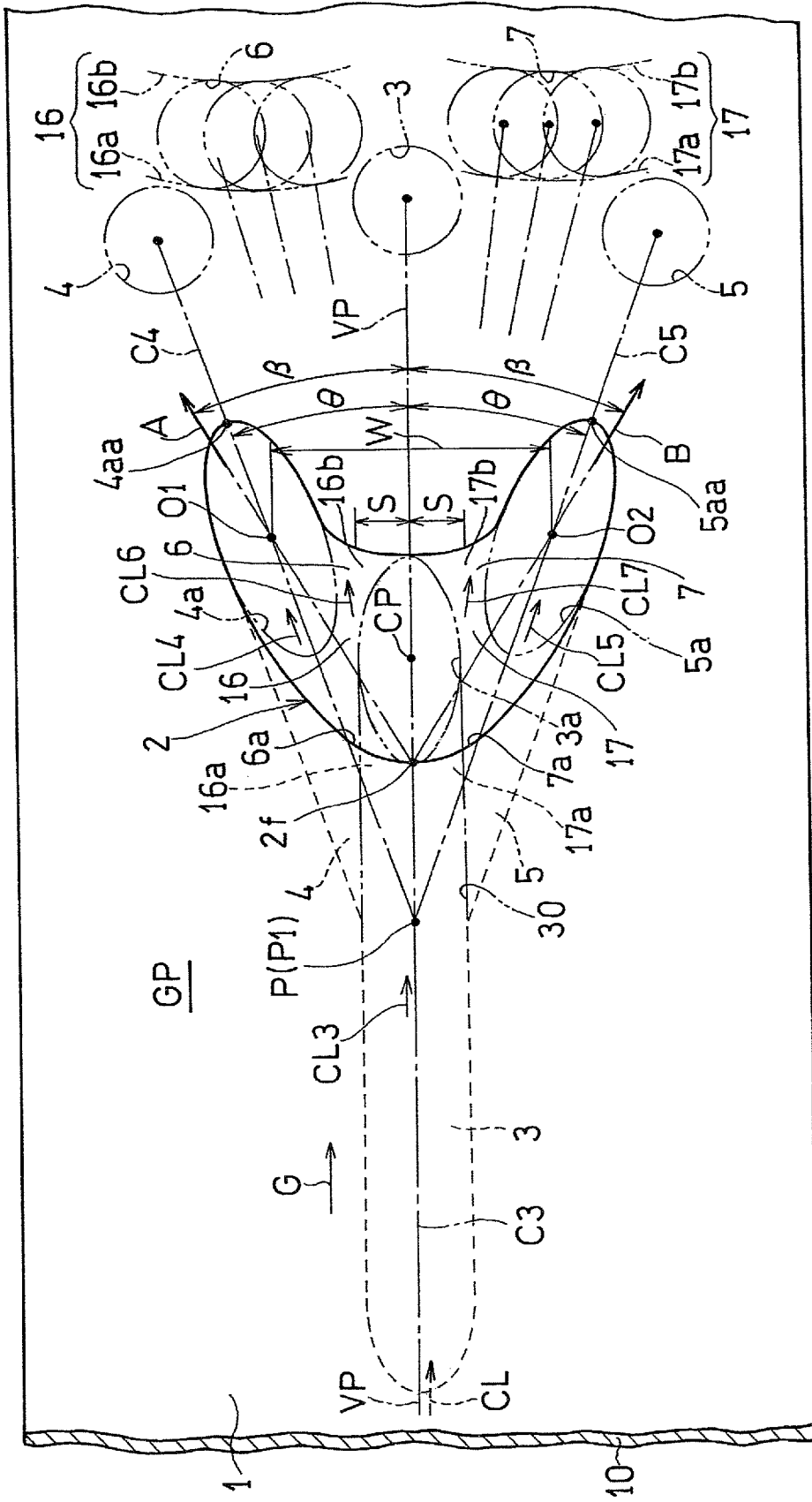
高温ガスの通路に臨む壁面に、所定外径の円柱形の加工電極によって、前記一定内径の主通路を形成するとともに、

