

(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
2016年12月8日(08.12.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/194677 A1

- (51) 国際特許分類:
F16J 15/453 (2006.01) *F01D 25/00* (2006.01)
F01D 11/02 (2006.01) *F02C 7/28* (2006.01)
F01D 11/16 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/065169
- (22) 国際出願日: 2016年5月23日(23.05.2016)
- (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 2015-112961 2015年6月3日(03.06.2015) 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: 桑村 祥弘(KUWAMURA, Yoshihiro); 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 大山 宏治(OYAMA, Hiroharu); 〒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). 田中 良典(TANAKA, Yoshinori); 〒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). 梶下

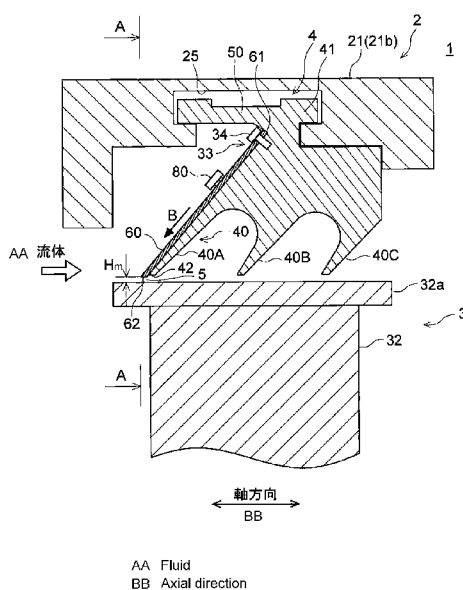
秀昭(SUGISHITA, Hideaki); 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 誠真 I P 特許業務法人(SEISHIN IP PATENT FIRM, P.C.); 〒1080073 東京都港区三田三丁目1番3号 三田43MTビル13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, 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, 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),

[続葉有]

(54) Title: SEALING DEVICE AND ROTATING MACHINE

(54) 発明の名称: シール装置および回転機械



(57) Abstract: A sealing device for minimizing leakage of a fluid flowing through an annular gap between a stationary member and a rotating member of a rotating machine comprises an annular fixed fin provided to the annular gap, and an annular movable fin provided axially adjacent to the fixed fin in the annular gap, the movable fin having a greater coefficient of thermal expansion than the fixed fin and being fixed to the fixed fin only in a fixing area on the proximal-end side of the movable fin.

(57) 要約: 回転機械の静止部材と回転部材との間の環状隙間を介した流体の漏れ流れを抑制するためのシール装置は、前記環状隙間に設けられる環状の固定フィンと、前記環状隙間内において前記固定フィンに対して軸方向に隣接して設けられる環状の可動フィンと、を備え、前記可動フィン、前記固定フィンよりも熱膨張係数が大きく、前記可動フィンの基端側の固定領域のみにおいて前記固定フィンに固定されている。

WO 2016/194677 A1

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))

明 細 書

発明の名称： シール装置および回転機械

技術分野

[0001] 本開示は、シール装置および回転機械に関する。

背景技術

[0002] 従来から、回転機械の静止部材と回転部材との間の環状隙間を介した流体の漏れ流れを抑制するためのシール装置が知られている。

[0003] この種のシール装置は、漏れ流れ低減の観点からは、回転機械の運転時におけるシール間隙は小さい方が望ましいとされる。一方、回転機械の起動時には、回転機械は、定常状態に到達前の過渡的状态として、回転機械の回転軸の振動や回転部材と静止部材との伸び差に起因して、一時的にシール間隙が最小となる状態（いわゆるピンチポイント）を経験することになる。よって、回転機械の運転時におけるシール間隙は小さすぎると、ピンチポイント通過時に回転部材又は静止部材とシール装置の接触が生じてしまう可能性がある。

[0004] そこで、シール間隙の大きさを調節可能なシール装置（自動調整シール）が提案されている。

[0005] 例えば、特許文献1には、蒸気タービン等の回転機械に用いられる自動調整シールが開示されている。

特許文献1に記載の自動調整シールは、水平の平坦面からなる合わせ面において互いに当接可能な固定シールリングと可動シールリングとを含んでいる。可動シールリングは、回転機械のロータの上方及び下方において、それぞれ、ロータの外周面に沿って120度の角度範囲に亘って設けられる。一方、固定シールリングは、ロータの左右両側において、ロータの外周面に亘って60度の角度範囲に設けられる。可動シールリングは、固定シールリングから遠ざかる方向に弾性体によって付勢されている。回転機械の定格運転時には、可動シールリングは、流体によって固定シールリングに向かって押

