

(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
2019年10月3日(03.10.2019)



(10) 国際公開番号

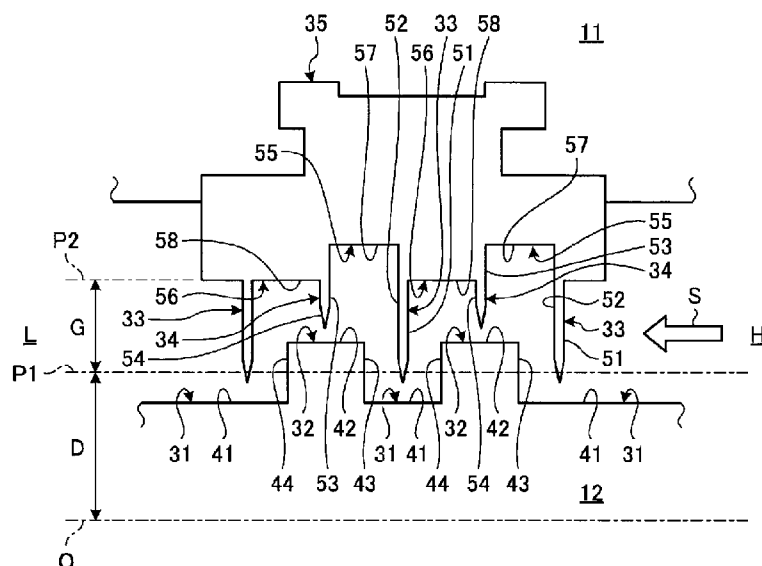
WO 2019/187330 A1

(51) 国際特許分類:
F16J 15/447 (2006.01) *F16D 11/02* (2006.01)
(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/043062
(22) 国際出願日: 2018年11月21日(21.11.2018)
(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 2018-066990 2018年3月30日(30.03.2018) JP
(71) 出願人: 三菱日立パワーシステムズ株式会社(MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS, LTD.) [JP/JP]; 〒2208401 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 Kanagawa (JP).

(72) 発明者: 西本 慎(NISHIMOTO, Shin); 〒2208401 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP). 古庄 達郎(FURUSHO, Tatsuro); 〒2208401 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP). 上原 秀和(UEHARA, Hidekazu); 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 吉田 亜積(YOSHIDA, Azumi); 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 尾▲崎▼ 昂平(OZAKI, Kohei); 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).

(54) Title: ROTARY MACHINE

(54) 発明の名称: 回転機械



(57) Abstract: This rotary machine is provided with: small-diameter sections (31) and large-diameter sections (32), the small- and large-diameter sections (31, 32) being axially alternately provided on the outer peripheral section of a rotor (12); long fins (33) radially facing the small-diameter sections (31); and short fins (34) radially facing the large-diameter sections (32), the long and short fins (33, 34) being alternately arranged at predetermined axial intervals on the inner peripheral section of a labyrinth seal (35) constituting a seal device (16). The inner diameter of the labyrinth seal (35) on the upstream side of the short fins (34) in the direction of axial flow of steam (S) is set to be larger than the inner diameter of the labyrinth seal (35) on the downstream side of the short fins (34) in the direction of the axial flow of the steam (S).

(74) 代理人: 特許業務法人酒井国際特許事務所 (SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1000013 東京都千代田区霞が関 3 丁目 8 番 1 号 虎の門三井ビルディング 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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, 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, 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:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 回転機械において、ロータ (12) の外周部に軸方向に交互に設けられる小径部 (31) 及び大径部 (32) と、シール装置 (16) を構成するラビリンスシール (35) の内周部に軸方向に所定間隔をあけて交互に設けられて小径部 (31) の径方向に対向する長尺フィン (33) 及び大径部 (32) の径方向に対向する短尺フィン (34) とを備え、短尺フィン (34) より蒸気 (S) の軸方向流れの上流側におけるラビリンスシール (35) の内径を、短尺フィン (34) より蒸気 (S) の軸方向流れの下流側におけるラビリンスシール (35) の内径より大きく設定する。

明 細 書

発明の名称： 回転機械

技術分野

[0001] 本発明は、静止側と回転側との間で流体の漏えいを防止するシール装置が配置される回転機械に関するものである。

背景技術

[0002] 例えば、蒸気タービンは、ケーシング内にロータが軸受により回転自在に支持され、ロータに複数段の動翼が固定される一方、ケーシングに複数段の静翼が固定されて構成されている。そして、蒸気がケーシングの供給口から供給され、複数の動翼と静翼を通過することで、各動翼を介してロータが駆動回転し、排出口から外部に排出される。

[0003] このような蒸気タービンでは、ケーシングとロータとの間における蒸気の軸方向の漏れ流れを防止するため、ケーシングとロータとの間にシール装置が設けられている。そして、シール装置としては、一般的にラビリンスシールが適用されている。ラビリンスシールは、ケーシングの内面に複数のシールフィンが設けられて構成されている。各シールフィンとロータとの間に隙間を形成することで圧力損失を発生させ、この圧力損失により軸方向における流体の漏れ流れを抑制する。このようなシール装置として、例えば、下記特許文献1に記載されたものがある。この特許文献1に記載されたラビリンスシールは、外周に凸部及び凹部が形成された回転体と、内周にフィン状シール部材が設けられたシールリングとを互いに対峙するように配置するものである。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開平11-30338号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上述した特許文献 1 に記載されたラビリンスシールでは、シールリングにおける長尺のシールフィンの先端が回転体の凹部に対峙し、短尺のシールフィンの先端が回転体の凸部に対峙している。そのため、流体がシールリングと回転体との間を高圧側から低圧側に向けて軸方向に流れるとき、長尺のシールフィンの先端と回転体の凹部との隙間を通過した流体が、回転体の凸部の壁面により径方向の外側に流れ、凸部から剥離するときに渦流が形成され、短尺のシールフィンの先端と回転体の凸部との隙間に発生する縮流により低圧側への流体の漏えいを抑制する。ところが、このとき、長尺のシールフィンと短尺のシールフィンとの間で形成された渦流は、シールリングの内周面に接触することで流速が低下し、短尺のシールフィンの先端と回転体の凸部との隙間からの流体の漏えいを十分に抑制することができないおそれがある。