前記加工電極を前記主通路の軸心に対して傾斜させながら放電することにより前記連通路から分岐通路までを連続的に形成するダブルジェット式フィルム冷却構造の製造方法。

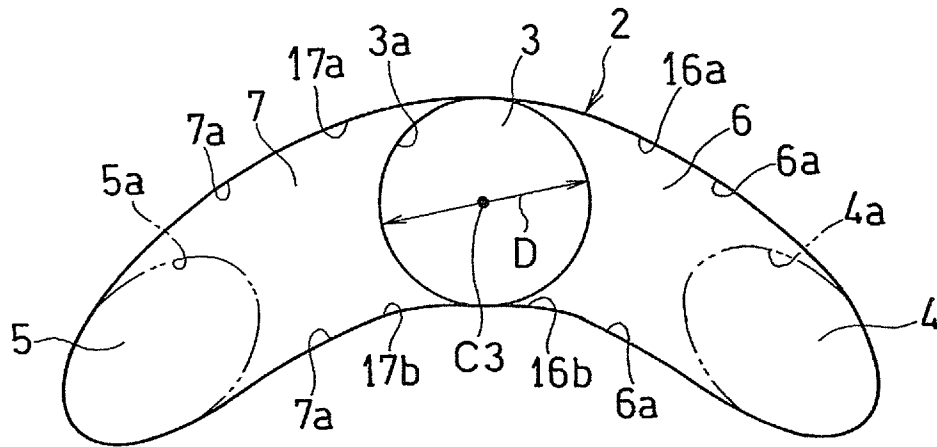
[図1]



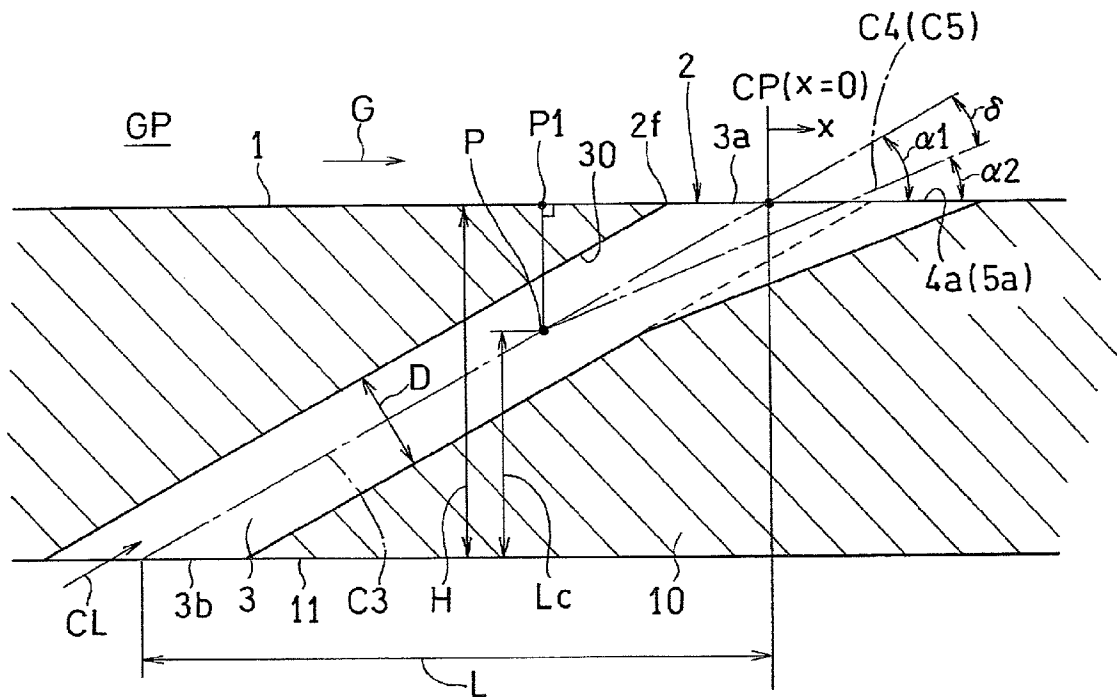
[図2]