圧され、シール間隙が減少するようになっている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2000-97350号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、特許文献1に記載の自動調整シールは、固定シールリング、可動シールリングおよび弾性体（付勢部材）を備えた大掛かりな装置構成であるため、適用可能な箇所が限定される。

[0008] 上述の諸事靖に鑑みて、本発明の少なくとも一実施形態の目的は、簡素な装置構成にてシール間隙を調節可能なシール装置およびこれを備えた回転機械を提供することである。

課題を解決するための手段

[0009] （1）本発明の少なくとも幾つかの実施形態に係るシール装置は、
回転機械の静止部材と回転部材との間の環状隙間を介した流体の漏れ流れを抑制するためのシール装置であって、
前記環状隙間に設けられる環状の固定フィンと、
前記環状隙間内において前記固定フィンに対して軸方向に隣接して設けられる環状の可動フィンと、を備え、
前記可動フィンは、
前記固定フィンよりも熱膨張係数が大きく、
前記可動フィンの基端側の固定領域において前記固定フィンに固定されている。

[0010] （2）一実施形態では、上記（1）の構成において、
前記可動フィンは、該可動フィンの基端側の前記固定領域のみにおいて前記固定フィンに固定されている。

[0011] 上記（1）又は（2）の構成では、静止部材と回転部材との間の環状隙間

内において固定フィンに対して軸方向に隣接して可動フィンが設けられ、且つ、可動フィンの基端側の固定領域（上記（２）の構成においては固定領域のみ）が固定フィンに固定される。

このため、回転機械の運転時にシール装置が高温の流体に曝されると、可動フィンは基端側の固定領域を起点として先端側が熱伸びする。この際、固定フィンよりも可動フィンの熱膨張係数が大きいため、可動フィンの先端側の熱伸び量は固定フィンの先端側の熱伸び量よりも大きい。よって、シール装置の可動フィンの先端と回転機械の静止部材又は回転部材との間のクリアランス H_m は、回転機械の停止時に比べて小さくなり、当該クリアランス H_m を介した流体の漏れ流れを抑制できる。

[0012] （３）幾つかの実施形態では、上記（１）又は（２）の構成において、

前記可動フィンは、周方向に配列される複数のセグメントを含み、

各々の前記セグメントは、前記固定フィンに固定される前記固定領域を先端側に有する。

[0013] 上記（３）の構成によれば、可動フィンが周方向において複数のセグメントに分割されているため、各セグメントの熱伸び変形に対する拘束力が弱まり、回転機械の運転時において可動フィンの各セグメントの熱伸びを利用してクリアランス H_m をさらに低減できる。これにより、クリアランス H_m を介した流体の漏れ流れを効果的に抑制できる。

[0014] （４）幾つかの実施形態では、上記（３）の構成において、

前記固定領域は、前記セグメントの基端側の周方向範囲における一部の範囲であり、

前記可動フィンの各々の前記セグメントは、前記固定領域を起点とした径方向および周方向の熱伸びが許容されている。

[0015] 上記（４）の構成によれば、固定フィンに固定される可動フィンの各セグメントの固定領域は、各セグメントの基端側の一部の範囲であるため、当該固定領域を起点として各セグメントは径方向だけでなく周方向にも熱伸びが許容される。よって、回転機械の起動時に各セグメントが熱伸び変形する際

、隣接するセグメント間の拘束をより一層弱めることができる。よって、回転機械の運転時において可動フィンの各セグメントの熱伸びを利用してクリアランス H_m をより一層低減できる。これにより、クリアランス H_m を介した流体の漏れ流れを効果的に抑制できる。

[0016] (5) 幾つかの実施形態では、上記(4)の構成において、

前記固定領域は、前記セグメントの基端側の前記周方向範囲のうち、周方向における中央に位置する。

[0017] 上記(5)の構成によれば、各セグメントの固定領域(固定フィンに固定される領域)を各セグメントの周方向における中央に設けたので、各セグメントの前記固定領域の両側における領域は固定フィンに拘束されない。よって、回転機械の運転時において可動フィンの各セグメントがより一層自由に熱伸び変形することができ、クリアランス H_m をより一層低減できる。これにより、クリアランス H_m を介した流体の漏れ流れをより効果的に抑制できる。

