

(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
2024年3月7日(07.03.2024)



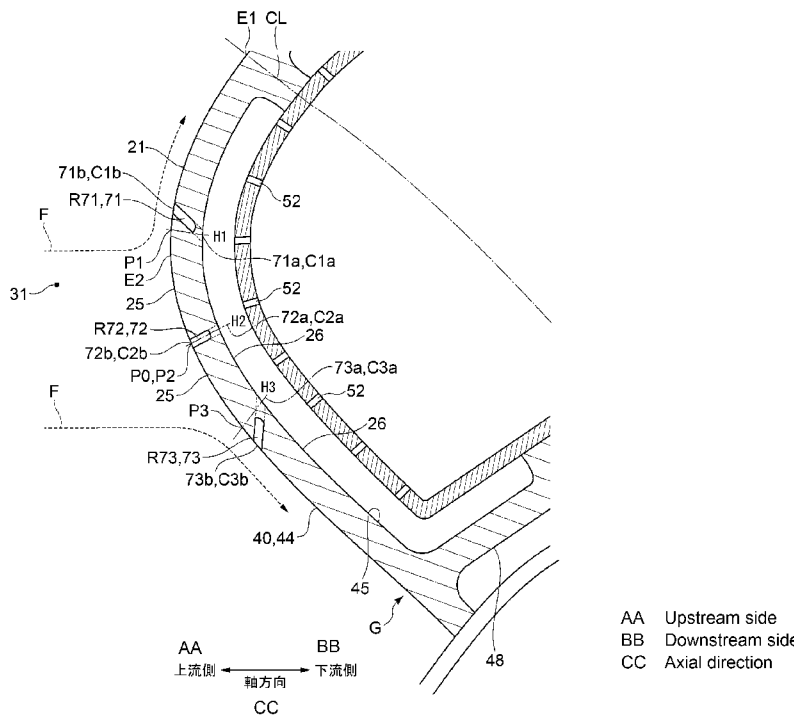
(10) 国際公開番号

WO 2024/048211 A1

- (51) 国際特許分類:
F01D 9/02 (2006.01) *F02C 7/18* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/028722
- (22) 国際出願日: 2023年8月7日(07.08.2023)
- (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 2022-138919 2022年9月1日(01.09.2022) JP
- (71) 出願人 (KR を除く全ての指定国について): 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (71) 出願人 (KR についてのみ): 三菱パワー株式会社 (MITSUBISHI POWER, LTD.) [JP/JP]; 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 宮久靖夫 (MIYAHISA, Yasuo); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 松尾咲生 (MATSUO, Saki); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 鳥井俊介 (TORII, Shunsuke); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: S S I P 弁理士法人 (SSIP PATENT ATTORNEY CORPORATION); 〒1080073 東

(54) Title: GAS TURBINE STATIONARY BLADE AND GAS TURBINE

(54) 発明の名称: ガスタービン静翼及びガスタービン



(57) Abstract: Provided is a gas turbine stationary blade. When a plane including a thickness direction and a blade height direction of a leading edge part at the center of an inlet of a first film cooling hole is defined as a first plane, the center of an outlet of the first film cooling hole is positioned on the downstream side in a flow of combustion gas of a position at which the first plane and an outer surface of the leading edge part intersect each other. When a plane including the thickness direction and the blade height direction of the leading edge part at the center of an inlet of a second film cooling

京都港区三田三丁目 1 3 番 1 6 号 三田 4
3 MTビル 1 3 階 Tokyo (JP).

- (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, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, 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, ME, 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))

hole is defined as a second plane, an outlet of the second film cooling hole is positioned at a place at which the second plane and the outer surface of the leading edge part intersect each other. When a plane including the thickness direction and the blade height direction of the leading edge part at the center of an inlet of a third film cooling hole is defined as a third plane, the center of an outlet of the third film cooling hole is positioned on the downstream side in the flow of combustion gas of a position at which the third plane and the outer surface of the leading edge part intersect each other.

(57) 要約: ガスタービン静翼であって、第1フィルム冷却孔の入口の中心における前縁部の肉厚方向と翼高さ方向とを含む平面を第1平面と定義すると、第1フィルム冷却孔の出口の中心は、第1平面と前縁部の外面とが交わる位置よりも、燃焼ガスの流れの下流側に位置し、第2フィルム冷却孔の入口の中心における前縁部の肉厚方向と翼高さ方向とを含む平面を第2平面と定義すると、第2フィルム冷却孔の出口は、第2平面と前縁部の外面とが交わる位置に位置し、第3フィルム冷却孔の入口の中心における前縁部の肉厚方向と翼高さ方向とを含む平面を第3平面と定義すると、第3フィルム冷却孔の出口の中心は、第3平面と前縁部の外面とが交わる位置よりも、燃焼ガスの流れの下流側に位置する。

明 細 書

発明の名称：ガスタービン静翼及びガスタービン

技術分野

[0001] 本開示は、ガスタービン静翼及びガスタービンに関する。

本願は、2022年9月1日に日本国特許庁に出願された特願2022-138919号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] ガスタービン静翼の前縁部は高温の燃焼ガスの流れに晒される。特許文献1には、ガスタービン静翼のメタル温度を翼材料の許容温度以下に保つために、ガスタービン静翼の前縁部に複数のフィルム冷却孔を設けて、複数のフィルム冷却孔から流出した冷却空気でガスタービン静翼の表面（翼表面）のフィルム冷却を行うことが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平10-220203号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1に記載のガスタービン静翼には、より少ない冷却空気量でガスタービン静翼の表面面のフィルム冷却を効果的に行う観点において改善の余地がある。

[0005] 上述の事情に鑑みて、本開示の少なくとも一実施形態は、冷却空気量を削減しつつ翼表面のフィルム冷却のフィルム効率の低下を抑制できるガスタービン静翼及びこれを備え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

[0006] 上記目的を達成するため、本開示の少なくとも一実施形態に係るガスタービン静翼は、
ガスタービン静翼であって、

内部に空洞が形成された翼形部を備え、
前記翼形部の前縁部には、
翼高さ方向に沿って配列された複数の第1フィルム冷却孔を含む第1フィルム冷却孔列と、
前記翼高さ方向に沿って配列された複数の第2フィルム冷却孔を含む第2フィルム冷却孔列と、
前記翼高さ方向に沿って配列された複数の第3フィルム冷却孔を含む第3フィルム冷却孔列と、
が形成され、
前記第2フィルム冷却孔列は、前記第1フィルム冷却孔列と前記第3フィルム冷却孔列の間に配置され、
前記第1フィルム冷却孔は、前記前縁部の肉厚方向に対して傾斜した方向に延在しており、前記第1フィルム冷却孔の入口の中心における前記前縁部の肉厚方向と前記翼高さ方向とを含む平面を第1平面と定義すると、前記第1フィルム冷却孔の出口の中心は、前記第1平面と前記前縁部の外面とが交わる位置よりも、前記前縁部に沿った燃焼ガスの流れの下流側に位置し、
前記第2フィルム冷却孔は、前記前縁部の肉厚方向に対して傾斜した方向に延在しており、前記第2フィルム冷却孔の入口の中心における前記前縁部の肉厚方向と前記翼高さ方向とを含む平面を第2平面と定義すると、前記第2フィルム冷却孔の出口は、前記第2平面と前記前縁部の外面とが交わる位置に位置し、
前記第3フィルム冷却孔は、前記前縁部の肉厚方向に対して傾斜した方向に延在しており、前記第3フィルム冷却孔の入口の中心における前記前縁部の肉厚方向と前記翼高さ方向とを含む平面を第3平面と定義すると、前記第3フィルム冷却孔の出口の中心は、前記第3平面と前記前縁部の外面とが交わる位置よりも、前記前縁部に沿った燃焼ガスの流れの下流側に位置する。

発明の効果

[0007] 本開示の少なくとも一実施形態によれば、冷却空気量を削減しつつ翼表面

のフィルム冷却のフィルム効率の低下を抑制できるガスタービン静翼及びこれを備えるガスタービンが提供される。

図面の簡単な説明

- [0008] [図1]本開示の一実施形態に係るガスタービン2の概略構成を示す図である。
- [図2]本開示の一実施形態に係るタービン静翼12における翼高さ方向に沿った断面の一例を示す図である。
- [図3]図2に示したタービン静翼12の翼高さ方向に直交する断面の一例を示す図である。
- [図4]図3に示す前縁部21を拡大した断面図である。
- [図5]翼形部20の前縁部21の外面25を外面25に直交する方向から見た図である。
- [図6]翼形部20の前縁部21における第1フィルム冷却孔列R71の位置での翼高さ方向に沿った断面の一例を示す図である。
- [図7A]図6における外側シュラウド22の近傍の第1フィルム冷却孔71である外側第1フィルム冷却孔711を拡大した断面図である。
- [図7B]図6における内側シュラウド24の近傍の第1フィルム冷却孔71である内側第1フィルム冷却孔712を拡大した断面図である。
- [図8A]図7AにおけるQG-QG断面を示す図である。
- [図8B]図7BにおけるQH-QH断面を示す図である。
- [図9]翼形部20の前縁部21における第2フィルム冷却孔列R72の位置での翼高さ方向に沿った断面の一例を示す図である。
- [図10A]図9における外側シュラウド22の近傍の第2フィルム冷却孔72である外側第2フィルム冷却孔721を拡大した断面図である。
- [図10B]図9における内側シュラウド24の近傍の第2フィルム冷却孔72である内側第2フィルム冷却孔722を拡大した断面図である。
- [図11A]図10AにおけるQJ-QJ断面を示す図である。
- [図11B]図10BにおけるQK-QK断面を示す図である。
- [図12]翼形部20の前縁部21における第3フィルム冷却孔列R73の位置

での翼高さ方向に沿った断面の一例を示す図である。

[図13A]図12における外側シュラウド22の近傍の第3フィルム冷却孔73である外側第3フィルム冷却孔731を拡大した断面図である。

[図13B]図12における内側シュラウド24の近傍の第3フィルム冷却孔73である内側第3フィルム冷却孔732を拡大した断面図である。

[図14A]図13AにおけるQL-QL断面を示す図である。

[図14B]図13BにおけるQM-QM断面を示す図である。

[図15]第1比較形態に係る翼形部020の翼高さ方向に直交する断面を示す図である。

[図16]一実施形態に係るタービン静翼12における第2フィルム冷却孔列R72からの距離と翼スパン方向の平均フィルム効率との関係と、第1比較形態に係るタービン静翼012における3列目のフィルム冷却孔列07（第2フィルム冷却孔列R72に対応する位置のフィルム冷却孔列）からの距離と翼スパン方向の平均フィルム効率との関係を示す図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、添付図面を参照して本開示の幾つかの実施形態について説明する。ただし、実施形態として記載されている又は図面に示されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対的配置等は、発明の範囲をこれに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。

例えば、「ある方向に」、「ある方向に沿って」、「平行」、「直交」、「中心」、「同心」或いは「同軸」等の相対的或いは絶対的な配置を表す表現は、厳密にそのような配置を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の角度や距離をもって相対的に変位している状態も表すものとする。

例えば、「同一」、「等しい」及び「均質」等の物事が等しい状態であることを表す表現は、厳密に等しい状態を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の差が存在している状態も表すものとする。

例えば、四角形状や円筒形状等の形状を表す表現は、幾何学的に厳密な意

味での四角形状や円筒形状等の形状を表すのみならず、同じ効果が得られる範囲で、凹凸部や面取り部等を含む形状も表すものとする。

一方、一の構成要素を「備える」、「具える」、「具備する」、「含む」、又は、「有する」という表現は、他の構成要素の存在を除外する排他的な表現ではない。

[0010] 図1は、一実施形態に係るガスタービン2の概略構成を示す図である。

図1に示すように、ガスタービン2は、圧縮機4と、圧縮機4で生成された圧縮空気を燃料と混合して燃焼するための燃焼器6と、燃焼器6で生成された燃焼ガスから動力を得るためのタービン8と、を備える。

[0011] 図1に示すように、タービン8は、ロータ9（タービンロータ）と、ロータ9を収容するタービンケーシング10と、タービンケーシング10の内面に固定された複数のタービン静翼12（ガスタービン静翼）と、タービン静翼12に対して軸方向に交互に配列されるようにロータ9に植設された複数のタービン動翼16とを含む。以下、「周方向」とは、特記しない限りガスタービン2の周方向すなわちロータ9の周方向を意味し、「軸方向」とは、特記しない限りガスタービン2の軸方向すなわちロータ9の軸方向を意味し、「径方向」とは、特記しない限りガスタービン2の径方向すなわちロータ9の径方向を意味する。

[0012] 図2は、タービン静翼12における翼高さ方向に沿った断面の一例を示す図である。

図2に示すようにタービン静翼12は、翼形部20、外側シュラウド22及び内側シュラウド24を含む。以下、「翼高さ方向」とは、タービン静翼12の翼高さ方向すなわち翼形部20の翼高さ方向を意味し、ガスタービン2の径方向すなわちロータ9の径方向に相当する。また、「翼高さ方向における外側」とは、ガスタービン2の径方向における外側すなわちロータ9の径方向における外側を意味し、「翼高さ方向における内側」とは、ガスタービン2の径方向における内側すなわちロータ9の径方向における内側を意味する。

- [0013] 翼形部 20 は、圧力面と負圧面とによって画定される翼形の断面形状を有しており、翼形部 20 の内部には、翼高さ方向における外側シュラウド 22 の外側に形成される外側キャビティ 32 と翼高さ方向における内側シュラウド 24 の内側に形成される内側キャビティ 34 とを連通する後述の翼内キャビティが形成されている。外側キャビティ 32 は、外側シュラウド 22 とタービンケーシング 10（図 1 参照）との間に形成される空間であり、内側キャビティ 34 は、内側シュラウド 24 と不図示の内周側ダイヤフラムとの間に形成される空間である。
- [0014] 図 2 に示すように、翼形部 20 の前縁部 21 には、第 1 フィルム冷却孔列 R 71、第 2 フィルム冷却孔列 R 72 及び第 3 フィルム冷却孔列 R 73 が形成されている。なお、本明細書において「前縁部」とは、例えば図 3 に示すように、翼形部 20 のうち、軸方向における翼形部 20 の最上流位置 E2 を含む部分を意味し、例えば前縁部隔壁 48 を挟んで翼形部 20 の後縁 TE と反対側の部分を意味する。
- [0015] 第 1 フィルム冷却孔列 R 71 は、翼高さ方向に沿って配列された複数の第 1 フィルム冷却孔 71 を含む。第 2 フィルム冷却孔列 R 72 は、翼高さ方向に沿って配列された複数の第 2 フィルム冷却孔 72 を含む。第 3 フィルム冷却孔列 R 73 は、翼高さ方向に沿って配列された複数の第 3 フィルム冷却孔 73 を含む。第 2 フィルム冷却孔列 R 72 は、第 1 フィルム冷却孔列 R 71 と第 3 フィルム冷却孔列 R 73 の間に配置されている。
- [0016] 外側シュラウド 22 は、翼高さ方向における翼形部 20 の外側端 20a に接続し、翼高さ方向と交差する面に沿って略板状に形成されている。外側シュラウド 22 は、タービン 8 における燃焼ガスの流路 31（タービン 8 における燃焼ガスの主流の流路）の外周壁 33 を形成する。なお、本明細書において、「軸方向における上流側」とは、軸方向におけるタービン 8 の燃焼ガスの主流（流路 31 を流れる燃焼ガスの流れ）の上流側を意味し、「軸方向における下流側」とは、軸方向におけるタービン 8 の燃焼ガスの主流の下流側を意味する。

- [0017] 内側シュラウド24は、翼高さ方向において翼形部20の内側端20bに接続し、翼高さ方向と交差する面に沿って略板状に形成されている。内側シュラウド24は、タービン8における燃焼ガスの流路31（タービン8における燃焼ガスの主流の流路）の内周壁35を形成する。
- [0018] 図3は、図2に示したタービン静翼12の翼高さ方向に直交する断面の一例を示す図である。以下で説明するタービン静翼12は、例えばタービン8における最も高温の条件下で使用される第1段のタービン静翼12であってもよい。
- [0019] 図3に示すように、タービン静翼12の翼形部20は、負圧面36を形成する負圧面形成壁38と、圧力面40を形成するとともに負圧面形成壁38との間に翼内キャビティ42を形成する圧力面形成壁44とを含む。
- [0020] 負圧面形成壁38及び圧力面形成壁44の各々は、略一定の厚さを有する湾曲した板形状を有していてもよい。翼内キャビティ42は、翼高さ方向に沿って翼形部20の一端部から他端部まで翼形部20の内部に形成されている。
- [0021] 図3に示す例示的形態では、翼形部20の翼内キャビティ42には、前縁部隔壁48が設けられている。前縁部隔壁48は、翼形部20と例えば鋳造により一体に形成されており、負圧面形成壁38の内面39から圧力面形成壁44の内面45まで延在して翼内キャビティ42を前縁側キャビティ46と後縁側キャビティ49とに分割するように構成されている。前縁部隔壁48は、略一定の厚さを有する板形状を有していてもよい。
- [0022] 図3に示す例示的形態では、翼形部20の前縁側キャビティ46には、インサート50が設けられている。インサート50は、翼高さ方向に沿って翼形部20の一端部から他端部まで延在するように例えば板金でチューブ状に形成されており、前縁側キャビティ46に挿入されている。インサート50の内部空間51は、外側キャビティ32（図2参照）に連通しており、圧縮機4から外側キャビティ32に供給された圧縮空気が外側キャビティ32からインサート50の内部空間51に冷却空気として供給される。インサート

50には、翼形部20における前縁側キャビティ46を形成する壁面（負圧面形成壁38の内面39及び圧力面形成壁44の内面45）をインピンジメント冷却するための複数のインピンジメント冷却孔52が形成されている。図示する例では、複数のインピンジメント冷却孔52は、インサート50における負圧面形成壁38に対向する部分と、インサート50における圧力面形成壁44に対向する部分とに形成されている。

[0023] 図3に示すように、翼形部20の前縁部21には、上述の第1フィルム冷却孔列R71、第2フィルム冷却孔列R72及び第3フィルム冷却孔列R73が形成されている。上述のように、第1フィルム冷却孔列R71は、翼高さ方向に沿って配列された複数の第1フィルム冷却孔71を含み、第2フィルム冷却孔列R72は、翼高さ方向に沿って配列された複数の第2フィルム冷却孔72を含み、第3フィルム冷却孔列R73は、翼高さ方向に沿って配列された複数の第3フィルム冷却孔73を含む。また、第2フィルム冷却孔列R72は、第1フィルム冷却孔列R71と第3フィルム冷却孔列R73の間に配置されている。

[0024] 図3に示すように、第1フィルム冷却孔71、第2フィルム冷却孔72及び第3フィルム冷却孔73の各々は、翼形部20における翼高さ方向に直交する断面において、キャンバーラインCLよりも圧力面40側に位置する。すなわち、第1フィルム冷却孔列R71、第2フィルム冷却孔列R72及び第3フィルム冷却孔列R73の各々は、圧力面形成壁44に形成されている。

[0025] 上記タービン静翼12では、タービン静翼12の外部（例えば上記圧縮機4）からタービン静翼12の翼内キャビティ42に供給された冷却空気の少なくとも一部は、第1フィルム冷却孔71、第2フィルム冷却孔72及び第3フィルム冷却孔73の何れかを通して翼形部20の外側に流出し、翼形部20の表面に沿って流れて翼形部20の表面のフィルム冷却を行う。