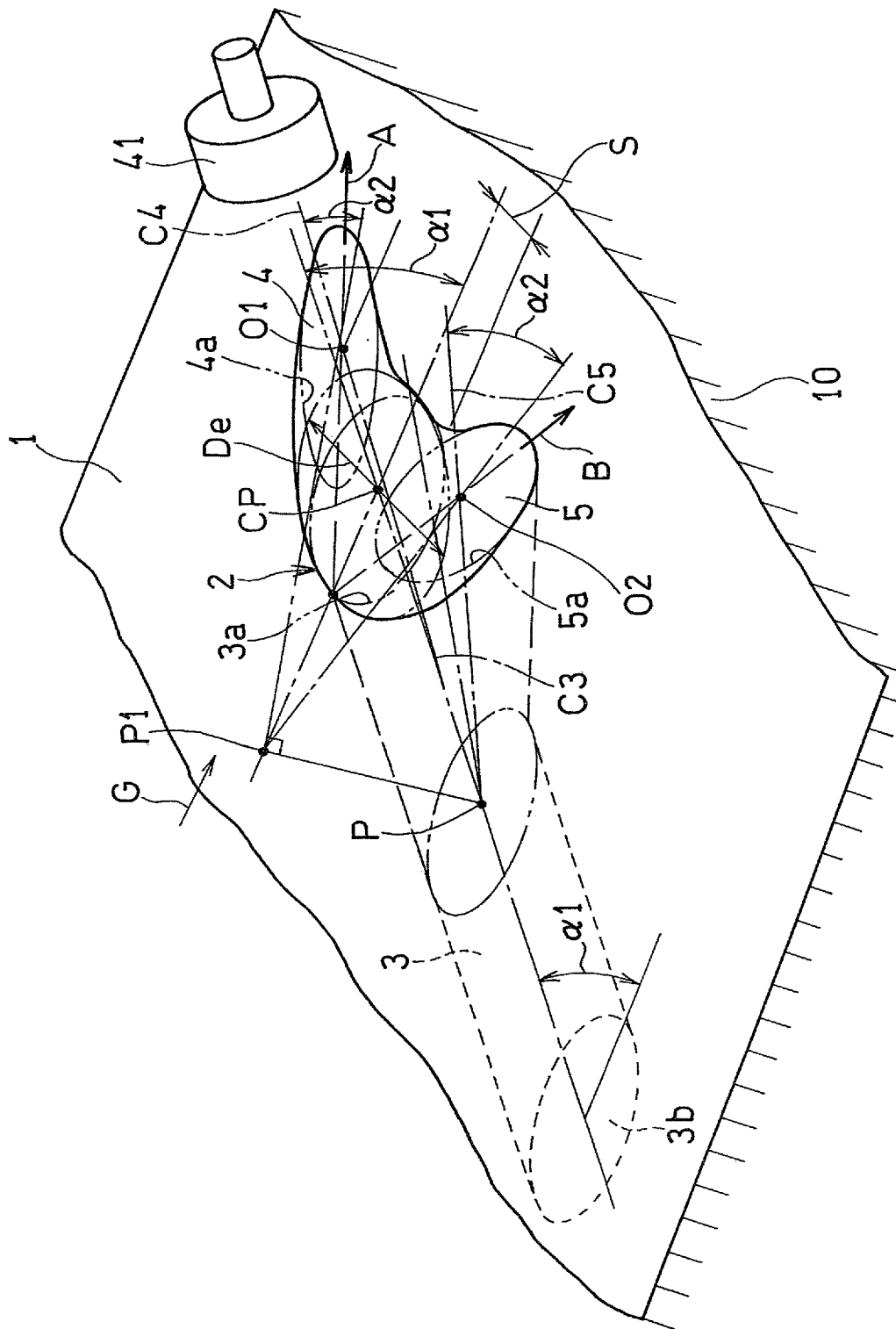
[図3]