[0018] (6) 幾つかの実施形態では、上記(3)乃至(5)の何れかの構成において、

前記固定領域よりも前記可動フィンの先端側において前記固定フィンに取り付けられ、前記可動フィンの各々の前記セグメントの前記固定フィンからの浮き上がりを抑制するための拘束部材をさらに備える。

[0019] 上述のように、可動フィンの各セグメントの先端側は固定フィンに固定されていない。このため、可動フィンの先端側と固定フィンの先端側との間に流体が浸入し、可動フィンの各セグメントを固定フィンから浮き上がらせてしまう場合がある。

この点、上記(6)の構成によれば、固定領域よりも可動フィンの先端側において固定フィンに取り付けられる拘束部材を設けたので、可動フィンの各セグメントの固定フィンからの浮き上がりを抑制できる。

[0020] (7) 幾つかの実施形態では、上記(6)の構成において、

前記拘束部材は、

隣接する前記セグメント間において延在するように前記固定フィンに固

定された支柱部と、

前記支柱部の先端に設けられて、前記固定フィンとの間に前記セグメントが少なくとも部分的に挟まれるように、前記支柱部から周方向に延びる押さえ板部と、
を含む。

[0021] 上記（７）の構成によれば、隣接するセグメント間において固定フィンに固定される支柱部と、支柱部の先端に設けられる押さえ板部と、を含む拘束部材を用いることで、各セグメントの熱伸び変形に実質的に影響を及ぼすことなく、各セグメントの固定フィンから浮き上りを抑制できる。

[0022] （８）幾つかの実施形態では、上記（３）乃至（７）の何れかの構成において、

隣接する前記セグメント間には、少なくとも前記回転機械の停止時において、周方向間隙が形成される。

[0023] 上記（８）の構成によれば、隣接するセグメント間の拘束をより一層弱めることができる。よって、回転機械の運転時において可動フィンの各セグメントの熱伸びを利用してクリアランス H_m をより一層低減できる。これにより、クリアランス H_m を介した流体の漏れ流れをより効果的に抑制できる。

[0024] （９）幾つかの実施形態では、上記（３）乃至（８）の何れかの構成において、

前記可動フィンの前記セグメントは偶数個である。

[0025] 上記（９）の構成によれば、可動フィンのセグメントを偶数個としたので、半割構造の固定フィンの採用によってシール装置の組立作業を効率化できる。この場合、整数個の可動フィンのセグメントを組み付けた半環状の固定フィンを一対準備し、これらを回転機械に取り付けることでシール装置の組み立てが完了する。

[0026] （１０）幾つかの実施形態では、上記（１）乃至（９）の何れかの構成において、

前記可動フィンの先端厚さは、前記固定フィンの先端厚さよりも小さい。

[0027] 上述したように、可動フィンの熱膨張率は固定フィンよりも大きいため、回転機械の起動中において、過渡的に、可動フィンの熱伸びによってクリアランス H_m が過度に狭くなり得る。このため、回転機械の回転部材又は静止部材と可動フィンの先端部とが接触してしまう可能性がある。

この点、上記（１０）の構成によれば、可動フィンの先端厚さを固定フィンに比べて相対的に小さくしたので、回転機械の回転部材又は静止部材と可動フィンの先端部とが万が一接触した場合であっても、接触に起因した発熱や振動を抑制できる。一方、固定フィンの先端厚さを可動フィンに比べて相対的に大きくすることで、可動フィン及び固定フィンの軸方向両側における流体の圧力差に起因した固定フィン先端部の変形を抑制し、固定フィンの変形に伴う可動フィンの意図せぬ変位を抑制できる。

[0028] （１１）幾つかの実施形態では、上記（１）乃至（１０）の何れかの構成において、

前記回転機械の停止時において、前記静止部材又は前記回転部材と前記可動フィンとの間に形成されるクリアランスを H_{m1} とし、

前記回転機械の停止時において、前記静止部材又は前記回転部材と前記固定フィンとの間に形成されるクリアランスを H_{f1} とし、

前記回転機械の定格運転時において、前記静止部材又は前記回転部材と前記可動フィンとの間に形成されるクリアランスを H_{m2} とし、

前記回転機械の定格運転時において、前記静止部材又は前記回転部材と前記固定フィンとの間に形成されるクリアランスを H_{f2} としたとき、

$H_{m1} \geq H_{f1}$ 、且つ、 $H_{m2} < H_{f2}$ を満たす。

[0029] 上記（１１）の構成によれば、回転機械の停止時において、静止部材又は回転部材と可動フィンとの間に形成されるクリアランス H_{m1} は、静止部材又は回転部材と固定フィンとの間に形成されるクリアランス H_{f1} 以上であるため、回転機械が起動中に経験するピンチポイントにおいて静止部材又は回転部材と可動フィンとの接触の可能性を低減できる。