[0006] 本発明は上述した課題を解決するものであり、静止体と回転体との間でシールフィンにより囲まれるキャビティの形状を最適化することでシール性能の向上を図る回転機械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] 上記の目的を達成するための本発明の回転機械は、回転体と静止体との間に流体の軸方向流れを抑制するシール装置が配置される回転機械において、前記回転体の外周部に軸方向に交互に設けられる小径部及び大径部と、前記シール装置の内周部に軸方向に所定間隔をあけて交互に設けられて前記小径部の径方向に対向する長尺フィン及び前記大径部の径方向に対向する短尺フィンと、を備え、前記短尺フィンより流体の軸方向流れの上流側における前記シール装置の内径が、前記短尺フィンより流体の軸方向流れの下流側における前記シール装置の内径より大きく設定される、ことを特徴とするものである。

[0008] 従って、静止体に対して回転体が回転するとき、両者の間に流れる流体は、小径部の外周面と長尺フィンの先端との隙間を流れて、大径部の壁面に衝突して径方向の外側に流れる。この径方向の外側に流れる流体は、大径

部の外周面から剥離するときに渦流を形成するため、短尺フィンの先端と大径部の外周面との隙間の近傍に縮流が生成され、大径部の外周面と短尺フィンの先端との隙間からの流体の漏えいが抑制される。このとき、短尺フィンより流体の軸方向流れの上流側におけるシール装置の内径が大きく設定されることから、流体が静止体の内周面に接触しにくくなって渦流の形成を阻害することがなく、大径部の外周面と短尺フィンの先端との隙間からの流体の漏えいを適切に抑制することができる。その結果、静止体と回転体との間でシールフィンにより囲まれるキャビティの形状を最適化することでシール性能の向上を図ることができる。

[0009] 本発明の回転機械では、前記シール装置の内周部で前記長尺フィンと前記短尺フィンとの間に凹部形状をなすキャビティが設けられ、前記短尺フィンより流体の軸方向流れの上流側における第1キャビティの径方向長さが、前記短尺フィンより流体の軸方向流れの下流側における第2キャビティの径方向長さより大きいことを特徴としている。

[0010] 従って、短尺フィンより上流側の第1キャビティの径方向長さを短尺フィンより下流側の第2キャビティの径方向長さより大きく設定することから、第1キャビティ内を径方向の外側に流れる流体が第1キャビティの底面に接触しにくくなって適切に渦流を形成することができ、大径部の外周面と短尺フィンの先端との隙間からの流体の漏えいを適切に抑制することができる。

[0011] 本発明の回転機械では、前記第1キャビティは、軸方向に沿う湾曲形状をなすことを特徴としている。

[0012] 従って、第1キャビティが軸方向に沿う湾曲形状をなすことから、第1キャビティ内を径方向の外側に流れる流体が湾曲形状をなす第1キャビティの底面に沿って流れることで、渦流を適切に形成することができる。

[0013] 本発明の回転機械では、前記第1キャビティの径方向長さ D_1 と前記第2キャビティの径方向長さ D_2 との差の径方向長さ D_a は、

$$W \cdot (1/3) < D_a < W \cdot 2$$

に設定されることを特徴としている。

[0014] 従って、第1キャビティの径方向長さを最適な範囲に設定することから、第1キャビティを流れる流体により渦流を適切に形成することができる。

[0015] 本発明の回転機械では、前記第1キャビティの径方向長さD1と前記第2キャビティの径方向長さD2との差の径方向長さDaは、

$$W \cdot (1/3) < D_a < W \cdot (2/3)$$

に設定されることを特徴としている。

[0016] 従って、第1キャビティの径方向長さを最適な範囲に設定することから、第1キャビティを流れる流体により渦流を適切に形成することができる。

[0017] 本発明の回転機械では、前記第1キャビティの径方向長さD1と前記大径部の径方向長さD3の合計値に対する前記第1キャビティの径方向長さD1の割合は、

$$D_1 / (D_1 + D_3) > 1/2$$

に設定されることを特徴としている。

[0018] 従って、第1キャビティの径方向長さ和大径部の径方向長さの関係を最適な範囲に設定することから、第1キャビティを流れる流体により渦流を適切に形成することができる。

発明の効果

[0019] 本発明の回転機械によれば、静止体と回転体との間でシールフィンにより囲まれるキャビティの形状を最適化することでシール性能の向上を図ることができる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]図1は、本実施形態のシール装置を表す断面図である。

[図2]図2は、シール装置を表す概略斜視図である。

[図3]図3は、シール装置の寸法関係を説明するための概略図である。

[図4]図4は、本実施形態のシール装置の第1変形例を表す断面図である。

[図5]図5は、本実施形態のシール装置の第2変形例を表す断面図である。

[図6]図6は、本実施形態の回転機械としての蒸気タービンを表す概略図である。

発明を実施するための形態

[0021] 以下に添付図面を参照して、本発明に係る回転機械の好適な実施形態を詳細に説明する。なお、この実施形態により本発明が限定されるものではなく、また、実施形態が複数ある場合には、各実施形態を組み合わせる構成するものも含むものである。

[0022] 図6は、本実施形態の回転機械としての蒸気タービンを表す概略図である。

[0023] 本実施形態では、本発明の回転機械として、蒸気タービンを例に挙げて説明する。図6に示すように、蒸気タービン10は、ケーシング11と、ロータ（回転軸）12と、静翼13と、動翼14と、軸受15と、シール装置16とを備えている。