[0026] 図3に示す例示的形態では、タービン静翼12の外部（例えば上記圧縮機4）からインサート50の内部空間51に供給された冷却空気の一部は、イ

ンサート50の複数のインピンジメント冷却孔52から噴出して翼形部20における前縁側キャビティ46を形成する壁面をインピンジメント冷却する。インサート50の複数のインピンジメント冷却孔52から噴出して圧力面形成壁44のインピンジメント冷却を行った冷却空気は、第1フィルム冷却孔71、第2フィルム冷却孔72又は第3フィルム冷却孔73を通して翼形部20の前縁部21の外側に流出し、翼形部20の表面に沿って流れて翼形部20の表面のフィルム冷却を行う。

[0027] 図4は、図3に示す前縁部21を拡大した断面図である。

図4に示すように、第1フィルム冷却孔71の各々は、前縁部21を貫通する貫通孔として形成されており、第1フィルム冷却孔71の入口71aから出口71bまで前縁部21の肉厚方向（前縁部21の外表面25及び内表面26の各々に直交する方向）に対して傾斜した方向に沿って延在する。

[0028] 図4に示す例示的形態では、第1フィルム冷却孔71の各々は、第1フィルム冷却孔71の入口71aから出口71bまで、翼高さ方向に直交する平面（図4に示す翼形部20の断面）に対して傾斜した方向に沿って延在する。

[0029] また、図4に示すように、第1フィルム冷却孔71の入口71aの中心C1aにおける前縁部21の肉厚方向と翼高さ方向とを含む平面を第1平面H1と定義すると、第1フィルム冷却孔71の各々は、第1フィルム冷却孔71の入口71aから出口71bまで、第1平面H1に対して傾斜した方向に沿って延在する。また、第1フィルム冷却孔71の出口71bの中心C1bは、第1平面H1と前縁部21の外表面25とが交わる位置P1よりも、前縁部21に沿った燃焼ガスの流れF（上記流路31を流れる燃焼ガスの主流）の下流側に位置する。

[0030] 図4に示すように、第2フィルム冷却孔72の各々は、前縁部21を貫通する貫通孔として形成されており、第2フィルム冷却孔72の入口72aから出口72bまで前縁部21の肉厚方向に対して傾斜した方向に沿って延在する。

- [0031] 図4に示す例示的形態では、第2フィルム冷却孔72の各々は、第2フィルム冷却孔72の入口72aから出口72bまで、翼高さ方向に直交する平面に対して傾斜した方向に沿って延在する。
- [0032] また、図4に示すように、第2フィルム冷却孔72の入口72aの中心C2aにおける前縁部21の肉厚方向と翼高さ方向とを含む平面を第2平面H2と定義すると、第2フィルム冷却孔72の出口72bは、第2平面H2と前縁部21の外面25とが交わる位置P2に位置する。
- [0033] 図4に示すように、第3フィルム冷却孔73の各々は、前縁部21を貫通する貫通孔として形成されており、第3フィルム冷却孔73の入口73aから出口73bまで前縁部21の肉厚方向に対して傾斜した方向に沿って延在する。
- [0034] 図4に示す例示的形態では、第3フィルム冷却孔73の各々は、第3フィルム冷却孔73の入口73aから出口73bまで、翼高さ方向に直交する平面に対して傾斜した方向に沿って延在する。
- [0035] また、図4に示すように、第3フィルム冷却孔73の入口73aの中心C3aにおける前縁部21の肉厚方向と翼高さ方向とを含む平面を第3平面H3と定義すると、第3フィルム冷却孔73の出口73bの中心C3bは、第3平面H3と前縁部21の外面25とが交わる位置P3よりも、前縁部21に沿った燃焼ガスの流れFの下流側に位置する。
- [0036] 図4に示すように、翼形部20における翼高さ方向に直交する断面において、キャンバーラインCLと前縁部21の外面25との交点をE1、ガスタービン2の軸方向における翼形部20の最上流位置をE2とすると、第1フィルム冷却孔71の出口71bの中心C1bは、翼形部20の外面25における交点E1と最上流位置E2との間に位置し、第2フィルム冷却孔72の出口72bの中心C2bは、翼形部20の外面25における最上流位置E2を挟んで交点E1と反対側（前縁部隔壁48側）に位置し、第3フィルム冷却孔73の出口73bの中心C3bは、翼形部20の外面25における最上流位置E2を挟んで交点E1と反対側に位置する。

- [0037] 図4に示すように、翼形部20における翼高さ方向に直交する断面において、第1フィルム冷却孔71、第2フィルム冷却孔72及び第3フィルム冷却孔73の各々は、軸方向において、圧力面形成壁44と前縁部隔壁48とが接続する位置Gよりも上流側に位置する。
- [0038] 図5は、翼形部20の前縁部21の外表面25を外表面25に直交する方向から見た図である。図6は、翼形部20の前縁部21における第1フィルム冷却孔列R71の位置での翼高さ方向に沿った断面の一例を示す図である。図7Aは、図6における外側シュラウド22の近傍の第1フィルム冷却孔71である外側第1フィルム冷却孔711を拡大した断面図である。図7Bは、図6における内側シュラウド24の近傍の第1フィルム冷却孔71である内側第1フィルム冷却孔712を拡大した断面図である。図8Aは、図7AにおけるQ-G-Q断面を示す図である。図8Bは、図7BにおけるQ-H-Q断面を示す図である。
- [0039] 図9は、翼形部20の前縁部21における第2フィルム冷却孔列R72の位置での翼高さ方向に沿った断面の一例を示す図である。図10Aは、図9における外側シュラウド22の近傍の第2フィルム冷却孔72である外側第2フィルム冷却孔721を拡大した断面図である。図10Bは、図9における内側シュラウド24の近傍の第2フィルム冷却孔72である内側第2フィルム冷却孔722を拡大した断面図である。図11Aは、図10AにおけるQ-J-Q断面を示す図である。図11Bは、図10BにおけるQ-K-Q断面を示す図である。
- [0040] 図12は、翼形部20の前縁部21における第3フィルム冷却孔列R73の位置での翼高さ方向に沿った断面の一例を示す図である。図13Aは、図12における外側シュラウド22の近傍の第3フィルム冷却孔73である外側第3フィルム冷却孔731を拡大した断面図である。図13Bは、図12における内側シュラウド24の近傍の第3フィルム冷却孔73である内側第3フィルム冷却孔732を拡大した断面図である。図14Aは、図13AにおけるQ-L-Q断面を示す図である。図14Bは、図13BにおけるQ-M

- Q M断面を示す図である。

[0041] 例えば図5及び図6に示すように、第1フィルム冷却孔列R 7 1に属する複数の第1フィルム冷却孔7 1は、翼高さ方向における第1位置K 1より外側に位置する複数の外側第1フィルム冷却孔7 1 1と、翼高さ方向における第1位置K 1より内側に位置する複数の内側第1フィルム冷却孔7 1 2とを含む。なお、図示する例では、第1位置K 1は、翼高さ方向における翼形部2 0の中央よりも内側シュラウド2 4寄りの位置である。

[0042] 例えば図7 Aに示すように、外側第1フィルム冷却孔7 1 1は、外側第1フィルム冷却孔7 1 1の入口7 1 aから外側第1フィルム冷却孔7 1 1の出口7 1 bに向かうにつれて翼高さ方向における内側に向かうように延在している。

[0043] 例えば図7 Bに示すように、内側第1フィルム冷却孔7 1 2は、内側第1フィルム冷却孔7 1 2の入口7 1 aから内側第1フィルム冷却孔7 1 2の出口7 1 bに向かうにつれて翼高さ方向における外側に向かうように延在している。

[0044] 例えば図5及び図9に示すように、第2フィルム冷却孔列R 7 2に属する複数の第2フィルム冷却孔7 2は、翼高さ方向における第1位置K 1より外側に位置する複数の外側第2フィルム冷却孔7 2 1と、翼高さ方向における第1位置K 1より内側に位置する複数の内側第2フィルム冷却孔7 2 2とを含む。

[0045] 例えば図10 Aに示すように、外側第2フィルム冷却孔7 2 1は、外側第2フィルム冷却孔7 2 1の入口7 2 aから外側第2フィルム冷却孔7 2 1の出口7 2 bに向かうにつれて翼高さ方向における内側に向かうように延在している。

[0046] 例えば図10 Bに示すように、内側第2フィルム冷却孔7 2 2は、内側第2フィルム冷却孔7 2 2の入口7 2 aから内側第2フィルム冷却孔7 2 2の出口7 2 bに向かうにつれて翼高さ方向における外側に向かうように延在している。

- [0047] 例えば図5及び図12に示すように、第3フィルム冷却孔列R73に属する複数の第3フィルム冷却孔73は、翼高さ方向における第1位置K1より外側に位置する複数の外側第3フィルム冷却孔731と、翼高さ方向における第1位置K1より内側に位置する複数の内側第3フィルム冷却孔732とを含む。
- [0048] 例えば図13Aに示すように、外側第3フィルム冷却孔731は、外側第3フィルム冷却孔731の入口73aから外側第3フィルム冷却孔731の出口73bに向かうにつれて翼高さ方向における内側に向かうように延在している。
- [0049] 例えば図13Bに示すように、内側第3フィルム冷却孔732は、内側第3フィルム冷却孔732の入口73aから内側第3フィルム冷却孔732の出口73bに向かうにつれて翼高さ方向における外側に向かうように延在している。
- [0050] 例えば図5、図7A及び図8Aに示すように、外側第1フィルム冷却孔711は、円形孔部74及びシェイプト孔部75を含む。円形孔部74は、外側第1フィルム冷却孔711の入口71a側の部分であり、円形の断面形状を有する。円形孔部74の断面積は、円形孔部74の軸線L74の方向の位置によらず一定である。シェイプト孔部75は、外側第1フィルム冷却孔711の出口71b側の部分であり、円形孔部74に接続する。シェイプト孔部75の断面積は、外側第1フィルム冷却孔711の出口71b（シェイプト孔部75の出口）に向かうにつれて大きくなる。シェイプト孔部75は、円形孔部74の軸線L74方向視において、円形孔部74に対して翼高さ方向の内側にのみ断面積を拡張されており、円形孔部74に対して翼高さ方向の外側には断面積を拡張されていない。また、シェイプト孔部75は、円形孔部74の軸線L74方向視において、翼高さ方向と直交する方向には円形孔部74に対して断面積を拡張されていない。
- [0051] 例えば図7Aに示すように、外側第1フィルム冷却孔711の出口71bの中心C1bは、外側第1フィルム冷却孔711の円形孔部74の軸線L7

4の延長線よりも翼高さ方向における内側に位置する。より詳細には、外側第1フィルム冷却孔711の出口71bの中心C1bは、外側第1フィルム冷却孔711の円形孔部74の軸線L74の延長線と外側第1フィルム冷却孔711の出口71bとの交点S11よりも、翼高さ方向における内側に位置する。

[0052] 例えば図5、図7B及び図8Bに示すように、内側第1フィルム冷却孔712は、円形孔部76及びシェイプト孔部77を含む。円形孔部76は、内側第1フィルム冷却孔712の入口71a側の部分であり、円形の断面形状を有する。円形孔部76の断面積は、円形孔部76の軸線L76の方向の位置によらず一定である。シェイプト孔部77は、内側第1フィルム冷却孔712の出口71b側の部分であり、円形孔部76に接続する。シェイプト孔部77の断面積は、内側第1フィルム冷却孔712の出口71b（シェイプト孔部77の出口）に向かうにつれて大きくなる。シェイプト孔部77は、円形孔部76の軸線L76方向視において、円形孔部76に対して翼高さ方向の外側にのみ断面積を拡張されており、円形孔部76に対して翼高さ方向の内側には断面積を拡張されていない。また、シェイプト孔部77は、円形孔部76の軸線L76方向視において、翼高さ方向と直交する方向には円形孔部76に対して断面積を拡張されていない。

[0053] 例えば図7Bに示すように、内側第1フィルム冷却孔712の出口71bの中心C1bは、内側第1フィルム冷却孔712の円形孔部76の軸線L76の延長線よりも翼高さ方向における外側に位置する。より詳細には、内側第1フィルム冷却孔712の出口71bの中心C1bは、内側第1フィルム冷却孔712の円形孔部76の軸線L76の延長線と内側第1フィルム冷却孔712の出口71bとの交点S12よりも、翼高さ方向における外側に位置する。

[0054] 例えば図5、図10A及び図11Aに示すように、外側第2フィルム冷却孔721は、円形孔部78及びシェイプト孔部79を含む。円形孔部78は、外側第2フィルム冷却孔721の入口72a側の部分であり、円形の断面

形状を有する。円形孔部 78 の断面積は、円形孔部 78 の軸線 L 78 の方向の位置によらず一定である。シェイプト孔部 79 は、外側第 2 フィルム冷却孔 721 の出口 72b 側の部分であり、円形孔部 78 に接続する。シェイプト孔部 79 の断面積は、外側第 2 フィルム冷却孔 721 の出口 72b（シェイプト孔部 79 の出口）に向かうにつれて大きくなる。シェイプト孔部 79 は、円形孔部 78 の軸線 L 78 方向視において、円形孔部 78 に対して翼高さ方向の内側にのみ断面積を拡張されており、円形孔部 78 に対して翼高さ方向の外側には断面積を拡張されていない。また、シェイプト孔部 79 は、円形孔部 78 の軸線 L 78 方向視において、翼高さ方向と直交する方向には円形孔部 78 に対して断面積を拡張されていない。

[0055] 例えば図 10A に示すように、外側第 2 フィルム冷却孔 721 の出口 72b の中心 C 2b は、外側第 2 フィルム冷却孔 721 の円形孔部 78 の軸線 L 78 の延長線よりも翼高さ方向における内側に位置する。より詳細には、外側第 2 フィルム冷却孔 721 の出口 72b の中心 C 2b は、外側第 2 フィルム冷却孔 721 の円形孔部 78 の軸線 L 78 の延長線と外側第 2 フィルム冷却孔 721 の出口 72b との交点 S 21 よりも、翼高さ方向における内側に位置する。

[0056] 例えば図 5、図 10B 及び図 11B に示すように、内側第 2 フィルム冷却孔 722 は、円形孔部 80 及びシェイプト孔部 81 を含む。円形孔部 80 は、内側第 2 フィルム冷却孔 722 の入口 72a 側の部分であり、円形の断面形状を有する。円形孔部 80 の断面積は、円形孔部 80 の軸線 L 80 の方向の位置によらず一定である。シェイプト孔部 81 は、内側第 2 フィルム冷却孔 722 の出口 72b 側の部分であり、円形孔部 80 に接続する。シェイプト孔部 81 の断面積は、内側第 2 フィルム冷却孔 722 の出口 72b（シェイプト孔部 81 の出口）に向かうにつれて大きくなる。シェイプト孔部 81 は、円形孔部 80 の軸線 L 80 方向視において、円形孔部 80 に対して翼高さ方向の外側にのみ断面積を拡張されており、円形孔部 80 に対して翼高さ方向の内側には断面積を拡張されていない。また、シェイプト孔部 81 は、

円形孔部 80 の軸線 L 80 方向視において、翼高さ方向と直交する方向には円形孔部 80 に対して断面積を拡張されていない。

[0057] 例えば図 10B に示すように、内側第 2 フィルム冷却孔 722 の出口 72b の中心 C2b は、内側第 2 フィルム冷却孔 722 の円形孔部 80 の軸線 L 80 の延長線よりも翼高さ方向における外側に位置する。より詳細には、内側第 2 フィルム冷却孔 722 の出口 72b の中心 C2b は、内側第 2 フィルム冷却孔 722 の円形孔部 80 の軸線 L 80 の延長線と内側第 2 フィルム冷却孔 722 の出口 72b との交点 S22 よりも、翼高さ方向における外側に位置する。

[0058] 例えば図 5、図 13A 及び図 14A に示すように、外側第 3 フィルム冷却孔 731 は、円形孔部 82 及びシェイプト孔部 83 を含む。円形孔部 82 は、外側第 3 フィルム冷却孔 731 の入口 73a 側の部分であり、円形の断面形状を有する。円形孔部 82 の断面積は、円形孔部 82 の軸線 L 82 の方向の位置によらず一定である。シェイプト孔部 83 は、外側第 3 フィルム冷却孔 731 の出口 73b 側の部分であり、円形孔部 82 に接続する。シェイプト孔部 83 の断面積は、外側第 3 フィルム冷却孔 731 の出口 73b（シェイプト孔部 83 の出口）に向かうにつれて大きくなる。シェイプト孔部 83 は、円形孔部 82 の軸線 L 82 方向視において、円形孔部 82 に対して翼高さ方向の内側にのみ断面積を拡張されており、円形孔部 82 に対して翼高さ方向の外側には断面積を拡張されていない。また、シェイプト孔部 83 は、円形孔部 82 の軸線 L 82 方向視において、翼高さ方向と直交する方向には円形孔部 82 に対して断面積を拡張されていない。

[0059] 例えば図 13A に示すように、外側第 3 フィルム冷却孔 731 の出口 73b の中心 C3b は、外側第 3 フィルム冷却孔 731 の円形孔部 82 の軸線 L 82 の延長線よりも翼高さ方向における内側に位置する。より詳細には、外側第 3 フィルム冷却孔 731 の出口 73b の中心 C3b は、外側第 3 フィルム冷却孔 731 の円形孔部 82 の軸線 L 82 の延長線と外側第 3 フィルム冷却孔 731 の出口 73b との交点 S31 よりも、翼高さ方向における内側に

位置する。

[0060] 例えば図5、図13B及び図14Bに示すように、内側第3フィルム冷却孔732は、円形孔部84及びシェイプト孔部85を含む。円形孔部84は、内側第3フィルム冷却孔732の入口73a側の部分であり、円形の断面形状を有する。円形孔部84の断面積は、円形孔部84の軸線L84の方向の位置によらず一定である。シェイプト孔部85は、内側第3フィルム冷却孔732の出口73b側の部分であり、円形孔部84に接続する。シェイプト孔部85の断面積は、内側第3フィルム冷却孔732の出口73b（シェイプト孔部83の出口）に向かうにつれて大きくなる。シェイプト孔部85は、円形孔部84の軸線L84方向視において、円形孔部84に対して翼高さ方向の外側にのみ断面積を拡張されており、円形孔部84に対して翼高さ方向の内側には断面積を拡張されていない。また、シェイプト孔部85は、円形孔部84の軸線L84方向視において、翼高さ方向と直交する方向には円形孔部84に対して断面積を拡張されていない。

[0061] 例えば図13Bに示すように、内側第3フィルム冷却孔732の出口73bの中心C3bは、内側第3フィルム冷却孔732の円形孔部84の軸線L84の延長線よりも翼高さ方向における外側に位置する。より詳細には、内側第3フィルム冷却孔732の出口73bの中心C3bは、内側第3フィルム冷却孔732の円形孔部84の軸線L84の延長線と内側第3フィルム冷却孔732の出口73bとの交点S32よりも、翼高さ方向における外側に位置する。