また、回転機械の定格運転時において、静止部材又は回転部材と可動フィ

ンとの間に形成されるクリアランス H_{m2} は、静止部材又は回転部材と固定フィンとの間に形成されるクリアランス H_{f2} よりも小さいため、当該クリアランス H_{m2} を介した流体の漏れ流れを抑制できる。

[0030] (12) 幾つかの実施形態では、上記(1)乃至(11)の何れかの構成において、

前記可動フィンは、前記固定フィンからみて高圧側に設けられる。

[0031] 上記(12)の構成によれば、回転機械の運転時、可動フィンは高圧の流体によって固定フィン側に押し付けられるため、可動フィンの固定フィンからの浮き上がりを抑制できる。

[0032] (13) 幾つかの実施形態では、上記(12)の構成において、

前記静止部材又は前記回転部材に形成された溝に嵌合するとともに、軸方向に並ぶ複数の前記固定フィンを先端側に有するシールリングをさらに備え、

前記可動フィンは、少なくとも、前記漏れ流れの最上流側に位置する前記固定フィンからみて高圧側に設けられる。

[0033] 上記(13)の構成によれば、多段の固定フィンを有するシールリングに対して、最上流側の固定フィンからみて高圧側に可動フィンを取り付けることで、多段の固定フィンを有するシール装置においても、流体の圧力を利用して可動フィンの固定フィンからの浮き上がりを抑制することができる。

なお、仮に多段の固定フィンを有するシール装置において、下流側の固定フィンからみて高圧側に可動フィンを取り付けようとする（すなわち隣接する固定フィン間に可動フィンを取り付けようとする）、可動フィンのコンパクト化が求められる。そうすると、可動フィンの長さ（可動フィンの基端部から先端部までの距離）が十分でないため可動フィンの熱伸び量を十分に得ることは難しいことがある。この場合、回転機械の運転時において、可動フィンの熱伸び変形を利用したクリアランス H_m の低減による漏れ流れ抑制効果が限定的になってしまう可能性がある。

[0034] (14) 幾つかの実施形態では、上記(12)又は(13)の構成において

、

前記回転機械の停止時において、前記可動フィンの先端部と前記固定フィンの先端部との間には隙間が形成されている。

[0035] 上記（１４）の構成によれば、回転機械の運転時において、高圧側に位置する可動フィンが流体によって固定フィンの高圧側の面に押圧され、可動フィンの先端部が変形する。このように、可動フィンの熱伸び変形に加えて、流体による固定フィン側への押し付け力に起因した可動フィンの変形を利用すれば、回転機械の運転時において、クリアランス H_m をより高い自由度で制御することが可能になる。よって、クリアランス H_m を介した漏れ流れをより適切に抑制することができる。

[0036] （１５）幾つかの実施形態では、上記（１）乃至（１４）の何れかの構成において、

前記固定フィン及び前記可動フィンは、先端側が基端側に対して高圧側に位置するように半径方向に対して斜めに延在している。

[0037] 上記（１５）の構成によれば、可動フィンの長さ（可動フィンの基端部から先端部までの距離）を十分に確保することができ、回転機械の運転時において、可動フィンの熱伸び変形を利用したクリアランス H_m の低減による漏れ流れの優れた抑制効果を享受できる。

[0038] （１６）幾つかの実施形態では、上記（１）乃至（１５）の何れかの構成において、

前記静止部材又は前記回転部材の一方に形成された溝に嵌合するとともに、少なくとも一つの前記固定フィンを先端側に有するシールリングをさらに備え、

前記可動フィンは、前記溝の軸方向範囲内に位置する該可動フィンの基端部から、前記溝の軸方向範囲外に位置する該可動フィンの先端部に向かって、半径方向に対して斜めに延在している。

[0039] 上記（１６）の構成によれば、静止部材又は回転部材の一方に形成された溝に嵌合するシールリングを備えており、可動フィンは、この溝の軸方向範

囲内から軸方向範囲外まで半径方向に対して斜めに延在している。そのため、可動フィンの長さ（可動フィンの基端部から先端部までの距離）を十分に確保することができ、回転機械の運転時において、可動フィンの熱伸び変形を利用したクリアランス H_m の低減による漏れ流れの優れた抑制効果を享受できる。