[0024] ケーシング11は、中空形状をなし、内部にロータ12が水平方向に沿って配置されている。静翼13は、ケーシング11の内周部にロータ12の軸方向に所定間隔を空けて複数固定されている。ロータ12は、外周部に軸方向に所定間隔を空けて複数のロータディスク21が固定されており、動翼14は、各ロータディスク21の外周部に複数固定されている。各静翼13と各動翼14は、ロータ12の軸方向に沿って交互に配置されている。

[0025] また、ロータ12は、軸方向の各端部が軸受15により回転自在に支持されている。ロータ12は、軸方向の各端部とケーシング11との間にシール装置16が設けられている。各シール装置16は、各軸受15よりも内部側、つまり、静翼13及び動翼14側に配置されている。

[0026] ケーシング11は、軸方向の一端部側に蒸気供給口22が設けられ、蒸気供給口22は、蒸気通路23を通して各静翼13及び各動翼14が配置される車室24に連通されている。そして、車室24は、排気室25を通して蒸気排出口26に連通されている。

[0027] そのため、蒸気が蒸気供給口22から蒸気通路23を通して車室24に供給されると、この蒸気が複数の静翼13及び複数の動翼14を通過することで、各動翼14を介してロータ12が駆動回転し、このロータ12に連結さ

れた図示しない発電機を駆動する。その後、動翼 14 を駆動した蒸気は、排気室 25 を通して蒸気排出口 26 から排出される。

[0028] ここで、上述したシール装置 16 について詳細に説明する。図 1 は、本実施形態のシール装置を表す断面図、図 2 は、シール装置を表す概略斜視図、図 3 は、シール装置の寸法関係を説明するための概略図である。

[0029] 本実施形態の回転機械としての蒸気タービン 10 は、回転体としてのロータ 12 と、静止体としてのケーシング 11 と、ロータ 12 とケーシング 11 との間に設けられるシール装置 16 とを有している。シール装置 16 は、ロータ 12 とケーシング 11 との間に設けられ、ケーシング 11 の内部から外部へ流れる蒸気（流体）の軸方向流れを抑制するものである。なお、図 1 から図 3 に図示するシール装置 16 は、蒸気タービン 10 における蒸気供給口 22 側に配置されるものを表している。

[0030] 図 1 及び図 2 に示すように、シール装置 16 は、ケーシング 11 とロータ 12 との間に設けられ、このケーシング 11 とロータ 12 との間をロータ 12 の軸方向に沿って高圧側 H から低圧側 L に流れる蒸気 S の流れ（漏えい）を抑制するものである。

[0031] 蒸気タービン 10 は、ロータ 12 側に複数の小径部 31 及び複数の大径部 32 が設けられる。シール装置 16 は、ケーシング 11 側に複数の長尺フィン 33 及び複数の短尺フィン 34 が設けられる。各小径部 31 と各長尺フィン 33 が径方向に対向し、各大径部 32 と各短尺フィン 34 が径方向に対向している。本実施形態では、ケーシング 11 側にシール装置 16 を構成するラビリンスシール 35 が設けられ、このラビリンスシール 35 に長尺フィン 33 と短尺フィン 34 が設けられている。

[0032] ロータ 12 は、外周部における軸方向の端部に小径部 31 と大径部 32 が軸方向に沿って交互に設けられている。この場合、ロータ 12 は、中心線 O に対して所定の外径 D を有する基準外周位置 P1 が設定され、基準外周位置 P1 を基準として小径部 31 と大径部 32 の径方向位置が設定されている。ここで、本実施形態では、小径部 31 と大径部 32 は、軸方向における長さ

が同様であり、基準外周位置 P 1 に対する径方向の長さが同様であるが、小径部 3 1 と大径部 3 2 における軸方向における長さが異なっていたり、基準外周位置 P 1 に対する径方向の長さが異なっていたりしてもよい。ロータ 1 2 は、小径部 3 1 を形成する第 1 外周面 4 1 と、大径部 3 2 を形成する第 2 外周面 4 2 と、第 2 外周面 4 2 に対して軸方向の一方側に設けられる第 1 壁面 4 3 と、第 2 外周面 4 2 に対して軸方向の他方側に設けられる第 2 壁面 4 4 とを有している。第 1 外周面 4 1 と第 2 外周面 4 2 は、周方向に連続し、中心線 O に対して平行をなし、周方向で外径が一定となっている。また、第 1 壁面 4 3 と第 2 壁面 4 4 は、周方向に連続し、中心線 O に対して直角をなし、軸方向の位置が一定となっている。

[0033] ラビリンスシール 3 5 は、リング形状をなし、ケーシング 1 1 の内周面に固定されている。ラビリンスシール 3 5 は、内周部にロータ 1 2 の軸方向に所定間隔をあけて長尺フィン 3 3 と短尺フィン 3 4 が交互に設けられている。ラビリンスシール 3 5 は、長尺フィン 3 3 の先端部がロータ 1 2 の小径部 3 1 に対して径方向の外側に対向し、短尺フィン 3 4 の先端部がロータ 1 2 の大径部 3 2 に対して径方向の外側に対向している。この場合、ラビリンスシール 3 5 は、ロータ 1 2 の基準外周位置 P 1 に対して所定の径方向隙間 G を有する基準内周位置 P 2 が設定されている。