[0062] 例えば図12に示すように、第3フィルム冷却孔73の軸線（図13における外側第3フィルム冷却孔731の円形孔部82の軸線L82、図13Bにおける内側第3フィルム冷却孔732の円形孔部84の軸線L84及びそれらの延長線）と翼高さ方向とを含む断面において、外側シュラウド22及び内側シュラウド24のうち、前縁部21から翼高さ方向と直交する方向への突出量大きい方を大シュラウド90と定義し、外側シュラウド22と内側シュラウド24のうち大シュラウド90ではない方を小シュラウド91と

定義すると、翼高さ方向における第1位置K1と大シュラウド90との距離V90は、翼高さ方向における第1位置K1と小シュラウド91との距離V91よりも大きい。図12に示す例では、第3フィルム冷却孔73の軸線と翼高さ方向とを含む断面において、前縁部21から翼高さ方向と直交する方向への外側シュラウド22の突出量をA3、前縁部21から翼高さ方向と直交する方向への内側シュラウド24の突出量をB3とすると、 $A3 > B3$ であるため、外側シュラウド22が大シュラウド90であり、内側シュラウド24が小シュラウド91である。

[0063] 例えば図6に示すように、第1フィルム冷却孔71の軸線（図7Aにおける外側第1フィルム冷却孔711の円形孔部74の軸線L74、図7Bにおける内側第1フィルム冷却孔712の円形孔部76の軸線L76及びそれらの延長線）と翼高さ方向とを含む断面において、前縁部21から翼高さ方向と直交する方向への外側シュラウド22の突出量をA1、前縁部21から翼高さ方向と直交する方向への内側シュラウド24の突出量をB1とする。また、例えば図9に示すように、第2フィルム冷却孔72の軸線（図10Aにおける外側第2フィルム冷却孔721の円形孔部78の軸線L78、図10Bにおける内側第2フィルム冷却孔722の円形孔部80の軸線L80及びそれらの延長線）と翼高さ方向とを含む断面において、前縁部21から翼高さ方向と直交する方向への外側シュラウド22の突出量をA2、前縁部21から翼高さ方向と直交する方向への内側シュラウド24の突出量をB2とする。また、例えば図12に示すように、第3フィルム冷却孔73の軸線（図13Aにおける外側第3フィルム冷却孔731の円形孔部82の軸線L82、図13Bにおける内側第3フィルム冷却孔732の円形孔部84の軸線L84及びそれらの延長線）を含み翼高さ方向に沿った断面において、前縁部21から翼高さ方向と直交する方向への外側シュラウド22の突出量をA3、前縁部21から翼高さ方向と直交する方向への内側シュラウド24の突出量をB3とする。

[0064] ここで、外側シュラウド22及び内側シュラウド24のうち、突出量A1

、A 2、A 3、B 1、B 2、B 3の中で最も大きな突出量を有する方を大シュラウド9 2と定義し、外側シュラウド2 2と内側シュラウド2 4のうち大シュラウド9 2ではない方を小シュラウド9 3と定義すると、翼高さ方向における第1位置K 1と大シュラウド9 2との距離V 9 2は、翼高さ方向における第1位置K 1と小シュラウド9 3との距離V 9 3よりも大きい。図6、図9及び図1 2に示す例では、突出量A 1、A 2、A 3、B 1、B 2、B 3の中で最も大きな突出量はA 3であるため、外側シュラウド2 2が大シュラウド9 2であり、内側シュラウド2 4が小シュラウド9 3である。

[0065] 以下、上記タービン静翼1 2が奏する効果について説明する。

例えば図4に示したように、第1フィルム冷却孔7 1、第2フィルム冷却孔7 2及び第3フィルム冷却孔7 3の各々は、前縁部2 1の肉厚方向に対して傾斜した方向に延在しており、第1フィルム冷却孔7 1の出口7 1 bの中心C 1 bは、上記第1平面H 1と前縁部2 1の外表面2 5とが交わる位置P 1よりも前縁部2 1に沿った燃焼ガスの流れFの下流側に位置し、第2フィルム冷却孔7 2の出口7 2 bは、上記第2平面H 2と前縁部2 1の外表面2 5とが交わる位置P 2に位置し、第3フィルム冷却孔7 3の出口7 3 bの中心C 3 bは、上記第3平面H 3と前縁部2 1の外表面2 5とが交わる位置P 3よりも、前縁部2 1に沿った燃焼ガスの流れFの下流側に位置する。

[0066] このため、前縁部2 1の外表面2 5における燃焼ガスの流れのよどみ点の位置P 0（図4参照）又はその近傍に第2フィルム冷却孔7 2が位置するように第2フィルム冷却孔列R 7 2を配置することにより、前縁部2 1の外表面2 5における燃焼ガスの流れのよどみ点の位置P 0を境界とした両側において、第1フィルム冷却孔7 1と第3フィルム冷却孔7 3から燃焼ガスの流れの下流側に向けてフィルム冷却のための冷却空気を前縁部2 1の外表面2 5に沿って流出させることができる。したがって、前縁部2 1の外表面2 5のフィルム冷却を少ない冷却空気量で効果的に行うことができ、冷却空気量を削減しつつ翼表面のフィルム冷却のフィルム効率の低下を抑制できる。

[0067] また、図5、図6及び図7 Aに示すように、翼高さ方向における外側シュ

ラウド２２側に位置する外側第１フィルム冷却孔７１１が外側第１フィルム冷却孔７１１の入口７１ａから出口７１ｂに向かうにつれて翼高さ方向における内側に向かうように延在しているため、外側第１フィルム冷却孔７１１が外側第１フィルム冷却孔７１１の入口７１ａから出口７１ｂに向かうにつれて翼高さ方向における外側に向かうように延在している場合と比較して、翼形部２０の外面２５側から治具を用いて例えばレーザ加工等によって外側第１フィルム冷却孔７１１を形成する場合に、治具と外側シュラウド２２との干渉を抑制することができる。

[0068] また、図５、図６及び図７Ｂに示すように、翼高さ方向における内側シュラウド２４側に位置する内側第１フィルム冷却孔７１２が内側第１フィルム冷却孔７１２の入口７１ａから出口７１ｂに向かうにつれて翼高さ方向における外側に向かうように延在しているため、内側第１フィルム冷却孔７１２が内側第１フィルム冷却孔７１２の入口７１ａから出口７１ｂに向かうにつれて翼高さ方向における内側に向かうように延在している場合と比較して、翼形部２０の外面２５側から治具を用いて内側第１フィルム冷却孔７１２を形成する場合に、治具と内側シュラウド２４との干渉を抑制することができる。

[0069] また、図５、図９及び図１０Ａに示すように、翼高さ方向における外側シュラウド２２側に位置する外側第２フィルム冷却孔７２１が外側第２フィルム冷却孔７２１の入口７２ａから出口７２ｂに向かうにつれて翼高さ方向における内側に向かうように延在しているため、外側第２フィルム冷却孔７２１が外側第２フィルム冷却孔７２１の入口７２ａから出口７２ｂに向かうにつれて翼高さ方向における外側に向かうように延在している場合と比較して、翼形部２０の外面２５側から治具を用いて例えばレーザ加工等によって外側第２フィルム冷却孔７２１を形成する場合に、治具と外側シュラウド２２との干渉を抑制することができる。

[0070] また、図５、図９及び図１０Ｂに示すように、翼高さ方向における内側シュラウド２４側に位置する内側第２フィルム冷却孔７２２が内側第２フィル

ム冷却孔 7 2 2 の入口 7 2 a から出口 7 2 b に向かうにつれて翼高さ方向における外側に向かうように延在しているため、内側第 2 フィルム冷却孔 7 2 2 が内側第 2 フィルム冷却孔 7 2 2 の入口 7 2 a から出口 7 2 b に向かうにつれて翼高さ方向における内側に向かうように延在している場合と比較して、翼形部 2 0 の外面 2 5 側から治具を用いて内側第 2 フィルム冷却孔 7 2 2 を形成する場合に、治具と内側シュラウド 2 4 との干渉を抑制することができる。

[0071] また、図 5、図 1 2 及び図 1 3 A に示すように、翼高さ方向における外側シュラウド 2 2 側に位置する外側第 3 フィルム冷却孔 7 3 1 が外側第 3 フィルム冷却孔 7 3 1 の入口 7 3 a から出口 7 3 b に向かうにつれて翼高さ方向における内側に向かうように延在しているため、外側第 3 フィルム冷却孔 7 3 1 が外側第 3 フィルム冷却孔 7 3 1 の入口 7 3 a から出口 7 3 b に向かうにつれて翼高さ方向における外側に向かうように延在している場合と比較して、翼形部 2 0 の外面 2 5 側から治具を用いて例えばレーザ加工等によって外側第 3 フィルム冷却孔 7 3 1 を形成する場合に、治具と外側シュラウド 2 2 との干渉を抑制することができる。

[0072] また、図 5、図 1 2 及び図 1 3 B に示すように、翼高さ方向における内側シュラウド 2 4 側に位置する内側第 3 フィルム冷却孔 7 3 2 が内側第 3 フィルム冷却孔 7 3 2 の入口 7 3 a から出口 7 3 b に向かうにつれて翼高さ方向における外側に向かうように延在しているため、内側第 3 フィルム冷却孔 7 3 2 が内側第 3 フィルム冷却孔 7 3 2 の入口 7 3 a から出口 7 3 b に向かうにつれて翼高さ方向における内側に向かうように延在している場合と比較して、翼形部 2 0 の外面 2 5 側から治具を用いて内側第 3 フィルム冷却孔 7 3 2 を形成する場合に、治具と内側シュラウド 2 4 との干渉を抑制することができる。

[0073] また、図 1 2 に示した構成に関して、翼形部 2 0 の外面 2 5 側から治具を用いて例えばレーザ加工等によって外側第 3 フィルム冷却孔 7 3 1 及び内側第 3 フィルム冷却孔 7 3 2 の各々を形成する場合に、前縁部 2 1 から翼高さ

方向と直交する方向への突出量が大きい外側シュラウド 22の方が、前縁部 21 から翼高さ方向と直交する方向への突出量が小さい内側シュラウド 24 よりも治具への干渉の問題を生じやすい。このため、図 12 等にしたように、翼高さ方向における外側第 3 フィルム冷却孔 731 が形成される範囲と内側第 3 フィルム冷却孔 732 が形成される範囲との境界である第 1 位置 K1 と外側シュラウド 22 との距離 V90 を、翼高さ方向における第 1 位置 K1 と内側シュラウド 24 との距離 V91 よりも大きくすることにより、治具と外側シュラウド 22 及び内側シュラウド 24 の各々との干渉を抑制しつつ、外側第 3 フィルム冷却孔 731 及び内側第 3 フィルム冷却孔 732 の各々を形成することができる。

[0074] また、翼形部 20 の外面 25 側から治具を用いて例えばレーザ加工等によって第 1 フィルム冷却孔 71 ～第 3 フィルム冷却孔 73 の各々を形成する場合に、前縁部 21 から翼高さ方向と直交する方向への最も大きな突出量 A3 を有する大シュラウド 92の方が、小シュラウド 93 よりも治具への干渉の問題を生じやすい。このため、翼高さ方向における第 1 位置 K1 と大シュラウド 92 との距離 V92 を、翼高さ方向における第 1 位置 K1 と小シュラウド 93 との距離 V93 よりも大きくすることにより、治具と外側シュラウド 22 及び内側シュラウド 24 の各々との干渉を抑制しつつ、第 1 フィルム冷却孔 71 ～第 3 フィルム冷却孔 73 の各々を形成することができる。

[0075] また、図 5、図 6、図 9 及び図 12 等を用いて説明したように、第 1 フィルム冷却孔 71、第 2 フィルム冷却孔及び第 3 フィルム冷却孔 73 の各々は、翼高さ方向に直交する平面に対して傾斜した方向に沿って延在する。このため、第 1 フィルム冷却孔 71、第 2 フィルム冷却孔 72 及び第 3 フィルム冷却孔 73 の各々が前縁部 21 の肉厚方向に沿って延在する場合と比較して、前縁部 21 の外面 25 のフィルム冷却を少ない冷却空気量で効果的に行うことができ、冷却空気量を削減しつつ翼表面のフィルム冷却のフィルム効率の低下を抑制できる。

[0076] また、図 7A、図 10A 及び図 13A 等を用いて説明したように、外側第

１フィルム冷却孔７１１、外側第２フィルム冷却孔７２１及び外側第３フィルム冷却孔７３１の各々のシェイプト孔部７５，７９，８３をそれぞれ円形孔部７４，７８，８２に対して翼高さ方向の内側にのみ断面積を拡張することにより、外側第１フィルム冷却孔７１１、外側第２フィルム冷却孔７２１及び外側第３フィルム冷却孔７３１の各々をレーザ加工等によって容易に形成することができる。また内側第１フィルム冷却孔７１２、内側第２フィルム冷却孔７２２及び内側第３フィルム冷却孔７３２の各々のシェイプト孔部７７，８１，８５をそれぞれ円形孔部７６，８０，８４に対して翼高さ方向の外側にのみ断面積を拡張することにより、内側第１フィルム冷却孔７１２、内側第２フィルム冷却孔７２２及び内側第３フィルム冷却孔７３２の各々をレーザ加工等によって容易に形成することができる。

[0077] 図１５は、第１比較形態に係るタービン静翼０１２の翼高さ方向に直交する断面を示す図である。図１６は、上記実施形態に係るタービン静翼１２における第２フィルム冷却孔列Ｒ７２からの距離と翼スパン方向の平均フィルム効率との関係と、第１比較形態に係るタービン静翼０１２における３列目のフィルム冷却孔列０７（第２フィルム冷却孔列Ｒ７２に対応する位置のフィルム冷却孔列）からの距離と翼スパン方向の平均フィルム効率との関係を示す図である。

[0078] 図１５に示す第１比較形態では、タービン静翼０１２の前縁部０２１に５列のフィルム冷却孔列０７が形成されており、フィルム冷却孔列０７の各々は、翼高さ方向に沿って配列された複数のフィルム冷却孔００７を含む。また、フィルム冷却孔列０７の各々では、フィルム冷却孔００７は円形の断面形状を有しており、フィルム冷却孔００７の入口の中心における前縁部０２１の肉厚方向と翼高さ方向とを含む平面を垂直平面と定義すると、フィルム冷却孔００７の出口は、垂直平面と前縁部０２１の外表面０２５とが交わる位置に位置する。

[0079] 図１６において、実線は、上記実施形態に係るタービン静翼１２における第２フィルム冷却孔列Ｒ７２からの距離と翼スパン方向の平均フィルム効率

との関係を示しており、破線は、第1比較形態に係るタービン静翼012における3列目のフィルム冷却孔列07からの距離と翼スパン方向の平均フィルム効率との関係を示しており、一点鎖線は、第1比較形態の構成からフィルム冷却孔列を2列減らして3列とした第2比較形態についてタービン静翼012における中央のフィルム冷却孔列07からの距離と翼スパン方向の平均フィルム効率との関係を示している。

[0080] 図16に示すように、第2比較形態では、第1比較形態と比較してフィルム冷却孔列07の数が5列から3列に減少しているため、フィルム効率が低下している。これに対して、上記実施形態では、第1比較形態と比較して、フィルム冷却孔列の数が5列から3列に減少しているにも関わらず、第3フィルム冷却孔列R73が上記シェイプト孔部83, 85を含むため、前縁部21に沿った燃焼ガスの流れ方向における第3フィルム冷却孔列R73の下流側において、フィルム効率が向上していることがわかる。このように、上記タービン静翼12では、前縁部21の外縁25のフィルム冷却を少ない冷却空気量で効果的に行うことができ、冷却空気量を削減しつつ翼表面のフィルム冷却のフィルム効率の低下を抑制できる。

[0081] 本開示は上述した実施形態に限定されることはなく、上述した実施形態に変形を加えた形態や、これらの形態を適宜組み合わせた形態も含む。

[0082] 例えば、シェイプト孔部75は、円形孔部74の軸線L74方向視において、円形孔部74に対して翼高さ方向の内側だけでなく外側にも断面積を拡張されていてもよく、また、翼高さ方向と直交する方向に断面積を拡張されていてもよい。また、シェイプト孔部77は、円形孔部76の軸線L76方向視において、円形孔部76に対して翼高さ方向の外側だけでなく内側にも断面積を拡張されていてもよく、また、翼高さ方向と直交する方向に断面積を拡張されていてもよい。

[0083] また、シェイプト孔部79は、円形孔部78の軸線L78方向視において、円形孔部78に対して翼高さ方向の内側だけでなく外側にも断面積を拡張されていてもよく、また、翼高さ方向と直交する方向に断面積を拡張されて

いてもよい。また、シェイプト孔部 81 は、円形孔部 80 の軸線 L80 方向視において、円形孔部 80 に対して翼高さ方向の外側だけでなく内側にも断面積を拡張されていてもよく、また、翼高さ方向と直交する方向に断面積を拡張されていてもよい。

[0084] また、シェイプト孔部 83 は、円形孔部 82 の軸線 L82 方向視において、円形孔部 82 に対して翼高さ方向の内側だけでなく外側にも断面積を拡張されていてもよく、また、翼高さ方向と直交する方向に断面積を拡張されていてもよい。また、シェイプト孔部 85 は、円形孔部 84 の軸線 L84 方向視において、円形孔部 84 に対して翼高さ方向の外側だけでなく内側にも断面積を拡張されていてもよく、また、翼高さ方向と直交する方向に断面積を拡張されていてもよい。

[0085] 上記各実施形態に記載の内容は、例えば以下のように把握される。

[0086] (1) 本開示の少なくとも一実施形態に係るガスタービン静翼は、
ガスタービン静翼（例えば上述のタービン静翼 12）であって、
内部に空洞（例えば上述の翼内キャビティ 42）が形成された翼形部（例えば上述の翼形部 20）を備え、
前記翼形部の前縁部（例えば上述の前縁部 21）には、
翼高さ方向に沿って配列された複数の第 1 フィルム冷却孔（例えば上述の複数の第 1 フィルム冷却孔 71）を含む第 1 フィルム冷却孔列（例えば上述の第 1 フィルム冷却孔列 R71）と、
前記翼高さ方向に沿って配列された複数の第 2 フィルム冷却孔（例えば上述の複数の第 2 フィルム冷却孔 72）を含む第 2 フィルム冷却孔列（例えば上述の第 2 フィルム冷却孔列 R72）と、
前記翼高さ方向に沿って配列された複数の第 3 フィルム冷却孔（例えば上述の第 3 フィルム冷却孔 73）を含む第 3 フィルム冷却孔列（例えば上述の第 3 フィルム冷却孔列 R73）と、
が形成され、
前記第 2 フィルム冷却孔列は、前記第 1 フィルム冷却孔列と前記第 3 フィ

ルム冷却孔列の間に配置され、

前記第1フィルム冷却孔は、前記前縁部の肉厚方向に対して傾斜した方向に延在しており、前記第1フィルム冷却孔の入口（例えば上述の入口71a）の中心（例えば上述の中心C1a）における前記前縁部の肉厚方向と前記翼高さ方向とを含む平面を第1平面（例えば上述の第1平面H1）と定義すると、前記第1フィルム冷却孔の出口（例えば上述の出口71b）の中心（例えば上述の中心C1b）は、前記第1平面と前記前縁部の外面（例えば上述の外面25）とが交わる位置（例えば上述の位置P1）よりも、前記前縁部に沿った燃焼ガスの流れ（例えば上述の流れF）の下流側に位置し、