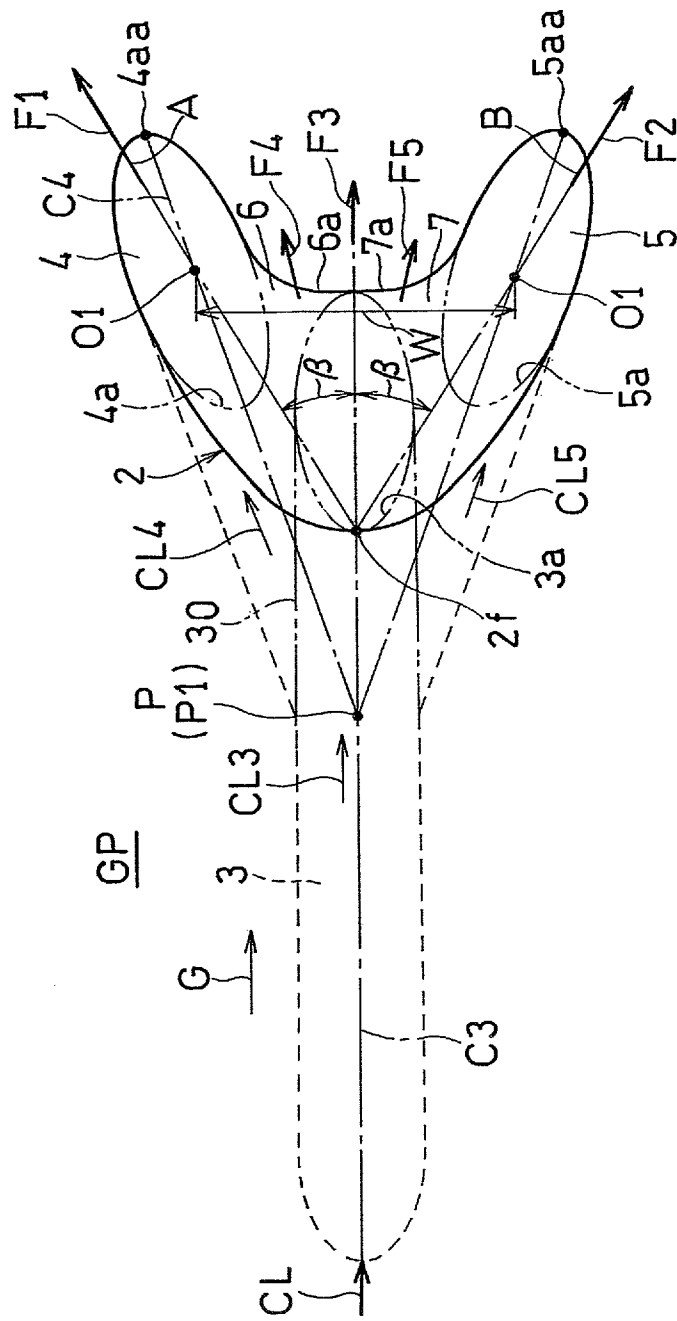
[図4]



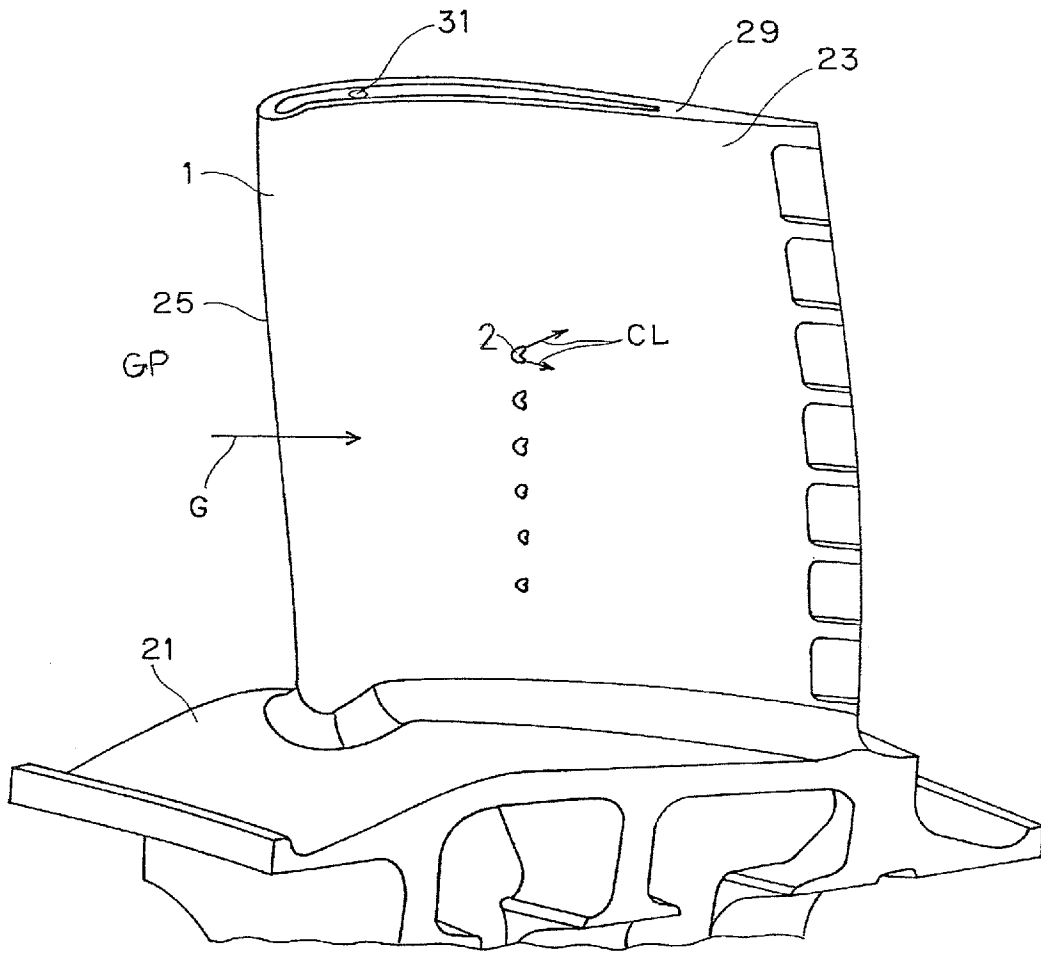
[図5]