[0034] ここで、長尺フィン 3 3 と短尺フィン 3 4 は、軸方向に等間隔で設けられており、ロータ 1 2 の中心線 O に向けて延出された先細形状をなしており、短尺フィン 3 4 に対して長尺フィン 3 3 の径方向長さが長くなっている。つまり、長尺フィン 3 3 は、短尺フィン 3 4 よりも先端部が中心線 O 側に延出している。なお、長尺フィン 3 3 と短尺フィン 3 4 は、軸方向に等間隔に設けなくてもよい。また、そして、長尺フィン 3 3 は、先端部と小径部 3 1 の第 1 外周面 4 1 との間に所定隙間が確保され、短尺フィン 3 4 は、先端部とロータ 1 2 の大径部 3 2 の第 2 外周面 4 2 との間に所定隙間が確保されている。本実施形態にて、ケーシング 1 1 の内部の蒸気 S が高圧側 H から低圧側 L に流れる構成に対して、長尺フィン 3 3、短尺フィン 3 4、長尺フィン 3

3、短尺フィン34、長尺フィン33の順に配置されている。但し、ケーシング11の内部の蒸気Sが高圧側Hから低圧側Lに流れる構成に対して、短尺フィン34から始まってもよいし、短尺フィン34で終わってもよい。長尺フィン33は、高圧側Hに対向する第1シール面51と、低圧側Lに対向する第2シール面52とを有している。短尺フィン34は、高圧側Hに対向する第1シール面53と、低圧側Lに対向する第2シール面54とを有している。各第1シール面51、53と各第2シール面52、54は、それぞれ周方向に連続し、中心線Oに対して直角をなし、軸方向の位置が一定となっている。

[0035] また、ラビリンスシール35は、短尺フィン34より蒸気Sの軸方向流れの上流側（高圧側H）における内径が、短尺フィン34より蒸気Sの軸方向流れの下流側（低圧側L）における内径より大きく設定されている。即ち、ラビリンスシール35は、内周部で長尺フィン33と短尺フィン34との間に凹部形状をなすキャビティ55、56が設けられている。第1キャビティ55は、短尺フィン34より高圧側Hに設けられ、第2キャビティ56は、短尺フィン34より低圧側Lに設けられている。

[0036] そして、短尺フィン34より蒸気Sの軸方向流れの上流側（高圧側H）における第1キャビティ55の径方向長さが、短尺フィン34より蒸気Sの軸方向流れの下流側（低圧側L）における第2キャビティ56の径方向長さより大きく設定されている。即ち、第1キャビティ55は、第2シール面52と第1シール面53と第1底面57により構成され、第2キャビティ56は、第2シール面54と第1シール面51と第2底面58により構成されている。第1底面57と第2底面58は、周方向に連続し、中心線Oに対して平行をなし、周方向で内径が一定となっている。第1底面57の内径は、第2底面58の内径より大きい寸法となっている。そのため、第1底面57（または、第2底面58）から先端部までの長尺フィン33の径方向長さは、第1底面57（または、第2底面58）から先端部までの短尺フィン34の径方向長さより長くなっている。

[0037] 図3に示すように、短尺フィン34の先端から第1底面57までの径方向長さを第1キャビティ55の径方向長さD1と規定し、短尺フィン34の先端から第2底面58までの径方向長さを第2キャビティ56の径方向長さD2と規定し、第1キャビティ55の径方向長さD1と第2キャビティ56の径方向長さD2との差は、径方向長さD_aとなる。また、第1キャビティ55の軸方向長さをWと規定する。すると、第1キャビティ55の径方向長さD1と第2キャビティ56の径方向長さD2との差の径方向長さD_aは、第1キャビティ55の軸方向長さWにおける1/3から2の範囲に設定されることが好ましい。

$$W \cdot (1/3) < D_a < W \cdot 2$$

また、更に好ましくは、径方向長さD_aは、第1キャビティ55の軸方向長さWにおける1/3から2/3の範囲に設定される。

$$W \cdot (1/3) < D_a < W \cdot (2/3)$$

[0038] また、小径部31に対する大径部32の径方向長さをD3と規定する。すると、第1キャビティ55の径方向長さD1と大径部32の径方向長さD3の合計値に対する第1キャビティ55の径方向長さD1の割合は、1/2（50%）より大きく設定されることが好ましい。

$$D1 / (D1 + D3) > 1/2$$

[0039] そのため、図1に示すように、ケーシング11に対してロータ12が回転するとき、高圧側Hから低圧側Lに軸方向に流れる蒸気Sは、小径部31の第1外周面41と長尺フィン33の先端との隙間を通して流れ、大径部32の第1壁面43に衝突して径方向の外側に流れる。この径方向の外側に流れる蒸気Sは、大径部32の第1壁面43から剥離するときに第1キャビティ55内で渦流を形成する。この蒸気Sの渦流は、短尺フィン34の先端と大径部32の第2外周面42との隙間の近傍に縮流を生成し、大径部32の第2外周面42と短尺フィン34の先端との隙間から第2キャビティ56側への蒸気Sの漏えいが抑制される。

[0040] このとき、短尺フィン34より高圧側Hの第1キャビティ55の径方向長

さD 1 が、低圧側Lの第2キャビティ5 6の径方向長さD 2 より大きく設定されていることから、大径部3 2の第1壁面4 3から剥離して径方向の外側に流れる蒸気Sが第1キャビティ5 5の第1底面5 7に接触しにくくなり、ここでの渦流の形成を阻害しない。そのため、短尺フィン3 4の先端と大径部3 2の第2外周面4 2との隙間の近傍での縮流を適切に生成し、この隙間から第2キャビティ5 6への蒸気Sの漏えいが適切に抑制される。