前記第2フィルム冷却孔は、前記前縁部の肉厚方向に対して傾斜した方向に延在しており、前記第2フィルム冷却孔の入口（例えば上述の入口72a）の中心（例えば上述の中心C2a）における前記前縁部の肉厚方向と前記翼高さ方向とを含む平面を第2平面（例えば上述の第2平面H2）と定義すると、前記第2フィルム冷却孔の出口（例えば上述の出口72b）は、前記第2平面と前記前縁部の外面とが交わる位置（例えば上述の位置P2）に位置し、

前記第3フィルム冷却孔は、前記前縁部の肉厚方向に対して傾斜した方向に延在しており、前記第3フィルム冷却孔の入口（例えば上述の入口73a）の中心（例えば上述の中心C3a）における前記前縁部の肉厚方向と前記翼高さ方向とを含む平面を第3平面（例えば上述の第3平面H3）と定義すると、前記第3フィルム冷却孔の出口（例えば上述の出口73b）の中心（例えば上述の中心C3b）は、前記第3平面と前記前縁部の外面とが交わる位置（例えば上述の位置P3）よりも、前記前縁部に沿った燃焼ガスの流れ（例えば上述の流れF）の下流側に位置する。

[0087] 上記（1）に記載のガスタービン静翼によれば、高温の燃焼ガスの流れに晒される前縁部に各々が翼高さ方向に沿って配列された第1フィルム冷却孔列、第2フィルム冷却孔列および第3フィルム冷却孔列が形成される。ここで、第1フィルム冷却孔71、第2フィルム冷却孔72及び第3フィルム冷

却孔 7 3 の各々は、前縁部 2 1 の肉厚方向に対して傾斜した方向に延在しており、第 1 フィルム冷却孔の出口の中心は、上記第 1 平面と前縁部の外面とが交わる位置よりも前縁部に沿った燃焼ガスの流れの下流側に位置し、第 2 フィルム冷却孔の出口は、上記第 2 平面と前縁部の外面とが交わる位置に位置し、第 3 フィルム冷却孔の出口の中心は、上記第 3 平面と前縁部の外面とが交わる位置よりも、前縁部に沿った燃焼ガスの流れの下流側に位置する。このため、翼形部の前縁部の外面における燃焼ガスの流れのよどみ点の位置又はその近傍に第 2 フィルム冷却孔が位置するように第 2 フィルム冷却孔列を配置することにより、翼形部の前縁部の外面における燃焼ガスの流れのよどみ点の位置を境界とした両側において、第 1 フィルム冷却孔と第 3 フィルム冷却孔から燃焼ガスの流れの下流側に向けてフィルム冷却のための冷却空気を流出させることができる。したがって、前縁部の外面のフィルム冷却を少ない冷却空気量で効果的に行うことができ、冷却空気量を削減しつつ翼表面のフィルム冷却のフィルム効率の低下を抑制できるガスタービン静翼を提供することができる。

[0088] (2) 幾つかの実施形態では、上記 (1) に記載のガスタービン静翼において、

前記第 1 フィルム冷却孔、前記第 2 フィルム冷却孔及び前記第 3 フィルム冷却孔の各々は、前記翼形部における前記翼高さ方向に直交する断面において、キャンバーライン（例えば上述のキャンバーライン CL）よりも圧力面（例えば上述の圧力面 40）側に位置する。

[0089] 翼形部の前縁部の外面における燃焼ガスの流れのよどみ点は、キャンバーラインよりも圧力面側に生じるため、上記 (2) に記載のガスタービン静翼によれば、翼形部の前縁部の外面における燃焼ガスの流れのよどみ点の位置又はその近傍に第 2 フィルム冷却孔が位置するように第 2 フィルム冷却孔列を配置することにより、翼形部の前縁部の外面における燃焼ガスの流れのよどみ点の位置を境界とした両側において、第 1 フィルム冷却孔と第 3 フィルム冷却孔から燃焼ガスの流れの下流側に向けてフィルム冷却のための冷却空

気を流出させることができる。これにより、前縁部の外面のフィルム冷却を少ない冷却空気量で効果的に行うことができ、冷却空気量を削減しつつ翼表面のフィルム冷却のフィルム効率の低下を抑制できるガスタービン静翼を提供することができる。

[0090] (3) 幾つかの実施形態では、上記(1)又は(2)に記載のガスタービン静翼において、

前記翼形部における前記翼高さ方向に直交する断面において、前記キャンバーラインと前記前縁部の外面との交点をE1、ガスタービンの軸方向における前記翼形部の最上流位置をE2とすると、前記第1フィルム冷却孔の出口は、前記翼形部の外面における前記交点E1と前記最上流位置E2との間に位置し、前記第3フィルム冷却孔の出口は、前記翼形部の外面における前記最上流位置E2を挟んで前記交点E1と反対側に位置する。

[0091] 上記(3)に記載のガスタービン静翼によれば、最上流位置E2を挟んで両側において第1フィルム冷却孔と第3フィルム冷却孔から燃焼ガスの流れの下流側に向けてフィルム冷却のための冷却空気を流出させることができるため、前縁部の外面のフィルム冷却を少ない冷却空気量で効果的に行うことができ、冷却空気量を削減しつつ翼表面のフィルム冷却のフィルム効率の低下を抑制できるガスタービン静翼を提供することができる。

[0092] (4) 幾つかの実施形態では、上記(3)に記載のガスタービン静翼において、

前記翼形部における前記翼高さ方向に直交する断面において、前記第2フィルム冷却孔の出口は、前記翼形部の外面における前記最上流位置E2を挟んで前記交点E1と反対側に位置する。

[0093] 上記(4)に記載のガスタービン静翼によれば、冷却空気量を削減しつつ翼表面のフィルム冷却のフィルム効率の低下を抑制できるガスタービン静翼を提供することができる。

[0094] (5) 幾つかの実施形態では、上記(1)乃至(4)の何れかに記載のガスタービン静翼において、

前記翼形部は、

圧力面（例えば上述の圧力面 4 0）を形成する圧力面形成壁（例えば上述の圧力面形成壁 4 4）と、

負圧面（例えば上述の負圧面 3 6）を形成する負圧面形成壁（例えば上述の負圧面形成壁 3 8）と、

前記翼形部の内部の前記空洞を分割するように前記負圧面形成壁の内面から圧力面形成壁の内面まで延在する前縁部隔壁（例えば上述の前縁部隔壁 4 8）と

を含み、

前記翼形部における前記翼高さ方向に直交する断面において、前記第 1 フィルム冷却孔、前記第 2 フィルム冷却孔及び前記第 3 フィルム冷却孔の各々は、ガスタービンの軸方向において、前記圧力面形成壁と前記前縁部隔壁とが接続する位置（例えば上述の位置 G）よりも上流側に位置する。

[0095] 翼形部の前縁部の外面における燃焼ガスの流れのよどみ点は、圧力面形成壁と前縁部隔壁とが接続する位置よりも上流側に生じるため、上記（5）に記載のガスタービン静翼によれば、翼形部の前縁部の外面における燃焼ガスの流れのよどみ点の位置又はその近傍に第 2 フィルム冷却孔が位置するように第 2 フィルム冷却孔列を配置することにより、前縁部の外面のフィルム冷却を少ない冷却空気量で効果的に行うことができ、冷却空気量を削減しつつ翼表面のフィルム冷却のフィルム効率の低下を抑制できるガスタービン静翼を提供することができる。

[0096] （6）幾つかの実施形態では、上記（1）乃至（5）の何れかに記載のガスタービン静翼において、

前記第 1 フィルム冷却孔、前記第 2 フィルム冷却孔及び前記第 3 フィルム冷却孔の各々は、前記翼高さ方向に直交する平面に対して傾斜した方向に沿って延在する。

[0097] 上記（6）に記載のガスタービン静翼によれば、第 1 フィルム冷却孔、前記第 2 フィルム冷却孔及び前記第 3 フィルム冷却孔の各々が前縁部の肉厚方

向に沿って延在する場合と比較して、前縁部の外面のフィルム冷却を少ない冷却空気量で効果的に行うことができ、冷却空気量を削減しつつ翼表面のフィルム冷却のフィルム効率の低下を抑制できるガスタービン静翼を提供することができる。

[0098] (7) 幾つかの実施形態では、上記(1)乃至(6)の何れかに記載のガスタービン静翼において、

前記複数の第3フィルム冷却孔は、前記翼高さ方向における第1位置(例えば上述の第1位置K1)より外側に位置する複数の外側第3フィルム冷却孔(例えば上述の複数の外側第3フィルム冷却孔731)と、前記翼高さ方向における前記第1位置より内側に位置する複数の内側第3フィルム冷却孔(例えば上述の複数の内側第3フィルム冷却孔732)とを含み、

前記外側第3フィルム冷却孔は、前記外側第3フィルム冷却孔の入口(例えば上述の入口73a)から出口(例えば上述の出口73b)に向かうにつれて前記翼高さ方向における内側に向かうように延在しており、

前記内側第3フィルム冷却孔は、前記内側第3フィルム冷却孔の入口(例えば上述の入口73a)から出口(例えば上述の出口73b)に向かうにつれて前記翼高さ方向における外側に向かうように延在している。

[0099] 上記(7)に記載のガスタービン静翼によれば、外側第3フィルム冷却孔及び内側第3フィルム冷却孔の各々が前縁部の肉厚方向に沿って延在する場合と比較して、前縁部の外面のフィルム冷却を少ない冷却空気量で効果的に行うことができる。また、外側第3フィルム冷却孔が外側第3フィルム冷却孔の入口から出口に向かうにつれて翼高さ方向における内側に向かうように延在しているため、外側第3フィルム冷却孔が外側第3フィルム冷却孔の入口から出口に向かうにつれて翼高さ方向における外側に向かうように延在している場合と比較して、翼形部の外面側から治具を用いて例えばレーザ加工等によって外側第3フィルム冷却孔を形成する場合に、治具と外側シュラウド及び内側シュラウドの各々との干渉を抑制することができる。また、内側第3フィルム冷却孔が内側第3フィルム冷却孔の入口から出口に向かうにつ

れて翼高さ方向における外側に向かうように延在しているため、内側第3フィルム冷却孔が内側第3フィルム冷却孔の入口から出口に向かうにつれて翼高さ方向における内側に向かうように延在している場合と比較して、翼形部の外面側から治具を用いてレーザ加工等によって内側第3フィルム冷却孔を形成する場合に、治具と外側シュラウド及び内側シュラウドの各々との干渉を抑制することができる。

[0100] (8) 幾つかの実施形態では、上記(7)に記載のガスタービン静翼において、

前記ガスタービン静翼は、

前記翼形部における前記翼高さ方向の外側端に接続する外側シュラウド(例えば上述の外側シュラウド22)と、

前記翼形部における前記翼高さ方向の内側端に接続する内側シュラウド(例えば上述の内側シュラウド24)と、

を含み、

前記第3フィルム冷却孔の軸線と前記翼高さ方向とを含む断面(例えば図12に示す断面)において、前記外側シュラウド及び前記内側シュラウドのうち、前記前縁部から前記翼高さ方向と直交する方向への突出量大きい方を大シュラウド(例えば上述の大シュラウド90)と定義し、前記外側シュラウドと前記内側シュラウドのうち前記大シュラウドではない方を小シュラウド(例えば上述の小シュラウド91)と定義すると、前記翼高さ方向における前記第1位置と前記大シュラウドとの距離(例えば上述の距離V90)は、前記翼高さ方向における前記第1位置と前記小シュラウドとの距離(例えば上述の距離V91)よりも大きい。

[0101] 翼形部の外面側から治具を用いて例えばレーザ加工等によって外側第3フィルム冷却孔及び内側第3フィルム冷却孔の各々を形成する場合に、前縁部から翼高さ方向と直交する方向への突出量大きい大シュラウドの方が、小シュラウドよりも治具への干渉の問題が生じやすい。このため、上記(8)に記載のように、翼高さ方向における第1位置と大シュラウドとの距離を、

翼高さ方向における第 1 位置と小シュラウドとの距離よりも大きくすることにより、治具と外側シュラウド及び内側シュラウドの各々との干渉を抑制しつつ、外側第 3 フィルム冷却孔及び内側第 3 フィルム冷却孔の各々を形成することができる。

[0102] (9) 幾つかの実施形態では、上記 (7) 又は (8) に記載のガスタービン静翼において、

前記複数の第 1 フィルム冷却孔は、前記翼高さ方向における前記第 1 位置より外側に位置する複数の外側第 1 フィルム冷却孔（例えば上述の複数の外側第 1 フィルム冷却孔 7 1 1）と、前記翼高さ方向における前記第 1 位置より内側に位置する複数の内側第 1 フィルム冷却孔（例えば上述の複数の内側第 1 フィルム冷却孔 7 1 2）とを含み、

前記外側第 1 フィルム冷却孔は、前記外側第 1 フィルム冷却孔の入口（例えば上述の入口 7 1 a）から出口（例えば上述の出口 7 1 b）に向かうにつれて前記翼高さ方向における内側に向かうように延在しており、

前記内側第 1 フィルム冷却孔は、前記内側第 1 フィルム冷却孔の入口（例えば上述の入口 7 1 a）から出口（例えば上述の出口 7 1 b）に向かうにつれて前記翼高さ方向における外側に向かうように延在しており、

前記複数の第 2 フィルム冷却孔は、前記翼高さ方向における前記第 1 位置より外側に位置する複数の外側第 2 フィルム冷却孔（例えば上述の複数の外側第 2 フィルム冷却孔 7 2 1）と、前記翼高さ方向における前記第 1 位置より内側に位置する複数の内側第 2 フィルム冷却孔（例えば上述の複数の内側第 2 フィルム冷却孔 7 2 2）とを含み、

前記外側第 2 フィルム冷却孔は、前記外側第 2 フィルム冷却孔の入口（例えば上述の入口 7 2 a）から出口（例えば上述の出口 7 2 b）に向かうにつれて前記翼高さ方向における内側に向かうように延在しており、

前記内側第 2 フィルム冷却孔は、前記内側第 2 フィルム冷却孔の入口（例えば上述の入口 7 2 a）から出口（例えば上述の出口 7 2 b）に向かうにつれて前記翼高さ方向における外側に向かうように延在している。

[0103] 上記（９）に記載のガスタービン静翼によれば、外側第１フィルム冷却孔及び内側第１フィルム冷却孔の各々が前縁部の肉厚方向に沿って延在する場合と比較して、前縁部の外面のフィルム冷却を少ない冷却空気量で効果的に行うことができる。また、外側第１フィルム冷却孔が外側第１フィルム冷却孔の入口から出口に向かうにつれて翼高さ方向における内側に向かうように延在しているため、外側第１フィルム冷却孔が外側第１フィルム冷却孔の入口から出口に向かうにつれて翼高さ方向における外側に向かうように延在している場合と比較して、翼形部の外面側から治具を用いて例えばレーザ加工等によって外側第１フィルム冷却孔を形成する場合に、治具と外側シュラウド及び内側シュラウドの各々との干渉を抑制することができる。また、内側第１フィルム冷却孔が内側第１フィルム冷却孔の入口から出口に向かうにつれて翼高さ方向における外側に向かうように延在しているため、内側第１フィルム冷却孔が内側第１フィルム冷却孔の入口から出口に向かうにつれて翼高さ方向における内側に向かうように延在している場合と比較して、翼形部の外面側から治具を用いてレーザ加工等によって内側第１フィルム冷却孔を形成する場合に、治具と外側シュラウド及び内側シュラウドの各々との干渉を抑制することができる。また、外側第２フィルム冷却孔及び内側第２フィルム冷却孔の各々が前縁部の肉厚方向に沿って延在する場合と比較して、前縁部の外面のフィルム冷却を少ない冷却空気量で効果的に行うことができる。また、外側第２フィルム冷却孔が外側第２フィルム冷却孔の入口から出口に向かうにつれて翼高さ方向における内側に向かうように延在しているため、外側第２フィルム冷却孔が外側第２フィルム冷却孔の入口から出口に向かうにつれて翼高さ方向における外側に向かうように延在している場合と比較して、翼形部の外面側から治具を用いて例えばレーザ加工等によって外側第２フィルム冷却孔を形成する場合に、治具と外側シュラウド及び内側シュラウドの各々との干渉を抑制することができる。また、内側第２フィルム冷却孔が内側第２フィルム冷却孔の入口から出口に向かうにつれて翼高さ方向における外側に向かうように延在しているため、内側第２フィルム冷却孔が内

側第2フィルム冷却孔の入口から出口に向かうにつれて翼高さ方向における内側に向かうように延在している場合と比較して、翼形部の外面側から治具を用いて内側第2フィルム冷却孔を形成する場合に、治具と外側シュラウド及び内側シュラウドの各々との干渉を抑制することができる。

[0104] (10) 幾つかの実施形態では、上記(9)の何れかに記載のガスタービン静翼において、

前記ガスタービン静翼は、

前記翼形部における前記翼高さ方向の外側端に接続する外側シュラウド(例えば上述の外側シュラウド22)と、

前記翼形部における前記翼高さ方向の内側端に接続する内側シュラウド(例えば上述の内側シュラウド24)と、

を含み、

前記第1フィルム冷却孔の軸線と前記翼高さ方向とを含む断面(例えば図6に示す断面)において、前記前縁部から前記翼高さ方向と直交する方向への前記外側シュラウドの突出量をA1、前記前縁部から前記翼高さ方向と直交する方向への前記内側シュラウドの突出量をB1とし、

前記第2フィルム冷却孔の軸線と前記翼高さ方向とを含む断面(例えば図9に示す断面)において、前記前縁部から前記翼高さ方向と直交する方向への前記外側シュラウドの突出量をA2、前記前縁部から前記翼高さ方向と直交する方向への前記内側シュラウドの突出量をB2とし、

前記第3フィルム冷却孔の軸線と前記翼高さ方向とを含む断面(例えば図12に示す断面)において、前記前縁部から前記翼高さ方向と直交する方向への前記外側シュラウドの突出量をA3、前記前縁部から前記翼高さ方向と直交する方向への前記内側シュラウドの突出量をB3とすると、

前記外側シュラウド及び前記内側シュラウドのうち、前記突出量A1、A2、A3、B1、B2、B3の中で最も大きな突出量を有する方を大シュラウド(例えば上述の大シュラウド90)と定義し、前記外側シュラウドと前記内側シュラウドのうち前記大シュラウドではない方を小シュラウド(例え

ば上述の小シュラウド 91) と定義すると、前記翼高さ方向における前記第 1 位置と前記大シュラウドとの距離（例えば上述の距離 V 90）は、前記翼高さ方向における前記第 1 位置と前記小シュラウドとの距離（例えば上述の距離 V 91）よりも大きい。

[0105] 翼形部の外面側から治具を用いて例えばレーザ加工等によって第 1～第 3 フィルム冷却孔の各々を形成する場合に、前縁部から翼高さ方向と直交する方向への最も突出量を有する大シュラウドの方が、小シュラウドよりも治具への干渉の問題が生じやすい。このため、上記（10）に記載のように、翼高さ方向における第 1 位置と大シュラウドとの距離を、翼高さ方向における第 1 位置と小シュラウドとの距離よりも大きくすることにより、治具と外側シュラウド及び内側シュラウドの各々との干渉を抑制しつつ、第 1～第 3 フィルム冷却孔の各々を形成することができる。