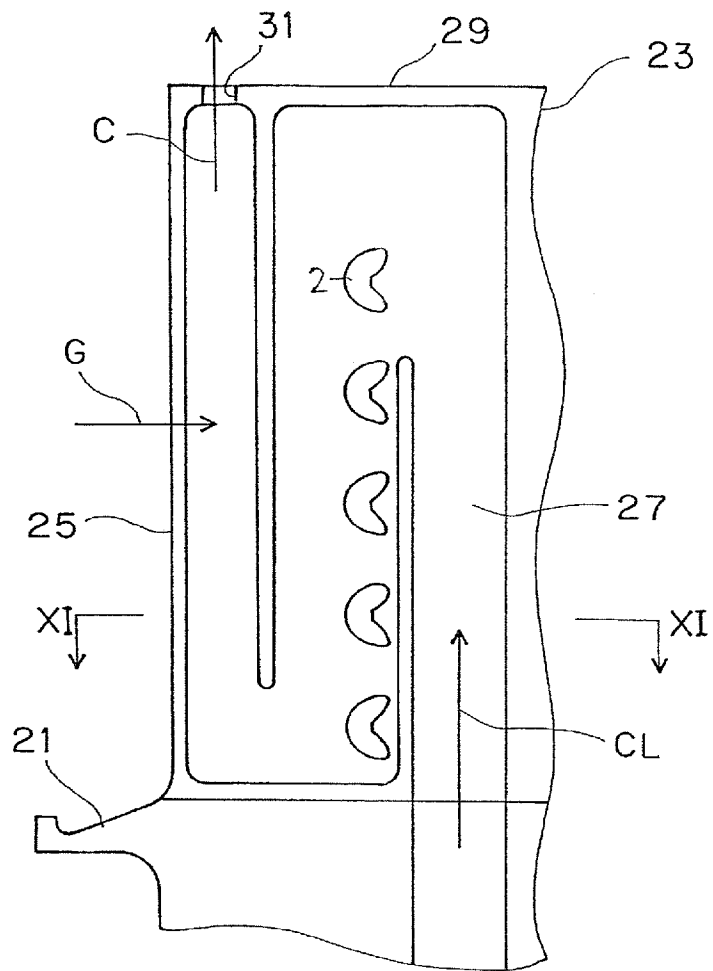
[図6]