[0041] また、短尺フィン3 4より低圧側Lの第2キャビティ5 6の径方向長さが、高圧側Hの第1キャビティ5 5の径方向長さより小さく設定されていることから、第2キャビティ5 6の容積を小さくすることができる。そのため、短尺フィン3 4の先端と大径部3 2の第2外周面4 2との隙間から第2キャビティ5 6へ流れる蒸気Sの速度が低下することがなく、蒸気Sが所定の速度をもって長尺フィン3 3の第1シール面5 1に衝突し、小径部3 1の外側の空間で適切な渦流が生成される。すると、この蒸気Sの渦流は、長尺フィン3 3の先端と小径部3 1の第1外周面4 1との隙間の近傍に縮流を生成し、小径部3 1の第1外周面4 1と長尺フィン3 3の先端との隙間から第1キャビティ5 5側への蒸気Sの漏えいが抑制される。一方、第2キャビティ5 6の容積を大きくすると、短尺フィン3 4の先端と大径部3 2の第2外周面4 2との隙間から第2キャビティ5 6へ流れる蒸気Sの速度が低下するだけでなく、第2底面5 8側にも多く流れてしまい、小径部3 1の外側の空間で適切な渦流を生成することができず、小径部3 1の第1外周面4 1と長尺フィン3 3先端との隙間から第1キャビティ5 5側への蒸気Sの漏えいを抑制できなくなる。

[0042] なお、上述の説明では、第2シール面5 2と第1シール面5 3と第1底面5 7により第1キャビティ5 5を構成したが、この構成に限定されるものではない。図4は、本実施形態のシール装置の第1変形例を表す断面図、図5は、本実施形態のシール装置の第2変形例を表す断面図である。

[0043] 本実施形態のシール装置の第1変形例において、図4に示すように、ラビリンスシール3 5は、内周部にロータ1 2の軸方向に所定間隔をあけて長尺

フィン 33 と短尺フィン 34 が交互に設けられており、長尺フィン 33 の先端部がロータ 12 の小径部 31 に対して径方向の外側に対向し、短尺フィン 34 の先端部がロータ 12 の大径部 32 に対して径方向の外側に対向している。長尺フィン 33 は、高圧側 H に対向する第 1 シール面 51 と、低圧側 L に対向する第 2 シール面 52 とを有している。短尺フィン 34 は、高圧側 H に対向する第 1 シール面 53 と、低圧側 L に対向する第 2 シール面 54 とを有している。

[0044] また、ラビリンスシール 35 は、短尺フィン 34 より蒸気 S の軸方向流れの上流側（高圧側 H）における内径が、短尺フィン 34 より蒸気 S の軸方向流れの下流側（低圧側 L）における内径より大きく設定されている。即ち、ラビリンスシール 35 は、内周部で長尺フィン 33 と短尺フィン 34 との間に凹部形状をなすキャビティ 61, 56 が設けられている。第 1 キャビティ 61 は、短尺フィン 34 より高圧側 H に設けられ、第 2 キャビティ 56 は、短尺フィン 34 より低圧側 L に設けられている。

[0045] そして、短尺フィン 34 より蒸気 S の軸方向流れの上流側（高圧側 H）における第 1 キャビティ 61 の径方向長さが、短尺フィン 34 より蒸気 S の軸方向流れの下流側（低圧側 L）における第 2 キャビティ 56 の径方向長さより大きく設定されている。即ち、第 1 キャビティ 61 は、第 2 シール面 52 と第 1 シール面 53 と第 1 湾曲底面 62 により構成され、第 2 キャビティ 56 は、第 2 シール面 54 と第 1 シール面 51 と第 2 底面 58 により構成されている。第 1 湾曲底面 62 は、軸方向に沿う湾曲形状をなし、内径が第 2 底面 58 の内径より大きい寸法となっている。

[0046] また、本実施形態のシール装置の第 2 変形例において、図 5 に示すように、ラビリンスシール 35 は、短尺フィン 34 より蒸気 S の軸方向流れの上流側（高圧側 H）における内径が、短尺フィン 34 より蒸気 S の軸方向流れの下流側（低圧側 L）における内径より大きく設定されている。即ち、ラビリンスシール 35 は、内周部で長尺フィン 33 と短尺フィン 34 との間に凹部形状をなすキャビティ 65, 56 が設けられている。第 1 キャビティ 65 は

、短尺フィン３４より高压側Ｈに設けられ、第２キャビティ５６は、短尺フィン３４より低压側Ｌに設けられている。

[0047] そして、短尺フィン３４より蒸気Ｓの軸方向流れの上流側（高压側Ｈ）における第１キャビティ６５の径方向長さが、短尺フィン３４より蒸気Ｓの軸方向流れの下流側（低压側Ｌ）における第２キャビティ５６の径方向長さより大きく設定されている。即ち、第１キャビティ６５は、第２シール面５２と第１シール面５３と第１底面６６と２個の第１湾曲面６７により構成され、第２キャビティ５６は、第２シール面５４と第１シール面５１と第２底面５８により構成されている。第１底面６６は、内径が第２底面５８の内径より大きい寸法となっている。

[0048] なお、各変形例では、第１キャビティの一部または全部を湾曲形状としたが、第２キャビティの一部または全部を湾曲形状としてもよい。

[0049] このように本実施形態の回転機械にあっては、ロータ１２の外周部に軸方向に交互に設けられる小径部３１及び大径部３２と、シール装置１６（ラビリンスシール３５）の内周部に軸方向に所定間隔をあけて交互に設けられて小径部３１の径方向に対向する長尺フィン３３及び大径部３２の径方向に対向する短尺フィン３４とを備え、短尺フィン３４より蒸気Ｓの軸方向流れの上流側におけるラビリンスシール３５の内径を、短尺フィン３４より蒸気Ｓの軸方向流れの下流側におけるラビリンスシール３５の内径より大きく設定している。

[0050] 従って、ケーシング１１に対してロータ１２が回転するとき、両者の間に流れる蒸気Ｓは、小径部３１の第１外周面４１と長尺フィン３３の先端との隙間を通過して低压側Ｌに流れ、大径部３２の第１壁面４３に衝突して径方向の外側に流れる。この径方向の外側に流れる蒸気Ｓは、大径部３２の第２外周面４２から剥離するときに渦流を形成するため、短尺フィン３４の先端と大径部３２の第２外周面４２との隙間の近傍に縮流が生成され、大径部３２の第２外周面４２と短尺フィン３４の先端との隙間からの蒸気Ｓの漏えいが抑制される。このとき、短尺フィン３４より上流側におけるラビリンスシー