[0106] （11）幾つかの実施形態では、上記（7）乃至（10）の何れかに記載のガスタービン静翼において、

前記外側第 3 フィルム冷却孔は、

前記外側第 3 フィルム冷却孔の前記入口側の部分であって、円形の断面形状を有する円形孔部（例えば上述の円形孔部 82）と、

前記外側第 3 フィルム冷却孔の前記出口側の部分であって、前記円形孔部に接続し、前記外側第 3 フィルム冷却孔の前記出口に向かうにつれて断面積が大きくなるシェイプト孔部（例えば上述のシェイプト孔部 83）と、

を含み、

前記内側第 3 フィルム冷却孔は、

前記内側第 3 フィルム冷却孔の前記入口側の部分であって、円形の断面形状を有する円形孔部（例えば上述の円形孔部 84）と、

前記内側第 3 フィルム冷却孔の前記出口側の部分であって、前記円形孔部に接続し、前記内側第 3 フィルム冷却孔の前記出口に向かうにつれて断面積が大きくなるシェイプト孔部（例えば上述のシェイプト孔部 85）と、

を含み、

前記外側第3フィルム冷却孔の前記出口の中心（例えば図13Aの中心C3b）は、前記外側第3フィルム冷却孔の前記円形孔部の軸線（例えば上述の軸線L82）の延長線と前記外側第3フィルム冷却孔の前記出口との交点（例えば上述の交点S31）よりも、前記翼高さ方向における内側に位置し、

前記内側第3フィルム冷却孔の前記出口の中心（例えば図13Bの中心C3b）は、前記内側第3フィルム冷却孔の前記円形孔部の軸線（例えば上述の軸線L84）の延長線と前記内側第3フィルム冷却孔の前記出口との交点（例えば上述の交点S32）よりも、前記翼高さ方向における外側に位置する。

[0107] 上記（11）に記載のガスタービン静翼によれば、外側第3フィルム冷却孔の出口の中心及び内側第3フィルム冷却孔の出口の中心が外側第3フィルム冷却孔の円形孔部の軸線の延長線上及び内側第3フィルム冷却孔の円形孔部の軸線の延長線上にそれぞれ位置する場合と比較して、前縁部の外面のフィルム冷却を少ない冷却空気量で効果的に行うことができ、冷却空気量を削減しつつ翼表面のフィルム冷却のフィルム効率の低下を抑制できるガスタービン静翼を提供することができる。

[0108] （12）幾つかの実施形態では、上記（9）乃至（11）の何れかに記載のガスタービン静翼において、

前記外側第1フィルム冷却孔は、

前記外側第1フィルム冷却孔の前記入口側の部分であって、円形の断面形状を有する円形孔部（例えば上述の円形孔部74）と、

前記外側第1フィルム冷却孔の前記出口側の部分であって、前記円形孔部に接続し、前記外側第1フィルム冷却孔の前記出口に向かうにつれて断面積が大きくなるシェイプト孔部（例えば上述のシェイプト孔部75）と、

を含み、

前記内側第1フィルム冷却孔は、

前記内側第1フィルム冷却孔の前記入口側の部分であって、円形の断面

形状を有する円形孔部（例えば上述の円形孔部 76）と、

前記内側第 1 フィルム冷却孔の前記出口側の部分であって、前記内側第 1 フィルム冷却孔の前記円形孔部に接続し、前記内側第 1 フィルム冷却孔の前記出口に向かうにつれて断面積が大きくなるシェイプト孔部（例えば上述のシェイプト孔部 77）と、

を含み、

前記外側第 1 フィルム冷却孔の前記出口の中心（例えば図 7 A の中心 C 1 b）は、前記外側第 1 フィルム冷却孔の前記円形孔部の軸線（例えば上述の軸線 L 74）の延長線と前記外側第 1 フィルム冷却孔の前記出口との交点（例えば上述の交点 S 11）よりも、前記翼高さ方向における内側に位置し、

前記内側第 1 フィルム冷却孔の前記出口の中心（例えば図 7 B の中心 C 1 b）は、前記内側第 1 フィルム冷却孔の前記円形孔部の軸線（例えば上述の軸線 L 76）の延長線と前記内側第 1 フィルム冷却孔の前記出口との交点（例えば上述の交点 S 12）よりも、前記翼高さ方向における外側に位置し、

前記外側第 2 フィルム冷却孔は、

前記外側第 2 フィルム冷却孔の前記入口側の部分であって、円形の断面形状を有する円形孔部（例えば上述の円形孔部 78）と、

前記外側第 2 フィルム冷却孔の前記出口側の部分であって、前記外側第 2 フィルム冷却孔の前記円形孔部に接続し、前記外側第 2 フィルム冷却孔の前記出口に向かうにつれて断面積が大きくなるシェイプト孔部（例えば上述のシェイプト孔部 79）と、

を含み、

前記内側第 2 フィルム冷却孔は、

前記内側第 2 フィルム冷却孔の前記入口側の部分であって、円形の断面形状を有する円形孔部（例えば上述の円形孔部 80）と、

前記内側第 2 フィルム冷却孔の前記出口側の部分であって、前記内側第 2 フィルム冷却孔の前記円形孔部に接続し、前記内側第 2 フィルム冷却孔の前記出口に向かうにつれて断面積が大きくなるシェイプト孔部（例えば上述

のシェイプト孔部 81) と、

を含み、

前記外側第 2 フィルム冷却孔の前記出口の中心（例えば図 10A の中心 C2b）は、前記外側第 2 フィルム冷却孔の前記円形孔部の軸線（例えば上述の軸線 L78）の延長線と前記外側第 2 フィルム冷却孔の前記出口との交点（例えば上述の交点 S21）よりも、前記翼高さ方向における内側に位置し

、

前記内側第 2 フィルム冷却孔の前記出口の中心（例えば図 10B の中心 C2b）は、前記内側第 2 フィルム冷却孔の前記円形孔部の軸線（例えば上述の軸線 L80）の延長線と前記内側第 2 フィルム冷却孔の前記出口との交点（例えば上述の交点 S22）よりも、前記翼高さ方向における外側に位置する。

[0109] 上記（12）に記載のガスタービン静翼によれば、外側第 1 フィルム冷却孔の出口の中心及び内側第 1 フィルム冷却孔の出口の中心が外側第 1 フィルム冷却孔の円形孔部の軸線の延長線上及び内側第 1 フィルム冷却孔の円形孔部の軸線の延長線上にそれぞれ位置する場合と比較して、前縁部の外面のフィルム冷却を少ない冷却空気量で効果的に行うことができ、冷却空気量を削減しつつ翼表面のフィルム冷却のフィルム効率の低下を抑制できるガスタービン静翼を提供することができる。また、外側第 2 フィルム冷却孔の出口の中心及び内側第 2 フィルム冷却孔の出口の中心が外側第 2 フィルム冷却孔の円形孔部の軸線の延長線上及び内側第 2 フィルム冷却孔の円形孔部の軸線の延長線上にそれぞれ位置する場合と比較して、前縁部の外面のフィルム冷却を少ない冷却空気量で効果的に行うことができ、冷却空気量を削減しつつ翼表面のフィルム冷却のフィルム効率の低下を抑制できるガスタービン静翼を提供することができる。

[0110] （13）幾つかの実施形態では、上記（12）に記載のガスタービン静翼において、

前記外側第 1 フィルム冷却孔の前記シェイプト孔部は、前記外側第 1 フィ

ルム冷却孔の前記円形孔部の軸線方向視において、前記外側第1フィルム冷却孔の前記円形孔部に対して翼高さ方向の内側にのみ断面積を拡張されており、

前記内側第1フィルム冷却孔の前記シェイプト孔部は、前記内側第1フィルム冷却孔の前記円形孔部の軸線方向視において、前記内側第1フィルム冷却孔の前記円形孔部に対して翼高さ方向の外側にのみ断面積を拡張されており、

前記外側第2フィルム冷却孔の前記シェイプト孔部は、前記外側第2フィルム冷却孔の前記円形孔部の軸線方向視において、前記外側第2フィルム冷却孔の前記円形孔部に対して前記翼高さ方向の内側にのみ断面積を拡張されており、

前記内側第2フィルム冷却孔の前記シェイプト孔部は、前記内側第2フィルム冷却孔の前記円形孔部の軸線方向視において、前記内側第2フィルム冷却孔の前記円形孔部に対して前記翼高さ方向の外側にのみ断面積を拡張されており、

前記外側第3フィルム冷却孔の前記シェイプト孔部は、前記外側第3フィルム冷却孔の前記円形孔部の軸線方向視において、前記外側第3フィルム冷却孔の前記円形孔部に対して前記翼高さ方向の内側にのみ断面積を拡張されており、

前記内側第3フィルム冷却孔の前記シェイプト孔部は、前記内側第3フィルム冷却孔の前記円形孔部の軸線方向視において、前記内側第3フィルム冷却孔の前記円形孔部に対して前記翼高さ方向の外側にのみ断面積を拡張されている。

[0111] 上記(13)に記載のガスタービン静翼によれば、外側第1フィルム冷却孔、外側第2フィルム冷却孔及び外側第3フィルム冷却孔の各々のシェイプト孔部を円形孔部に対して翼高さ方向の内側にのみ断面積を拡張することにより、外側第1フィルム冷却孔、外側第2フィルム冷却孔及び外側第3フィルム冷却孔の各々をレーザ加工等によって容易に形成することができる。ま

た内側第1フィルム冷却孔、内側第2フィルム冷却孔及び内側第3フィルム冷却孔の各々のシェイプト孔部を円形孔部に対して翼高さ方向の外側にのみ断面積を拡張することにより、内側第1フィルム冷却孔、内側第2フィルム冷却孔及び内側第3フィルム冷却孔の各々をレーザ加工等によって容易に形成することができる。このため、ガスタービン静翼の製造が容易となる。

- [0112] (14) 本開示の少なくとも一実施形態にかかるガスタービンは、
圧縮機（例えば上述の圧縮機4）、燃焼器（例えば上述の燃焼器6）及びタービン（例えば上述のタービン8）を備え、
前記タービンは、上記（1）乃至（13）の何れかに記載のガスタービン静翼を含む。

- [0113] 上記（14）に記載のガスタービン静翼によれば、上記（1）乃至（13）の何れかに記載のガスタービン静翼を備えるため、前縁部の外面のフィルム冷却を少ない冷却空気量で効果的に行うことができ、冷却空気量を削減しつつ翼表面のフィルム冷却のフィルム効率の低下を抑制できるガスタービン静翼を提供することができる。

符号の説明

- [0114] 2 ガスタービン
4 圧縮機
6 燃焼器
8 タービン
9 ロータ
10 タービンケーシング
12 タービン静翼
16 タービン動翼
20 翼形部
20a 外側端
20b 内側端
21 前縁部

- 2 2 外側シュラウド
- 2 4 内側シュラウド
- 2 5 外面
- 2 6, 3 9, 4 5 内面
- 3 1 流路
- 3 2 外側キャビティ
- 3 3 外周壁
- 3 4 内側キャビティ
- 3 5 内周壁
- 3 6 負圧面
- 3 8 負圧面形成壁
- 4 0 圧力面
- 4 2 翼内キャビティ
- 4 4 圧力面形成壁
- 4 6 前縁側キャビティ
- 4 8 前縁部隔壁
- 4 9 後縁側キャビティ
- 5 0 インサート
- 5 1 内部空間
- 5 2 インピンジメント冷却孔
- 7 1 第1フィルム冷却孔
 - 7 1 1 外側第1フィルム冷却孔
 - 7 1 2 内側第1フィルム冷却孔
- 7 2 第2フィルム冷却孔
 - 7 2 1 外側第2フィルム冷却孔
 - 7 2 2 内側第2フィルム冷却孔
- 7 1 a, 7 2 a, 7 3 a 入口
- 7 1 b, 7 2 b, 7 3 b 出口

7 3 第3フィルム冷却孔

7 3 1 外側第3フィルム冷却孔

7 3 2 内側第3フィルム冷却孔

7 4, 7 6, 7 8, 8 0, 8 2, 8 4 円形孔部

7 5, 7 7, 7 9, 8 1, 8 3, 8 5 シェイプト孔部

9 0, 9 2 大シュラウド

9 1, 9 3 小シュラウド

請求の範囲

[請求項1]

ガスタービン静翼であって、
内部に空洞が形成された翼形部を備え、
前記翼形部の前縁部には、
翼高さ方向に沿って配列された複数の第1フィルム冷却孔を含む第1フィルム冷却孔列と、
前記翼高さ方向に沿って配列された複数の第2フィルム冷却孔を含む第2フィルム冷却孔列と、
前記翼高さ方向に沿って配列された複数の第3フィルム冷却孔を含む第3フィルム冷却孔列と、
が形成され、
前記第2フィルム冷却孔列は、前記第1フィルム冷却孔列と前記第3フィルム冷却孔列の間に配置され、
前記第1フィルム冷却孔は、前記前縁部の肉厚方向に対して傾斜した方向に延在しており、前記第1フィルム冷却孔の入口の中心における前記前縁部の肉厚方向と前記翼高さ方向とを含む平面を第1平面と定義すると、前記第1フィルム冷却孔の出口の中心は、前記第1平面と前記前縁部の外面とが交わる位置よりも、前記前縁部に沿った燃焼ガスの流れの下流側に位置し、
前記第2フィルム冷却孔は、前記前縁部の肉厚方向に対して傾斜した方向に延在しており、前記第2フィルム冷却孔の入口の中心における前記前縁部の肉厚方向と前記翼高さ方向とを含む平面を第2平面と定義すると、前記第2フィルム冷却孔の出口は、前記第2平面と前記前縁部の外面とが交わる位置に位置し、
前記第3フィルム冷却孔は、前記前縁部の肉厚方向に対して傾斜した方向に延在しており、前記第3フィルム冷却孔の入口の中心における前記前縁部の肉厚方向と前記翼高さ方向とを含む平面を第3平面と定義すると、前記第3フィルム冷却孔の出口の中心は、前記第3平面

と前記前縁部の外面とが交わる位置よりも、前記前縁部に沿った燃焼ガスの流れの下流側に位置する、ガスタービン静翼。

[請求項2] 前記第1フィルム冷却孔、前記第2フィルム冷却孔及び前記第3フィルム冷却孔の各々は、前記翼形部における前記翼高さ方向に直交する断面において、キャンバーラインよりも圧力面側に位置する、請求項1に記載のガスタービン静翼。

[請求項3] 前記翼形部における前記翼高さ方向に直交する断面において、前記キャンバーラインと前記前縁部の外面との交点をE1、ガスタービンの軸方向における前記翼形部の最上流位置をE2とすると、前記第1フィルム冷却孔の出口は、前記翼形部の外面における前記交点E1と前記最上流位置E2との間に位置し、前記第3フィルム冷却孔の出口は、前記翼形部の外面における前記最上流位置E2を挟んで前記交点E1と反対側に位置する、請求項2に記載のガスタービン静翼。

[請求項4] 前記翼形部における前記翼高さ方向に直交する断面において、前記第2フィルム冷却孔の出口は、前記翼形部の外面における前記最上流位置E2を挟んで前記交点E1と反対側に位置する、請求項3に記載のガスタービン静翼。

[請求項5] 前記翼形部は、
圧力面を形成する圧力面形成壁と、
負圧面を形成する負圧面形成壁と、
前記翼形部の内部の前記空洞を分割するように前記負圧面形成壁の内面から圧力面形成壁の内面まで延在する前縁部隔壁と
を含み、
前記翼形部における前記翼高さ方向に直交する断面において、前記第1フィルム冷却孔、前記第2フィルム冷却孔及び前記第3フィルム冷却孔の各々は、ガスタービンの軸方向において、前記圧力面形成壁と前記前縁部隔壁とが接続する位置よりも上流側に位置する、請求項1に記載のガスタービン静翼。

[請求項6] 前記第1フィルム冷却孔、前記第2フィルム冷却孔及び前記第3フィルム冷却孔の各々は、前記翼高さ方向に直交する平面に対して傾斜した方向に沿って延在する、請求項1に記載のガスタービン静翼。

[請求項7] 前記複数の第3フィルム冷却孔は、前記翼高さ方向における第1位置より外側に位置する複数の外側第3フィルム冷却孔と、前記翼高さ方向における前記第1位置より内側に位置する複数の内側第3フィルム冷却孔とを含み、

前記外側第3フィルム冷却孔は、前記外側第3フィルム冷却孔の入口から出口に向かうにつれて前記翼高さ方向における内側に向かうように延在しており、

前記内側第3フィルム冷却孔は、前記内側第3フィルム冷却孔の入口から出口に向かうにつれて前記翼高さ方向における外側に向かうように延在している、請求項1に記載のガスタービン静翼。

[請求項8] 前記ガスタービン静翼は、

前記翼形部における前記翼高さ方向の外側端に接続する外側シュラウドと、

前記翼形部における前記翼高さ方向の内側端に接続する内側シュラウドと、

を含み、

前記第3フィルム冷却孔の軸線と前記翼高さ方向とを含む断面において、前記外側シュラウド及び前記内側シュラウドのうち、前記翼形部における前記第3フィルム冷却孔列が形成された部分から前記翼高さ方向と直交する方向への突出量が大きい方を大シュラウドと定義し、前記外側シュラウドと前記内側シュラウドのうち前記大シュラウドではない方を小シュラウドと定義すると、前記翼高さ方向における前記第1位置と前記大シュラウドとの距離は、前記翼高さ方向における前記第1位置と前記小シュラウドとの距離よりも大きい、請求項7に記載のガスタービン静翼。

[請求項9] 前記複数の第1フィルム冷却孔は、前記翼高さ方向における前記第1位置より外側に位置する複数の外側第1フィルム冷却孔と、前記翼高さ方向における前記第1位置より内側に位置する複数の内側第1フィルム冷却孔とを含み、

前記外側第1フィルム冷却孔は、前記外側第1フィルム冷却孔の入口から出口に向かうにつれて前記翼高さ方向における内側に向かうように延在しており、

前記内側第1フィルム冷却孔は、前記内側第1フィルム冷却孔の入口から出口に向かうにつれて前記翼高さ方向における外側に向かうように延在している、

前記複数の第2フィルム冷却孔は、前記翼高さ方向における前記第1位置より外側に位置する複数の外側第2フィルム冷却孔と、前記翼高さ方向における前記第1位置より内側に位置する複数の内側第2フィルム冷却孔とを含み、

前記外側第2フィルム冷却孔は、前記外側第2フィルム冷却孔の入口から出口に向かうにつれて前記翼高さ方向における内側に向かうように延在しており、

前記内側第2フィルム冷却孔は、前記内側第2フィルム冷却孔の入口から出口に向かうにつれて前記翼高さ方向における外側に向かうように延在している、請求項7に記載のガスタービン静翼。

[請求項10] 前記ガスタービン静翼は、

前記翼形部における前記翼高さ方向の外側端に接続する外側シュラウドと、

前記翼形部における前記翼高さ方向の内側端に接続する内側シュラウドと、

を含み、

前記第1フィルム冷却孔の軸線と前記翼高さ方向とを含む断面において、前記翼形部における前記第1フィルム冷却孔列が形成された部

分から前記翼高さ方向と直交する方向への前記外側シュラウドの突出量を A 1、前記翼形部における前記第 1 フィルム冷却孔列が形成された部分から前記翼高さ方向と直交する方向への前記内側シュラウドの突出量を B 1 とし、