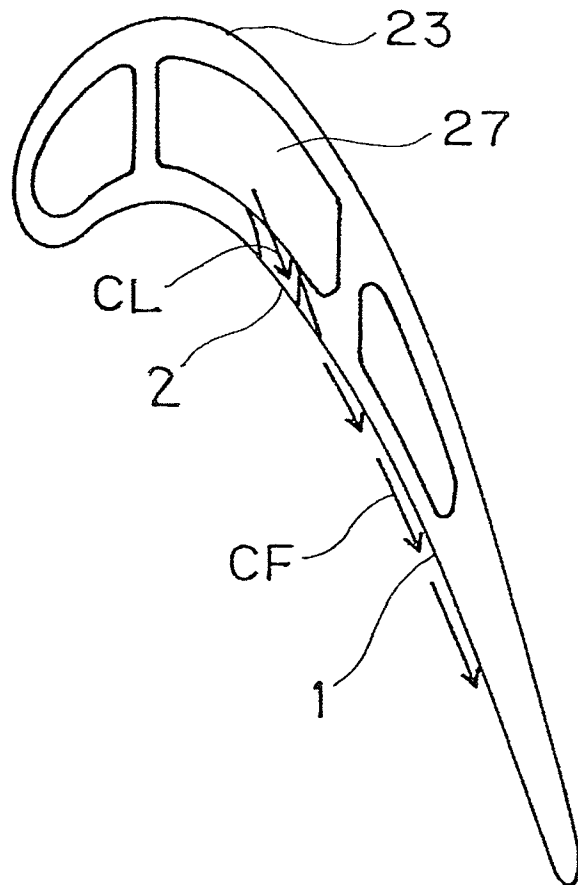
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/063517

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
F01D5/18(2006.01)i, B23H9/10(2006.01)i, F01D9/02(2006.01)i, F02C7/00(2006.01)i, F02C7/18(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 B23H9/10, F01D5/00, F01D9/00, F01D25/00, F02C7/00, F23R3/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-247248 A (General Electric Co.), 08 December 2011 (08.12.2011), entire text; all drawings & US 2011/0293423 A1 & EP 2390465 A2 & CN 102261281 A	1-8
A	JP 2001-12204 A (Toshiba Corp.), 16 January 2001 (16.01.2001), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	US 2011/0123312 A1 (VENKATARAMANAN, Jyothishkumar et al.), 26 May 2011 (26.05.2011), entire text; all drawings & EP 2343435 A1	1-8

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 06 August, 2014 (06.08.14)	Date of mailing of the international search report 19 August, 2014 (19.08.14)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/063517

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-9785 A (General Electric Co.), 12 January 2006 (12.01.2006), entire text; all drawings & US 2005/0286998 A1 & EP 1609949 A1 & CA 2504165 A1	1-8
A	JP 2008-8288 A (United Technologies Corp.), 17 January 2008 (17.01.2008), entire text; all drawings & US 2008/0003096 A1 & EP 1873353 A2	1-8
A	JP 4954309 B2 (Kawasaki Heavy Industries, Ltd. et al.), 13 June 2012 (13.06.2012), entire text; all drawings & US 2013/0175015 A1 & EP 2554792 A1 & WO 2011/118131 A1	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. F01D5/18(2006.01)i, B23H9/10(2006.01)i, F01D9/02(2006.01)i, F02C7/00(2006.01)i, F02C7/18(2006.01)i

B. 調査を行った分野
 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. B23H9/10, F01D5/00, F01D9/00, F01D25/00, F02C7/00, F23R3/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの
 日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2014年
 日本国実用新案登録公報 1996-2014年
 日本国登録実用新案公報 1994-2014年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2011-247248 A（ゼネラル・エレクトリック・カンパニー） 2011.12.08, 全文, 全図 & US 2011/0293423 A1 & EP 2390465 A2 & CN 102261281 A	1-8
A	JP 2001-12204 A（株式会社東芝）2001.01.16, 全文, 全図 （ファミリーなし）	1-8
A	US 2011/0123312 A1（VENKATARAMANAN, Jyothishkumar et al.） 2011.05.26, 全文, 全図 & EP 2343435 A1	1-8

C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 06.08.2014	国際調査報告の発送日 19.08.2014
--------------------------	--------------------------

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 瀬戸 康平 電話番号 03-3581-1101 内線 3355	3G	3217
--	---	----	------

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2006-9785 A (ゼネラル・エレクトリック・カンパニー) 2006.01.12, 全文, 全図 & US 2005/0286998 A1 & EP 1609949 A1 & CA 2504165 A1	1-8
A	JP 2008-8288 A (ユナイテッド テクノロジーズ コーポレーション) 2008.01.17, 全文, 全図 & US 2008/0003096 A1 & EP 1873353 A2	1-8
A	JP 4954309 B2 (川崎重工業株式会社 外1名) 2012.06.13, 全文, 全図 & US 2013/0175015 A1 & EP 2554792 A1 & WO 2011/118131 A1	1-8