ル35の内径が大きく設定されることから、蒸気Sがラビリンスシール35の内周面に接触しにくくなって渦流の形成を阻害することがなく、大径部32の第2外周面42と短尺フィン34の先端との隙間からの蒸気Sの漏えいを適切に抑制することができる。その結果、ケーシング11とロータ12との間で各フィン33、34により囲まれる第1キャビティ55(61, 65)の形状を最適化することでシール性能の向上を図ることができる。

[0051] 本実施形態の回転機械では、ラビリンスシール35の内周部で長尺フィン33と短尺フィン34との間に凹部形状をなすキャビティ55(61, 65)を設け、短尺フィン34より蒸気Sの軸方向流れの上流側における第1キャビティ55(61, 65)の径方向長さを、短尺フィン34より蒸気Sの軸方向流れの下流側における第2キャビティ56の径方向長さより大きくしている。従って、第1キャビティ55(61, 65)内を径方向の外側に流れる蒸気Sが第1キャビティ55(61, 65)の第1底面57に接触しにくくなって適切に渦流を形成することができ、大径部32の第2外周面42と短尺フィン34の先端との隙間からの蒸気Sの漏えいを適切に抑制することができる。

[0052] 本実施形態の回転機械の第1変形例では、第1キャビティ61を軸方向に沿う湾曲形状としている。従って、第1キャビティ61内を径方向の外側に流れる蒸気Sが湾曲形状をなす第1キャビティ61の第1湾曲底面62に沿って流れることで、渦流を適切に形成することができる。

[0053] 本実施形態の回転機械では、第1キャビティ55(61, 65)の径方向長さと第2キャビティ56の径方向長さとの差の径方向長さを、第1キャビティ55(61, 65)の軸方向長さの $1/3$ から2の範囲に設定している。また、好ましくは、第1キャビティ55(61, 65)の径方向長さと第2キャビティ56の径方向長さとの差の径方向長さを、第1キャビティ55(61, 65)の軸方向長さの $1/3$ から $2/3$ の範囲に設定する。従って、第1キャビティ55(61, 65)を流れる蒸気Sにより渦流を適切に形成することができる。

- [0054] 本実施形態の回転機械では、第1キャビティ55（61，65）の径方向長さで大径部32の径方向長さの合計値に対する第1キャビティ55（61，65）の径方向長さの割合を、 $1/2$ より大きく設定している。従って、第1キャビティ55（61，65）を流れる蒸気Sにより渦流を適切に形成することができる。
- [0055] また、本実施形態の回転機械にあっては、中空形状をなすケーシング11と、動翼14が固定されてケーシング11内に回転自在に支持されるロータ12と、ケーシング11とロータ12における軸方向の端部との間に配置されるシール装置16とを備えている。
- [0056] 従って、ケーシング11に対してロータ12が回転するとき、両者の間に流れる蒸気Sは、小径部31の第1外周面41と長尺フィン33の先端との隙間を通過して低圧側Lに流れ、大径部32の第1壁面43に衝突して径方向の外側に流れる。この径方向の外側に流れる蒸気Sは、大径部32の第2外周面42から剥離するときに渦流を形成するため、短尺フィン34の先端と大径部32の第2外周面42との隙間の近傍に縮流が生成され、大径部32の第2外周面42と短尺フィン34の先端との隙間からの蒸気Sの漏えいが抑制される。このとき、短尺フィン34より上流側におけるラビリンスシール35の内径が大きく設定されることから、蒸気Sがラビリンスシール35の内周面に接触しにくくなって渦流の形成を阻害することがなく、大径部32の第2外周面42と短尺フィン34の先端との隙間からの蒸気Sの漏えいを適切に抑制することができる。その結果、ケーシング11とロータ12との間で各フィン33，34により囲まれる第1キャビティ55（61，65）の形状を最適化することでシール性能の向上を図ることができる。
- [0057] なお、上述した実施形態では、ケーシング11の内周部にラビリンスシール35を固定し、ラビリンスシール35の内周部に長尺フィン33及び短尺フィン34と第1キャビティ55（61，65）及び第2キャビティ56を一体に設けたが、この構成に限定されるものではない。例えば、ラビリンスシール35の内周部に長尺フィン33及び短尺フィン34を別部材として設

けてもよい。また、ケーシング１１の内周部に長尺フィン３３及び短尺フィン３４を固定すると共に、第１キャビティ５５（６１，６５）及び第２キャビティ５６を形成してもよい。

[0058] また、上述した実施形態では、ケーシング１１の内周部に固定されたラビリンスシール３５に３個の長尺フィン３３と２個の短尺フィン３４を設けたが、その数はロータ１２の径やシールする軸方向の距離に応じて適宜設定すればよいものである。

[0059] また、上述した実施形態では、本発明の回転機械を蒸気タービン１０とし、ロータ１２とケーシング１１との間にシール装置１６を設けたが、この構成に限定されるものではない。例えば、シール装置をロータ１２と静翼１３との間に設けたり、ケーシング１１と動翼１４との間に設けたりしてもよい。

[0060] また、上述した実施形態では、本発明の回転機械を蒸気タービン１０に適用し、ケーシング１１とロータ１２の軸端部に配置されるシール装置１６として説明したが、本実施形態で説明した蒸気タービン１０に限定されるものではない。例えば、高圧タービンと中圧タービンと低圧タービンとを備える蒸気タービンの場合、本発明のシール装置を各タービンの間に配置されるシール装置に適用してもよい。また、本発明のシール装置は、蒸気タービンに限らず、圧縮機や排気タービンなど、作動時に内部の圧力が外部の圧力より高くなる回転機械に適用してもよい。