前記第 2 フィルム冷却孔の軸線と前記翼高さ方向とを含む断面において、前記翼形部における前記第 2 フィルム冷却孔列が形成された部分から前記翼高さ方向と直交する方向への前記外側シュラウドの突出量を A 2、前記翼形部における前記第 2 フィルム冷却孔列が形成された部分から前記翼高さ方向と直交する方向への前記内側シュラウドの突出量を B 2 とし、

前記第 3 フィルム冷却孔の軸線と前記翼高さ方向とを含む断面において、前記翼形部における前記第 3 フィルム冷却孔列が形成された部分から前記翼高さ方向と直交する方向への前記外側シュラウドの突出量を A 3、前記翼形部における前記第 3 フィルム冷却孔列が形成された部分から前記翼高さ方向と直交する方向への前記内側シュラウドの突出量を B 3 とすると、

前記外側シュラウド及び前記内側シュラウドのうち、前記突出量 A 1、A 2、A 3、B 1、B 2、B 3 の中で最も大きな突出量を有する方を大シュラウドと定義し、前記外側シュラウドと前記内側シュラウドのうち前記大シュラウドではない方を小シュラウドと定義すると、前記翼高さ方向における前記第 1 位置と前記大シュラウドとの距離は、前記翼高さ方向における前記第 1 位置と前記小シュラウドとの距離よりも大きい、請求項 9 に記載のガスタービン静翼。

[請求項11]

前記外側第 3 フィルム冷却孔は、

前記外側第 3 フィルム冷却孔の前記入口側の部分であって、円形の断面形状を有する円形孔部と、

前記外側第 3 フィルム冷却孔の前記出口側の部分であって、前記円形孔部に接続し、前記外側第 3 フィルム冷却孔の前記出口に向かう

につれて断面積が大きくなるシェイプト孔部と、

を含み、

前記内側第3フィルム冷却孔は、

前記内側第3フィルム冷却孔の前記入口側の部分であって、円形の断面形状を有する円形孔部と、

前記内側第3フィルム冷却孔の前記出口側の部分であって、前記円形孔部に接続し、前記内側第3フィルム冷却孔の前記出口に向かうにつれて断面積が大きくなるシェイプト孔部と、

を含み、

前記外側第3フィルム冷却孔の前記出口の中心は、前記外側第3フィルム冷却孔の前記円形孔部の軸線の延長線と前記外側第3フィルム冷却孔の前記出口との交点よりも、前記翼高さ方向における内側に位置し、

前記内側第3フィルム冷却孔の前記出口の中心は、前記内側第3フィルム冷却孔の前記円形孔部の軸線の延長線と前記内側第3フィルム冷却孔の前記出口との交点よりも、前記翼高さ方向における外側に位置する、請求項7に記載のガスタービン静翼。

[請求項12]

前記外側第1フィルム冷却孔は、

前記外側第1フィルム冷却孔の前記入口側の部分であって、円形の断面形状を有する円形孔部と、

前記外側第1フィルム冷却孔の前記出口側の部分であって、前記円形孔部に接続し、前記外側第1フィルム冷却孔の前記出口に向かうにつれて断面積が大きくなるシェイプト孔部と、

を含み、

前記内側第1フィルム冷却孔は、

前記内側第1フィルム冷却孔の前記入口側の部分であって、円形の断面形状を有する円形孔部と、

前記内側第1フィルム冷却孔の前記出口側の部分であって、前記

内側第 1 フィルム冷却孔の前記円形孔部に接続し、前記内側第 1 フィルム冷却孔の前記出口に向かうにつれて断面積が大きくなるシェイプト孔部と、

を含み、

前記外側第 1 フィルム冷却孔の前記出口の中心は、前記外側第 1 フィルム冷却孔の前記円形孔部の軸線の延長線と前記外側第 1 フィルム冷却孔の前記出口との交点よりも、前記翼高さ方向における内側に位置し、

前記内側第 1 フィルム冷却孔の前記出口の中心は、前記内側第 1 フィルム冷却孔の前記円形孔部の軸線の延長線と前記内側第 1 フィルム冷却孔の前記出口との交点よりも、前記翼高さ方向における外側に位置し、

前記外側第 2 フィルム冷却孔は、

前記外側第 2 フィルム冷却孔の前記入口側の部分であって、円形の断面形状を有する円形孔部と、

前記外側第 2 フィルム冷却孔の前記出口側の部分であって、前記外側第 2 フィルム冷却孔の前記円形孔部に接続し、前記外側第 2 フィルム冷却孔の前記出口に向かうにつれて断面積が大きくなるシェイプト孔部と、

を含み、

前記内側第 2 フィルム冷却孔は、

前記内側第 2 フィルム冷却孔の前記入口側の部分であって、円形の断面形状を有する円形孔部と、

前記内側第 2 フィルム冷却孔の前記出口側の部分であって、前記内側第 2 フィルム冷却孔の前記円形孔部に接続し、前記内側第 2 フィルム冷却孔の前記出口に向かうにつれて断面積が大きくなるシェイプト孔部と、

を含み、

前記外側第2フィルム冷却孔の前記出口の中心は、前記外側第2フィルム冷却孔の前記円形孔部の軸線の延長線と前記外側第2フィルム冷却孔の前記出口との交点よりも、前記翼高さ方向における内側に位置し、

前記内側第2フィルム冷却孔の前記出口の中心は、前記内側第2フィルム冷却孔の前記円形孔部の軸線の延長線と前記内側第2フィルム冷却孔の前記出口との交点よりも、前記翼高さ方向における外側に位置する、請求項9に記載のガスタービン静翼。

[請求項13]

前記外側第1フィルム冷却孔の前記シェイプト孔部は、前記外側第1フィルム冷却孔の前記円形孔部の軸線方向視において、前記外側第1フィルム冷却孔の前記円形孔部に対して翼高さ方向の内側にのみ断面積を拡張されており、

前記内側第1フィルム冷却孔の前記シェイプト孔部は、前記内側第1フィルム冷却孔の前記円形孔部の軸線方向視において、前記内側第1フィルム冷却孔の前記円形孔部に対して翼高さ方向の外側にのみ断面積を拡張されており、

前記外側第2フィルム冷却孔の前記シェイプト孔部は、前記外側第2フィルム冷却孔の前記円形孔部の軸線方向視において、前記外側第2フィルム冷却孔の前記円形孔部に対して前記翼高さ方向の内側にのみ断面積を拡張されており、

前記内側第2フィルム冷却孔の前記シェイプト孔部は、前記内側第2フィルム冷却孔の前記円形孔部の軸線方向視において、前記内側第2フィルム冷却孔の前記円形孔部に対して前記翼高さ方向の外側にのみ断面積を拡張されており、

前記外側第3フィルム冷却孔の前記シェイプト孔部は、前記外側第3フィルム冷却孔の前記円形孔部の軸線方向視において、前記外側第3フィルム冷却孔の前記円形孔部に対して前記翼高さ方向の内側にのみ断面積を拡張されており、

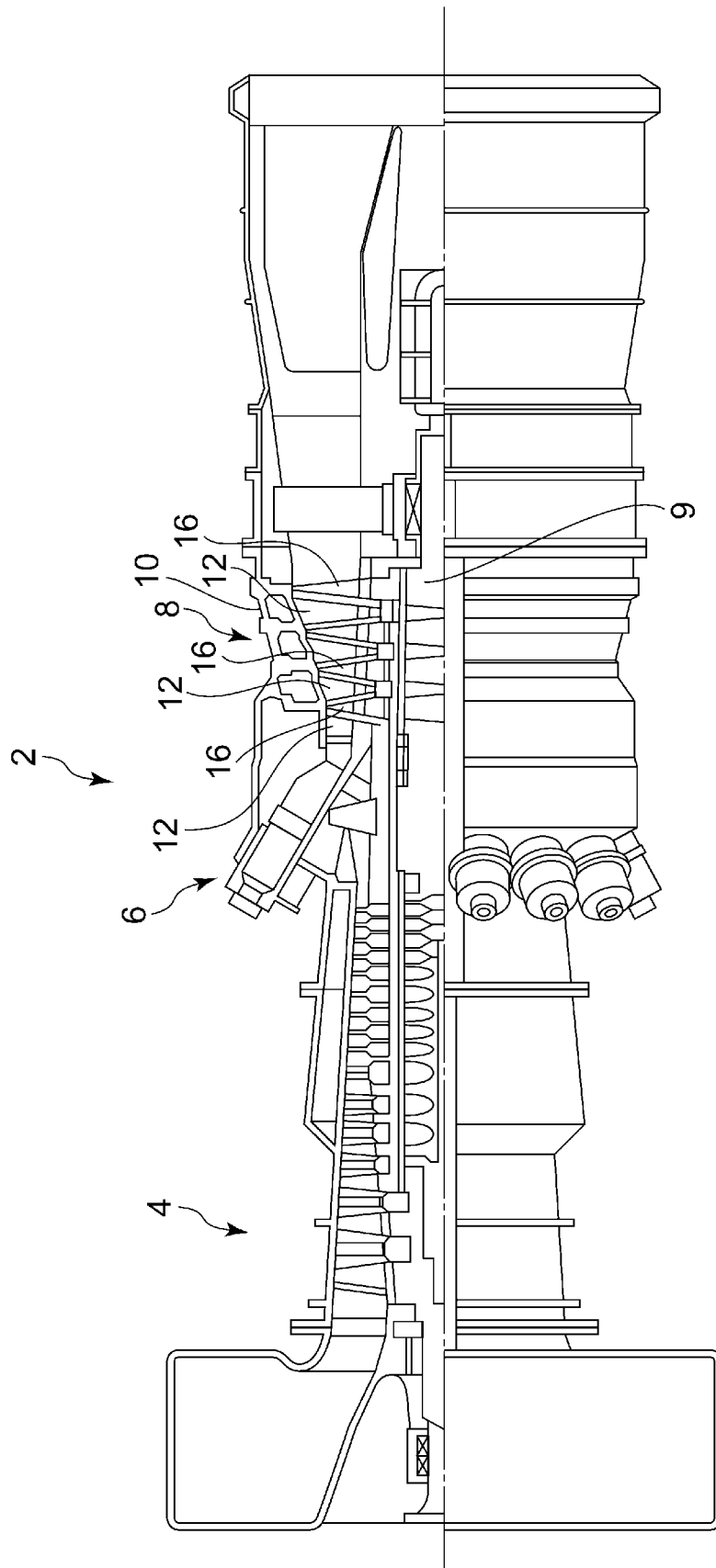
前記内側第 3 フィルム冷却孔の前記シェイプト孔部は、前記内側第 3 フィルム冷却孔の前記円形孔部の軸線方向視において、前記内側第 3 フィルム冷却孔の前記円形孔部に対して前記翼高さ方向の外側にのみ断面積を拡張されている、請求項 1 2 に記載のガスタービン静翼。

[請求項 14]

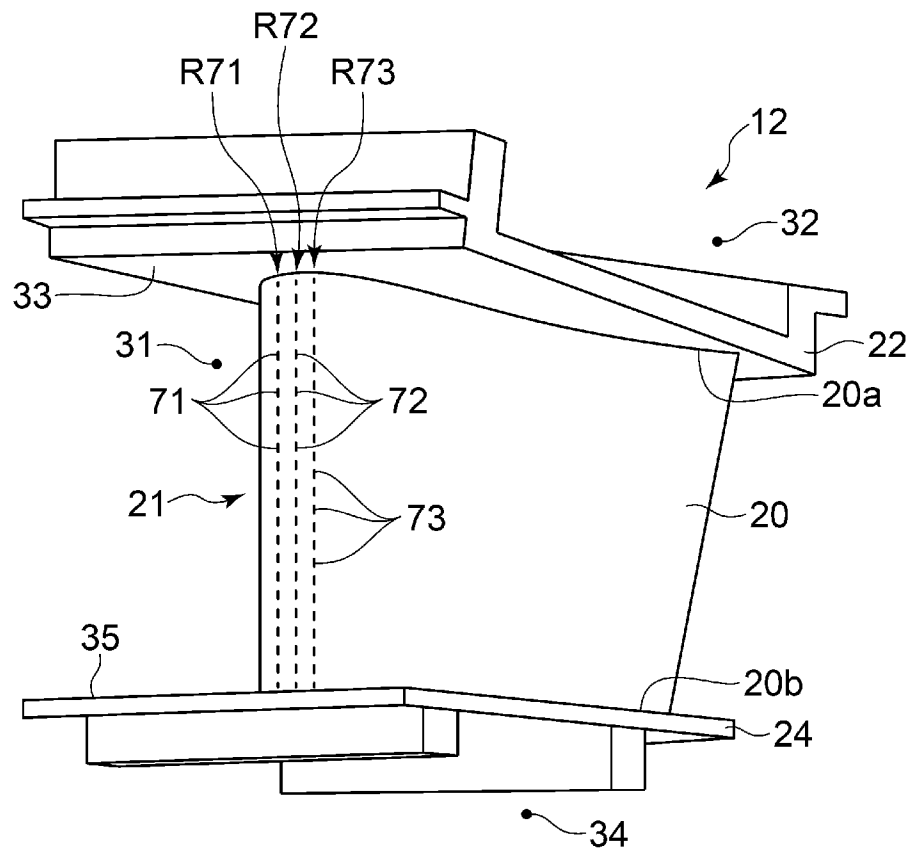
圧縮機、燃焼器及びタービンを備え、

前記タービンは、請求項 1 に記載のガスタービン静翼を含む、ガスタービン。

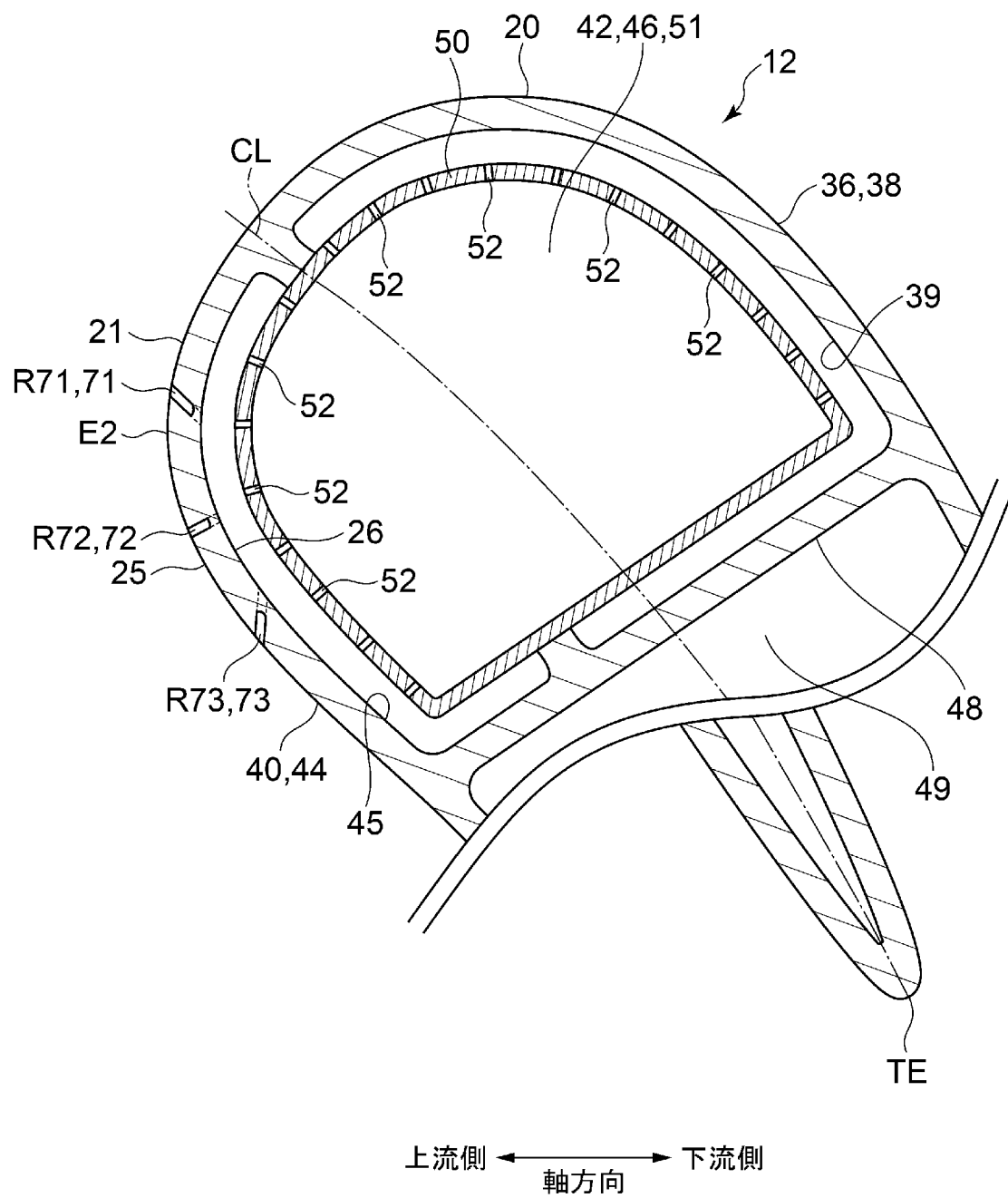
[図1]



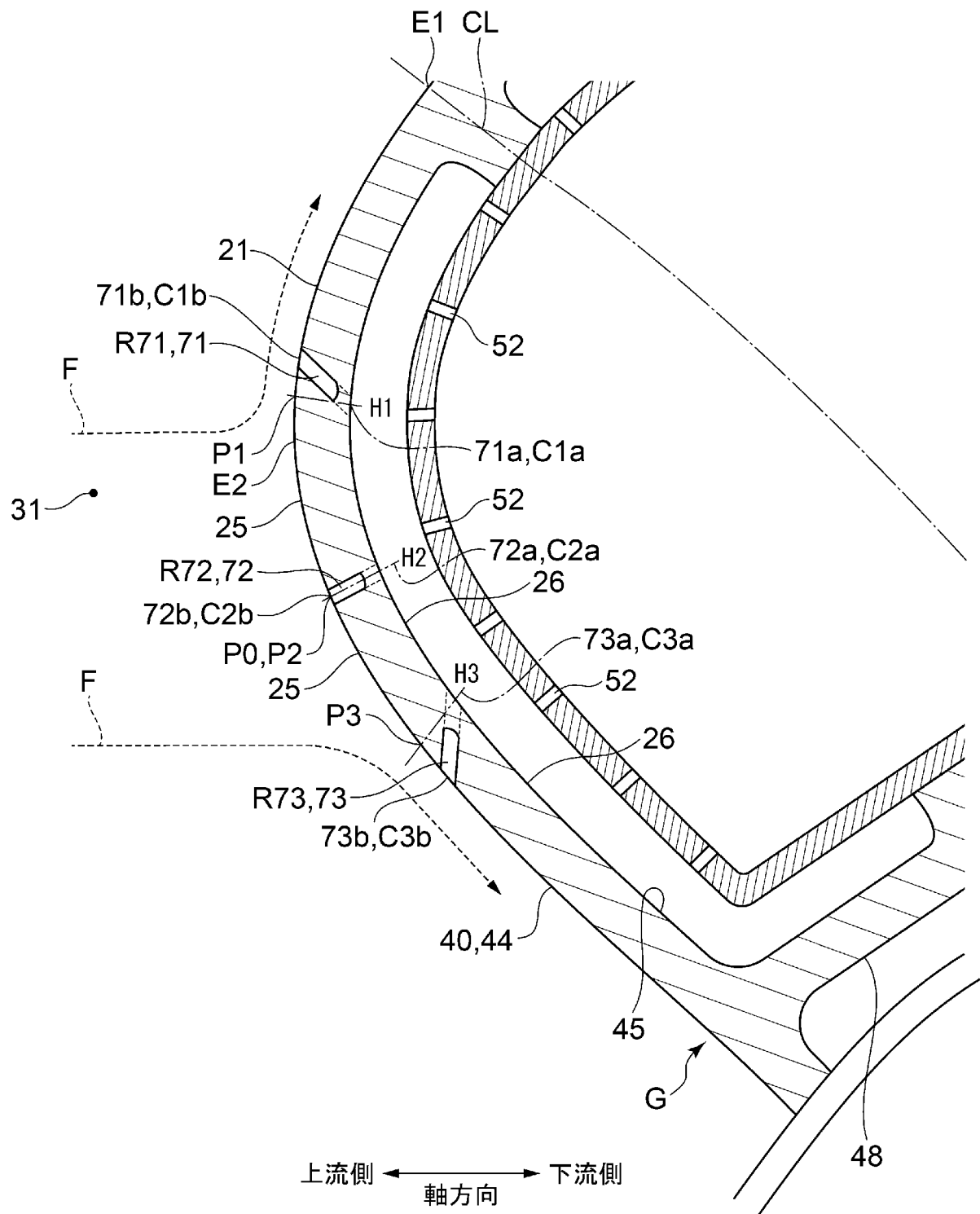
[図2]