符号の説明

- [0061] １０ 蒸気タービン
 １１ ケーシング（静止体）
 １２ ロータ（回転体、回転軸）
 １３ 静翼
 １４ 動翼
 １５ 軸受
 １６ シール装置

- 3 1 小径部
- 3 2 大径部
- 3 3 長尺フィン
- 3 4 短尺フィン
- 3 5 ラビリンスシール
- 4 1 第1 外周面
- 4 2 第2 外周面
- 4 3 第1 壁面
- 4 4 第2 壁面
- 5 1, 5 3 第1 シール面
- 5 2, 5 4 第2 シール面
- 5 5, 6 1, 6 5 第1 キャビティ
- 5 6 第2 キャビティ
- 5 7, 6 6 第1 底面
- 5 8 第2 底面
- 6 2 第1 湾曲底面
- 6 7 第1 湾曲面

請求の範囲

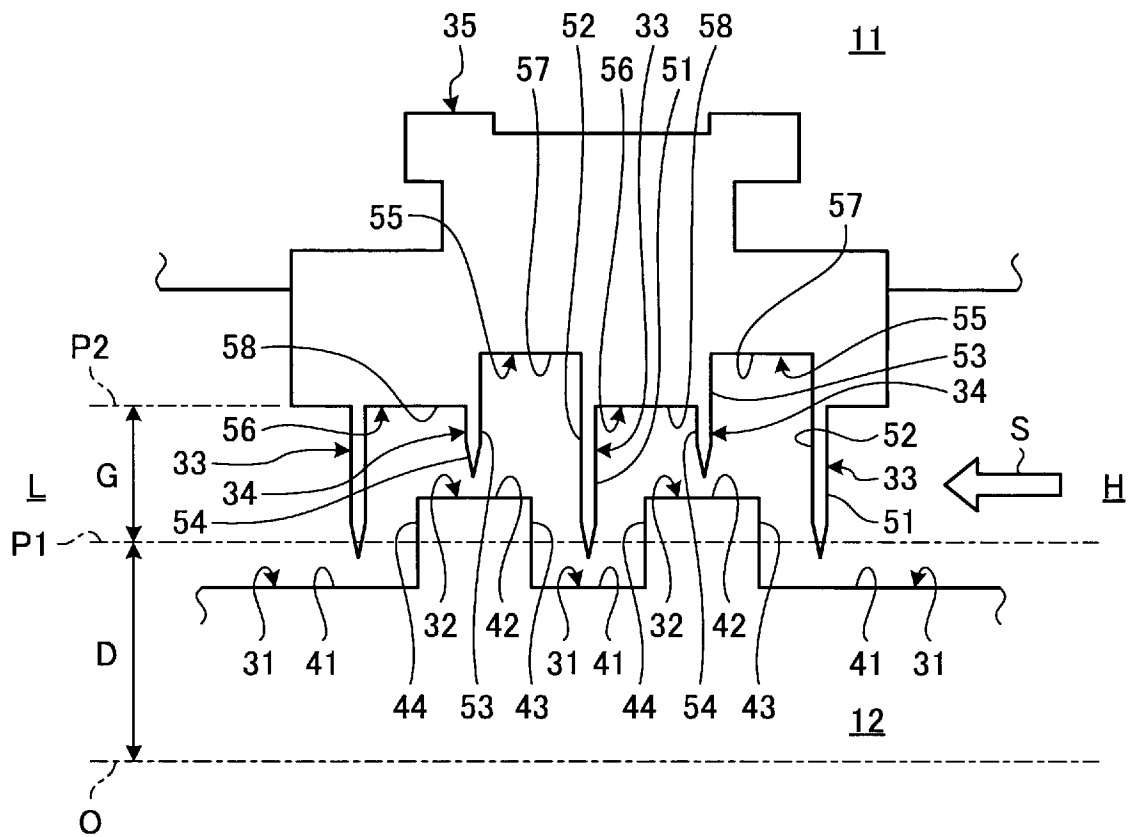
- [請求項1] 回転体と静止体との間に流体の軸方向流れを抑制するシール装置が配置される回転機械において、
- 前記回転体の外周部に軸方向に交互に設けられる小径部及び大径部と、
- 前記シール装置の内周部に軸方向に所定間隔をあけて交互に設けられて前記小径部の径方向に対向する長尺フィン及び前記大径部の径方向に対向する短尺フィンと、
- を備え、
- 前記短尺フィンより流体の軸方向流れの上流側における前記シール装置の内径が、前記短尺フィンより流体の軸方向流れの下流側における前記シール装置の内径より大きく設定される、
- ことを特徴とする回転機械。
- [請求項2] 前記シール装置の内周部で前記長尺フィンと前記短尺フィンとの間に凹部形状をなすキャビティが設けられ、前記短尺フィンより流体の軸方向流れの上流側における第1キャビティの径方向長さが、前記短尺フィンより流体の軸方向流れの下流側における第2キャビティの径方向長さより大きいことを特徴とする請求項1に記載の回転機械。
- [請求項3] 前記第1キャビティは、軸方向に沿う湾曲形状をなすことを特徴とする請求項2に記載の回転機械。
- [請求項4] 前記第1キャビティの径方向長さ D_1 と前記第2キャビティの径方向長さ D_2 との差の径方向長さ D_a は、
- $$W \cdot (1/3) < D_a < W \cdot 2$$
- に設定されることを特徴とする請求項2または請求項3に記載の回転機械。
- [請求項5] 前記第1キャビティの径方向長さ D_1 と前記第2キャビティの径方向長さ D_2 との差の径方向長さ D_a は、
- $$W \cdot (1/3) < D_a < W \cdot (2/3)$$