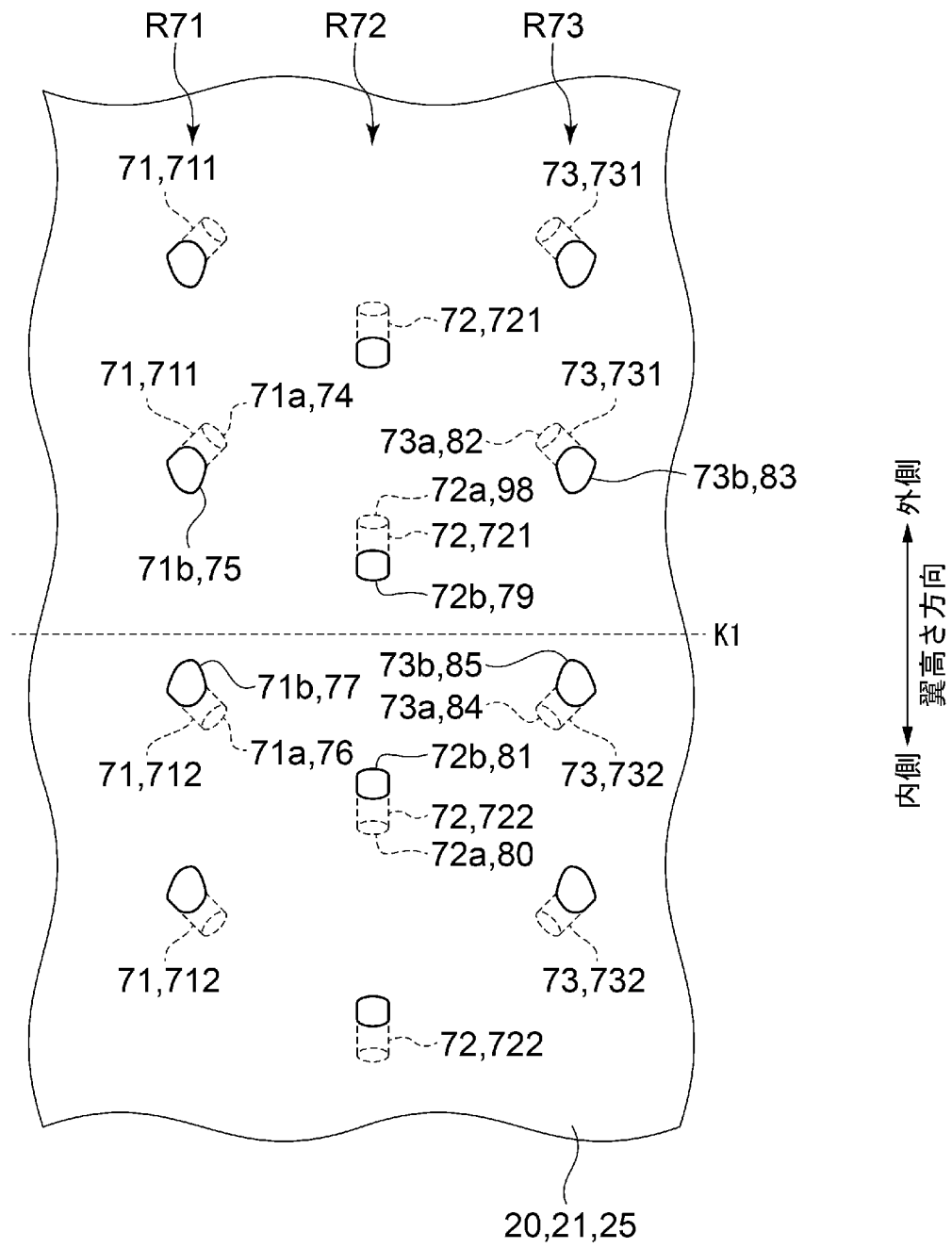
[図3]



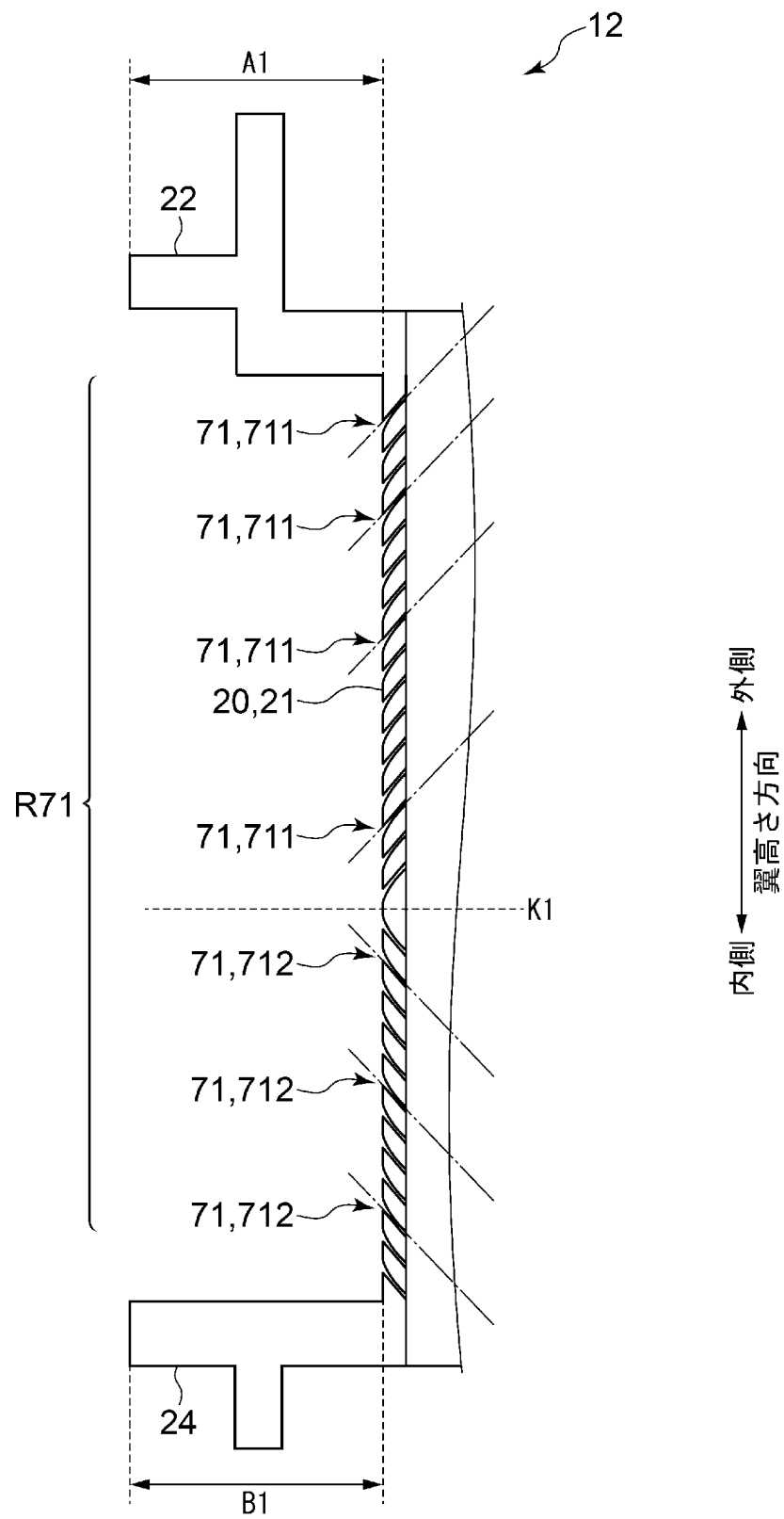
[図4]



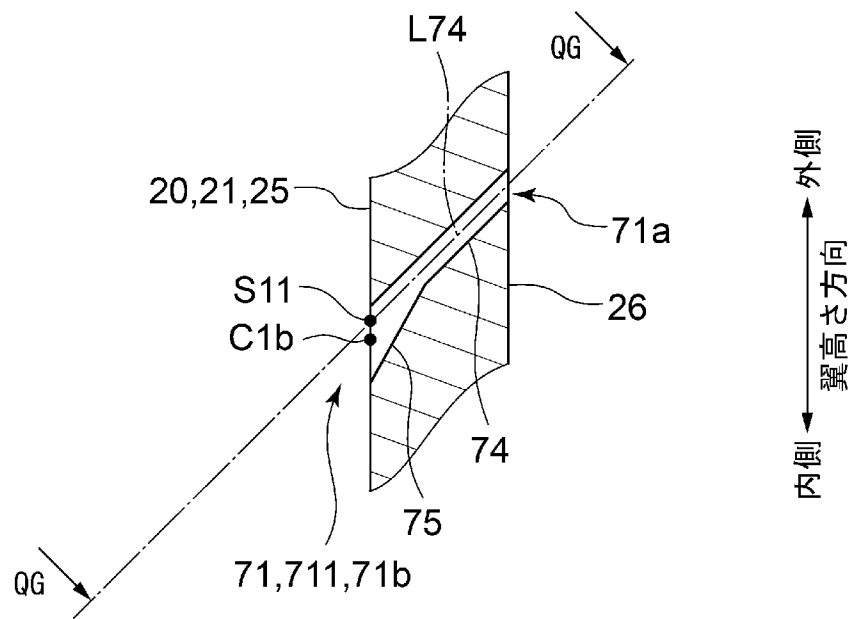
[図5]



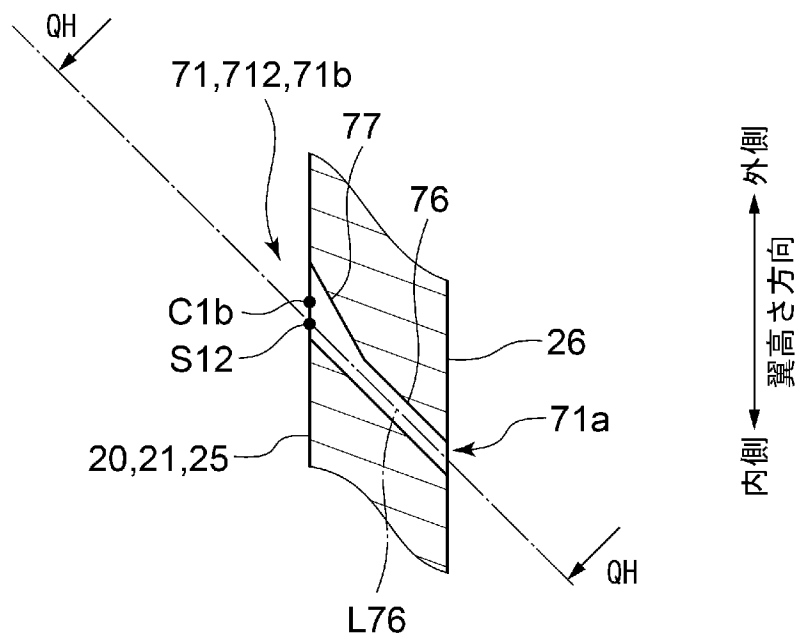
[図6]



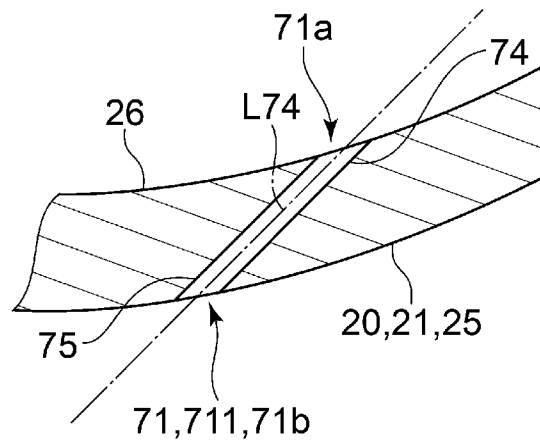
[図7A]



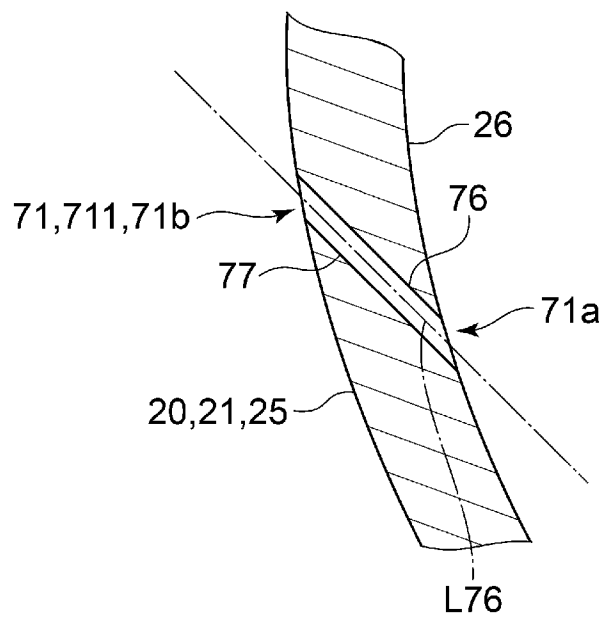
[図7B]



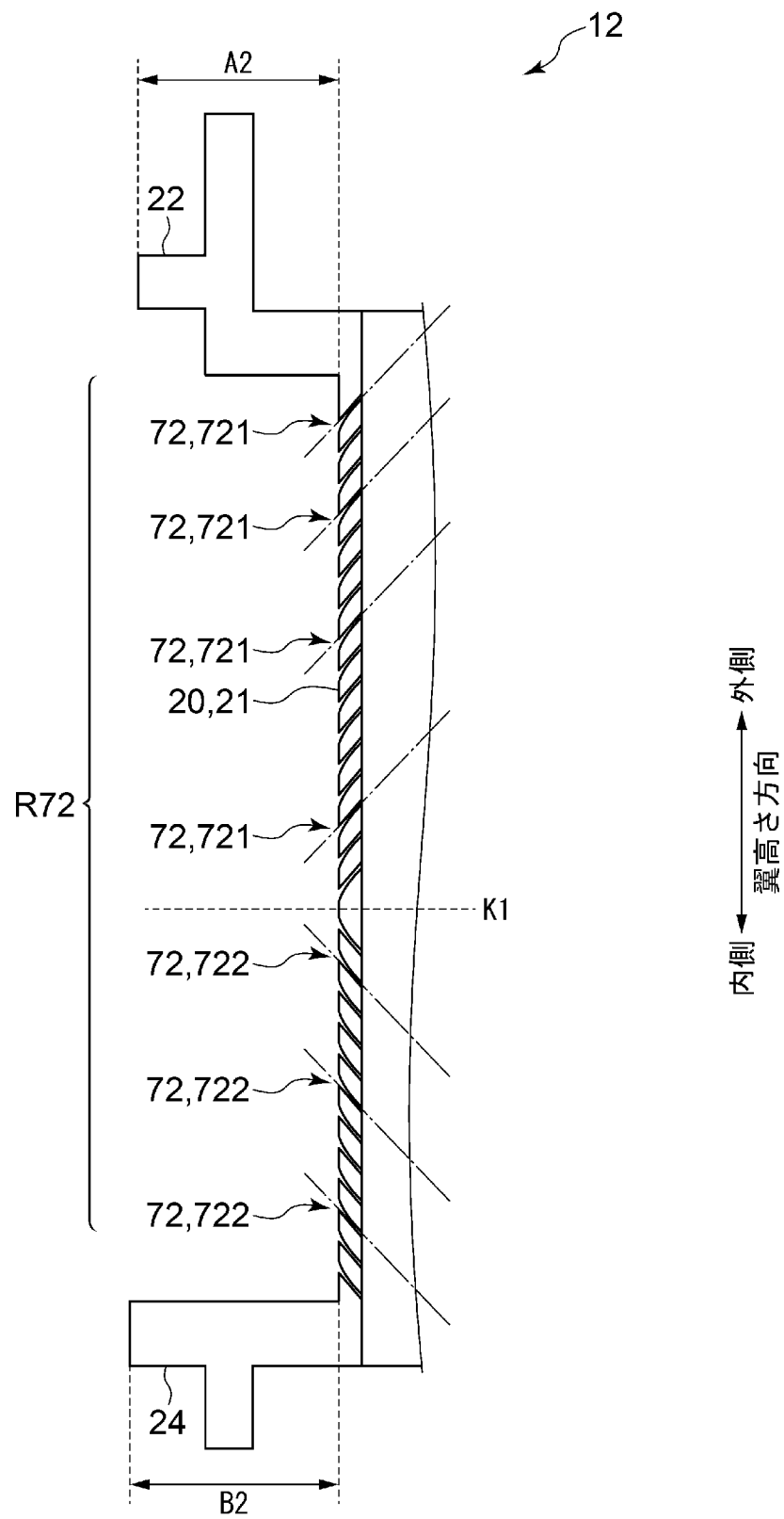
[図8A]

断面QG-QG

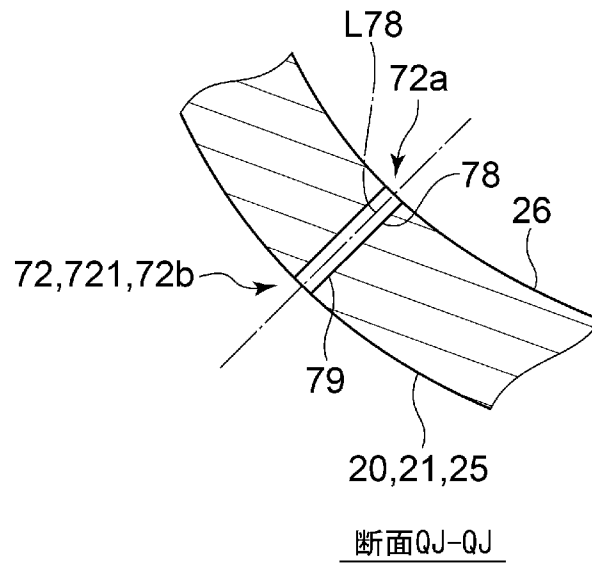
[図8B]