に設定されることを特徴とする請求項 2 または請求項 3 に記載の回転機械。

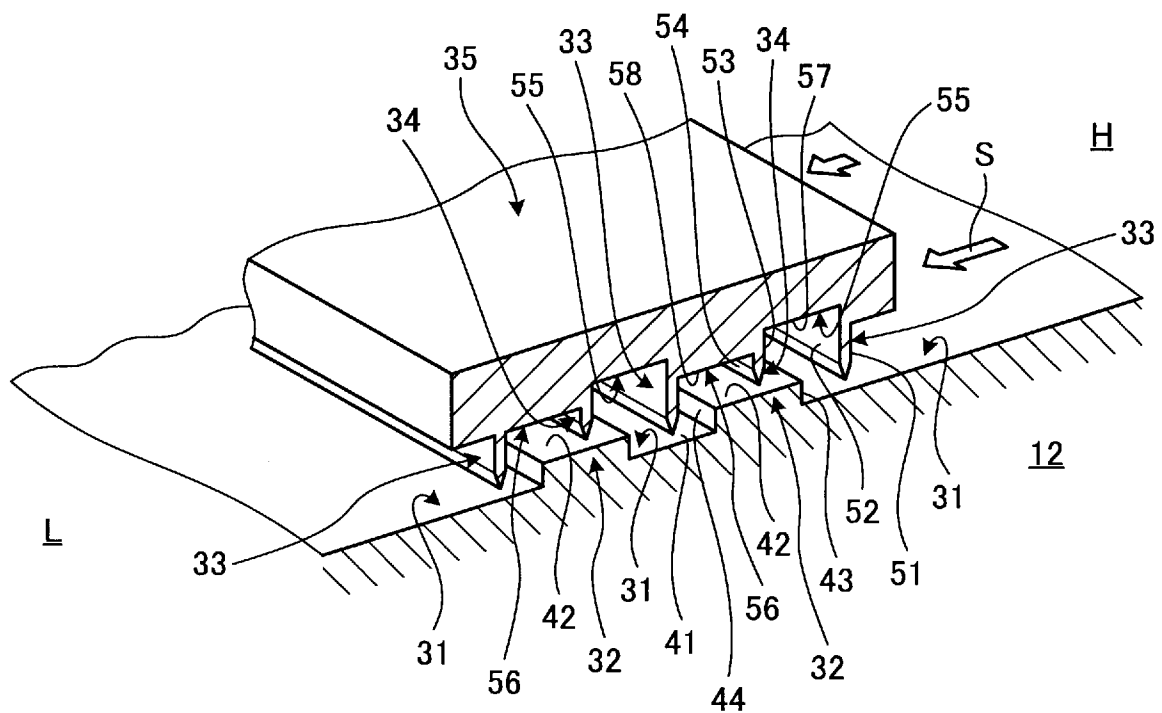
[請求項 6] 前記第 1 キャビティの径方向長さ D_1 と前記大径部の径方向長さ D_3 の合計値に対する前記第 1 キャビティの径方向長さ D_1 の割合は、
$$D_1 / (D_1 + D_3) > 1 / 2$$

に設定されることを特徴とする請求項 2 から請求項 5 のいずれか一項に記載の回転機械。

[図1]



[図2]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/043062

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. F16J15/447 (2006.01) i, F16D11/02 (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)

Int. Cl. F16J15/447, F16D11/02

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 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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	WO 2014/077058 A1 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES	1-2, 4-6
Y	COMPRESSOR CORPORATION) 22 May 2014, paragraphs [0051]-[0054], fig. 11 & US 2015/0260294 A1, paragraphs [0089]-[0093], fig. 11	3
Y	JP 2017-145813 A (MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS, LTD.) 24 August 2017, paragraph [0046], fig. 5 & CN 108603412 A	3
A	WO 2016/121259 A1 (MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS, LTD.) 04 August 2016, fig. 3 & US 2018/0016928 A1, fig. 3	1-6
A	JP 59-192803 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 01 November 1984, fig. 4 (Family: none)	1-6



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
28.12.2018

Date of mailing of the international search report
15.01.2019

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/043062

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 22737/1982 (Laid-open No. 127258/1983) (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 29 August 1983, fig. 1 (e) (Family: none)	1-6
A	WO 2017/209018 A1 (KOBE STEEL, LTD.) 07 December 2017, fig. 15 & JP 2017-214984 A	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F16J15/447(2006.01)i, F16D11/02(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. F16J15/447, F16D11/02

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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 Y	WO 2014/077058 A1（三菱重工コンプレッサ株式会社）2014.05.22, 段落[0051]-[0054]、図11 & US 2015/0260294 A1, 段落[0089]-[0093]、Fig. 11	1-2、4-6 3
Y	JP 2017-145813 A（三菱日立パワーシステムズ株式会社） 2017.08.24, 段落[0046]、図5 & CN 108603412 A	3

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
「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

28.12.2018

国際調査報告の発送日

15.01.2019

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）

竹村 秀康

3W

7869

電話番号 03-3581-1101 内線 3367

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	WO 2016/121259 A1 (三菱日立パワーシステムズ株式会社) 2016.08.04, 図 3 & US 2018/0016928 A1, Fig. 3	1-6
A	JP 59-192803 A (三菱重工業株式会社) 1984.11.01, 第 4 図 (ファミリーなし)	1-6
A	日本国実用新案登録出願 57-22737 号(日本国実用新案登録出願公開 58-127258 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマ イクロフィルム (三菱重工業株式会社) 1983.08.29, 第 1 図(e) (ファミリーなし)	1-6
A	WO 2017/209018 A1 (株式会社神戸製鋼所) 2017.12.07, 図 15 & JP 2017-214984 A	1-6