断面QH-QH

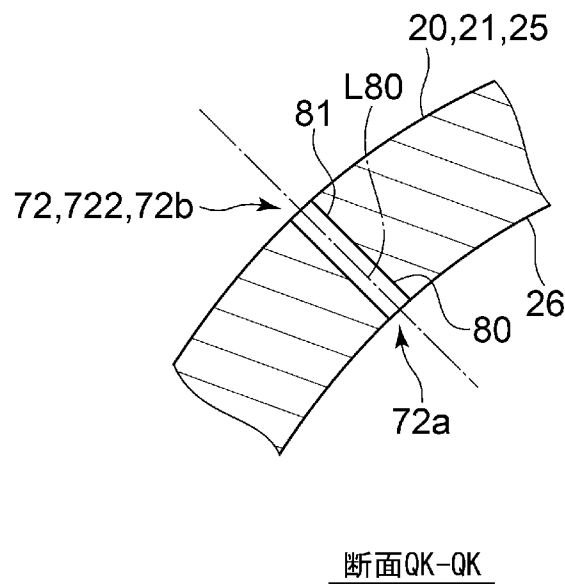
[図9]



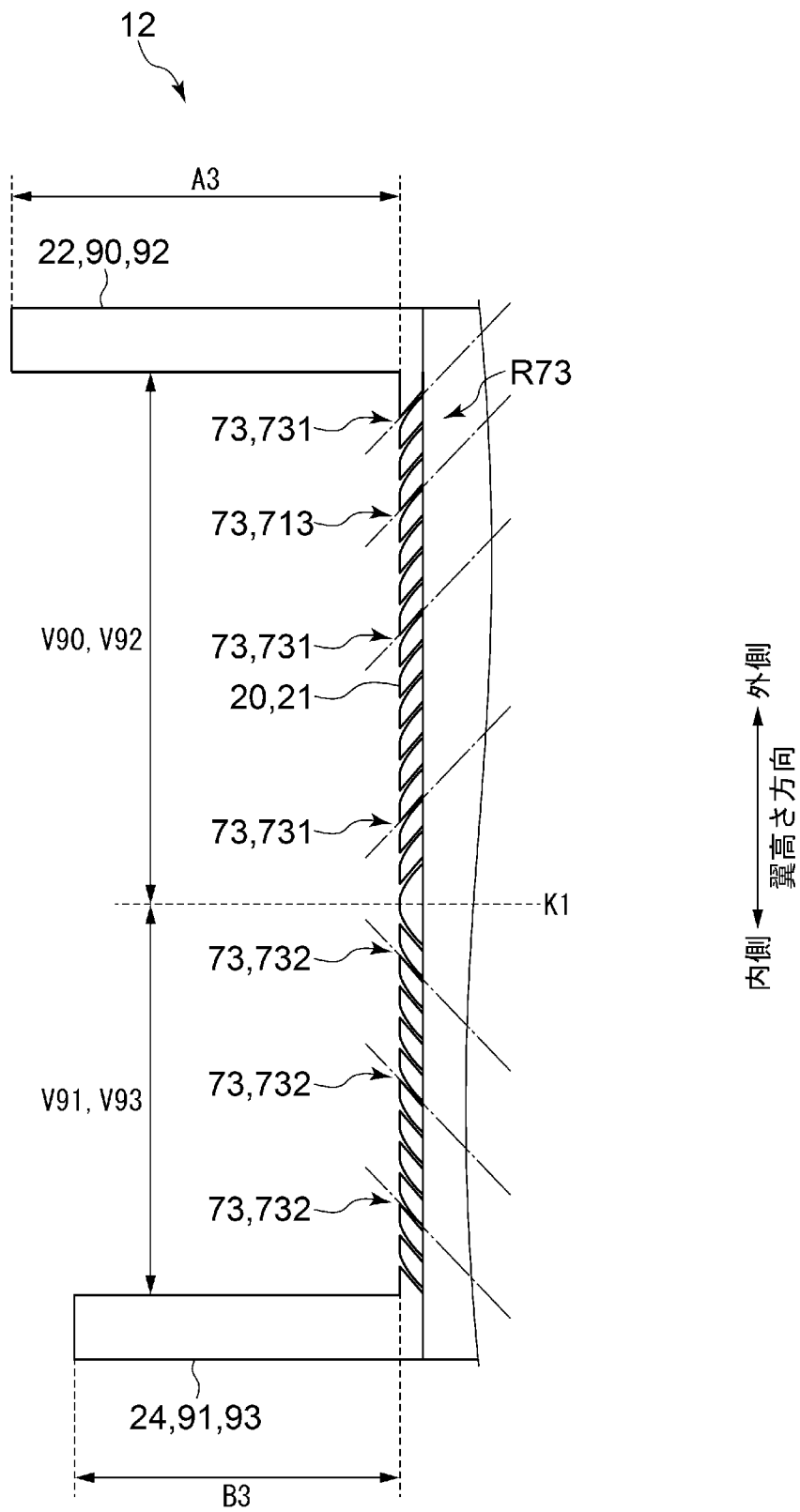
[図11A]



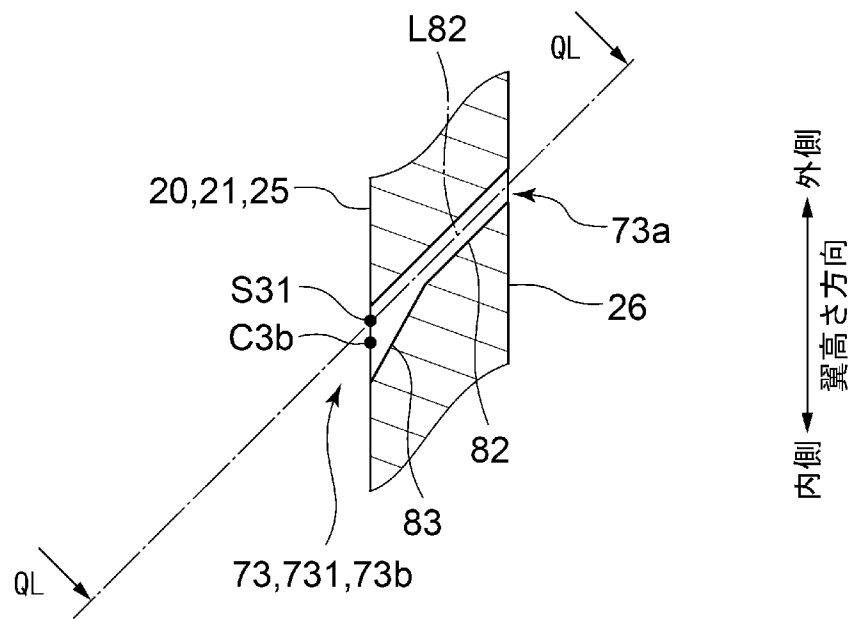
[図11B]



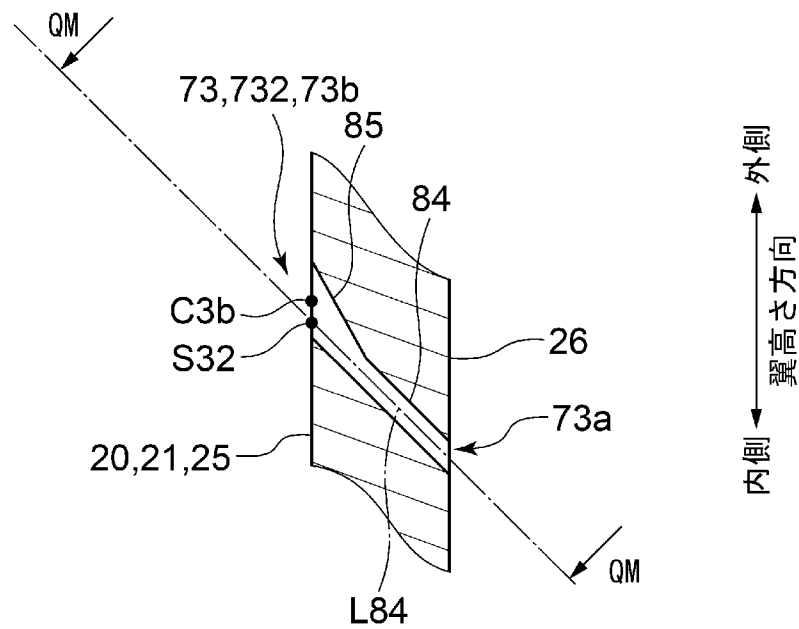
[図12]



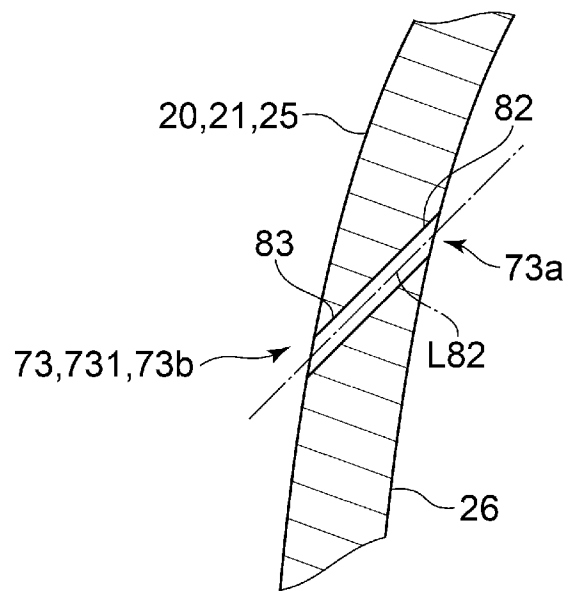
[図13A]



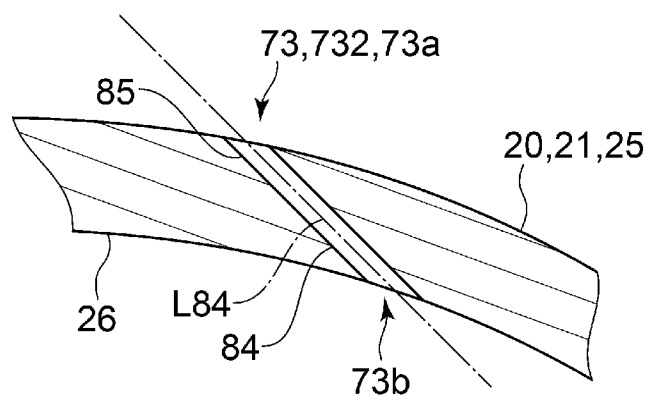
[図13B]



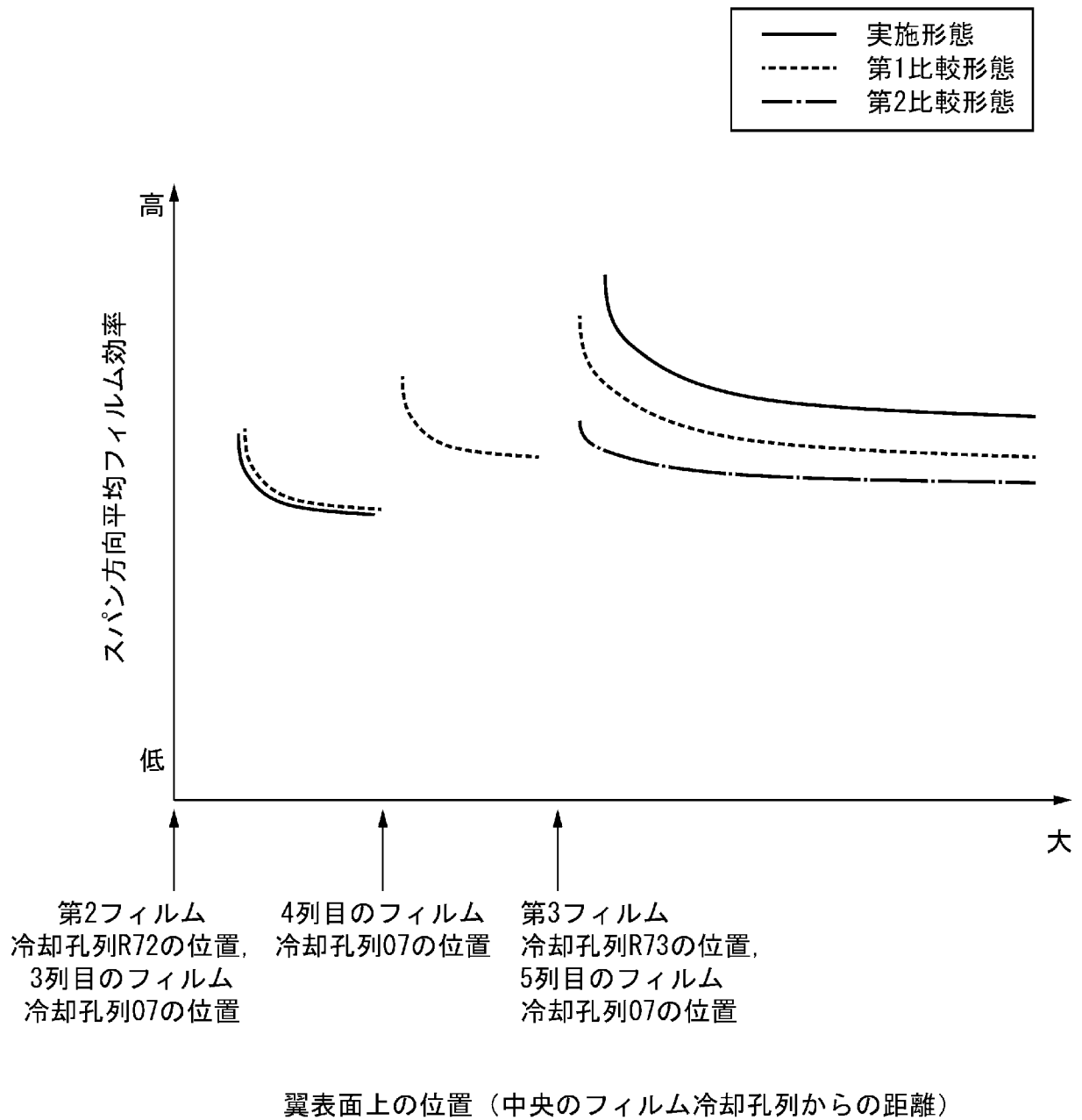
[図14A]

断面QL-QL

[図14B]

断面QM-QM

[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/028722

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**F01D 9/02**(2006.01)i; **F02C 7/18**(2006.01)i

FI: F01D9/02 102; F02C7/18 A

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)

F01D9/02; F02C7/18

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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.
X	US 2014/0093379 A1 (ROLLS-ROYCE PLC) 03 April 2014 (2014-04-03) paragraphs [0076]-[0087], fig. 1-4	1-5, 14
Y	paragraphs [0076]-[0087], fig. 1-4	6-7, 9, 11-13
A	paragraphs [0076]-[0087], fig. 1-4	8, 10
Y	JP 5-163959 A (TOHOKU ELECTRIC POWER CO., INC.) 29 June 1993 (1993-06-29) paragraph [0005], fig. 9, 10	6-7, 9, 11-13
Y	JP 2000-230402 A (TOSHIBA CORP.) 22 August 2000 (2000-08-22) paragraphs [0140]-[0170], fig. 21-27	11-13
Y	JP 2008-51107 A (ALSTOM TECHNOLOGY LTD.) 06 March 2008 (2008-03-06) paragraphs [0033]-[0041], fig. 2	11-13
Y	JP 2001-507773 A (PRATT & WHITNEY CANADA INC.) 12 June 2001 (2001-06-12) specification, page 9, line 26 to page 10, line 30, fig. 2	11-13
A	JP 2009-144724 A (GENERAL ELECTRIC CO.) 02 July 2009 (2009-07-02) entire text, all drawings	8, 10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “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)
 “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

“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
 “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
 “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
 “&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 August 2023

Date of mailing of the international search report

05 September 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/028722

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US	2014/0093379	A1	03 April 2014	EP 2716868 A2	
JP	5-163959	A	29 June 1993	(Family: none)	
JP	2000-230402	A	22 August 2000	(Family: none)	
JP	2008-51107	A	06 March 2008	US 2008/0095622 A1 paragraphs [0042]-[0050], fig. 2	
				EP 1898051 A2	
JP	2001-507773	A	12 June 2001	US 5779437 A column 3, line 55 to column 5, line 28, fig. 2	
				WO 1998/019049 A1	
				KR 2000-0052846 A	
				CN 1235654 A	
JP	2009-144724	A	02 July 2009	US 2009/0155050 A1 entire text, all drawings	
				GB 2455644 A	
				DE 102008055522 A1	
				CA 2645778 A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） F01D 9/02(2006.01)i; F02C 7/18(2006.01)i FI: F01D9/02 102; F02C7/18 A										
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）） F01D9/02; F02C7/18										
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2023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								
X	US 2014/0093379 A1 (ROLLS-ROYCE PLC) 03.04.2014 (2014 - 04 - 03) 段落0076-0087, FIG. 1-4	1-5, 14								
Y	段落0076-0087, FIG. 1-4	6-7, 9, 11-13								
A	段落0076-0087, FIG. 1-4	8, 10								
Y	JP 5-163959 A (東北電力株式会社) 29.06.1993 (1993 - 06 - 29) 段落0005, 図9-10	6-7, 9, 11-13								
Y	JP 2000-230402 A (株式会社東芝) 22.08.2000 (2000 - 08 - 22) 段落0140-0170, 図21-27	11-13								
Y	JP 2008-51107 A (アルストム テクノロジー リミテッド) 06.03.2008 (2008 - 03 - 06) 段落0033-0041, 図2	11-13								
Y	JP 2001-507773 A (プラット アント ホイットニー カナダ インコーポレイテッド) 12.06.2001 (2001 - 06 - 12) 明細書第9ページ第26行-第10ページ第30行, 図2	11-13								
☒ 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 “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “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 “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） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “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 “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 “&” 同一パテントファミリー文献										
国際調査を完了した日 28.08.2023		国際調査報告の発送日 05.09.2023								
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 古▲瀬▼ 裕介 30 1140 電話番号 03-3581-1101 内線 3358								

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 2009-144724 A (ゼネラル・エレクトリック・カンパニー) 02, 07, 2009 (2009 - 07 - 02) 全文, 全図	8, 10

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/028722

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
US	2014/0093379	A1	03.04.2014	EP	2716868	A2	
JP	5-163959	A	29.06.1993	(ファミリーなし)			
JP	2000-230402	A	22.08.2000	(ファミリーなし)			
JP	2008-51107	A	06.03.2008	US	2008/0095622	A1	
				段落0042-0050, Fig.2			
				EP	1898051	A2	
JP	2001-507773	A	12.06.2001	US	5779437	A	
				第3欄第55行-第5欄第28行, Fig. 2			
				WO	1998/019049	A1	
				KR	2000-0052846	A	
				CN	1235654	A	
JP	2009-144724	A	02.07.2009	US	2009/0155050	A1	
				全文, 全図			
				GB	2455644	A	
				DE	102008055522	A1	
				CA	2645778	A1	