[0040] (17) 幾つかの実施形態では、上記(16)の構成において、

前記可動フィンは、少なくとも前記可動フィンの前記基端部が前記溝内に存在するように配置される。

[0041] 上記(17)の構成によれば、可動フィンの基端部が溝内に位置することから、可動フィンの長さをより一層大きくすることができ、回転機械の運転時において、可動フィンの熱伸び変形を利用したクリアランス H_m の低減による漏れ流れの優れた抑制効果を享受できる。

[0042] (18) 幾つかの実施形態では、上記(1)乃至(17)の何れかの構成において、

前記固定フィン及び前記可動フィンは、前記回転機械の軸方向断面内において湾曲している。

[0043] 上記(18)の構成によれば、可動フィンの長さ（可動フィンの基端部から先端部までの距離）を十分に確保することができ、回転機械の運転時において、可動フィンの熱伸び変形を利用したクリアランス H_m の低減による漏れ流れの優れた抑制効果を享受できる。

[0044] (19) 幾つかの実施形態では、上記(18)の構成において、

前記固定フィンの前記可動フィン側の表面の前記軸方向断面内における接線方向は、

前記固定フィンの基端側において前記接線方向が半径方向に対してなす角度を θ_{f1} とし、

前記固定フィンの先端側において前記接線方向が半径方向に対してなす角度を θ_{f2} としたとき、

$\theta_{f1} > \theta_{f2}$ の関係式を満たし、

前記可動フィン、前記固定フィンに沿って湾曲している。

[0045] 上記（１９）の構成によれば、固定フィンに沿って湾曲する可動フィンについても、基端側に比べて先端側の方が、可動フィン接線方向が半径方向に対してなす角度が小さくなる。すなわち、可動フィンは、基端側に比べて先端側の方が相対的に半径方向に沿っている。このため、可動フィンの先端側の熱伸び変形量に対するクリアランス H_m の変化量の比を増大させることができ、回転機械の運転時において、可動フィンの熱伸び変形を利用したクリアランス H_m の低減による漏れ流れのより優れた抑制効果を享受できる。

[0046] （２０）本発明の少なくとも幾つかの実施形態に係るシール装置は、

回転機械の静止部材と回転部材との間の環状隙間を介した流体の漏れを抑制するためのシール装置であって、

前記環状隙間に設けられる環状の固定フィンと、

前記環状隙間内において前記固定フィンに対して軸方向に隣接して設けられる環状の可動フィンと、を備え、

前記回転機械の停止時において、前記静止部材又は前記回転部材と前記可動フィンとの間に形成されるクリアランスを H_{m1} とし、

前記回転機械の停止時において、前記静止部材又は前記回転部材と前記固定フィンとの間に形成されるクリアランスを H_{f1} とし、

前記回転機械の定格運転時において、前記静止部材又は前記回転部材と前記可動フィンとの間に形成されるクリアランスを H_{m2} とし、

前記回転機械の定格運転時において、前記静止部材又は前記回転部材と前記固定フィンとの間に形成されるクリアランスを H_{f2} としたとき、

$H_{m1} \geq H_{f1}$ 、且つ、 $H_{m2} < H_{f2}$ を満たす。

[0047] 上記（２０）の構成によれば、回転機械の運転時において、静止部材又は回転部材と可動フィンとの間に形成されるクリアランス H_{m1} は、静止部材又は回転部材と固定フィンとの間に形成されるクリアランス H_{f1} 以上であるため、回転機械が起動中に経験するピンチポイントにおいて静止部材又は回転部材と可動フィンとの接触の可能性を低減できる。

また、回転機械の定格運転時において、静止部材又は回転部材と可動フィンとの間に形成されるクリアランス H_{m2} は、静止部材又は回転部材と固定フィンフィンとの間に形成されるクリアランス H_{f2} よりも小さいため、当該クリアランス H_{m2} を介した流体の漏れ流れを抑制できる。

- [0048] (21) 本発明の少なくとも幾つかの実施形態に係る回転機械は、
静止部材と、
前記静止部材に対して対向して設けられる回転部材と、
前記静止部材と前記回転部材との間の環状隙間に設けられる請求項1乃至19の何れか一項に記載のシール装置と、を備える。

- [0049] 上記(21)の構成によれば、上記(1)乃至(20)の何れかの構成のシール装置を備えているので、シール装置の可動フィンの先端と回転機械の静止部材又は回転部材との間のクリアランス H_m は、回転機械の運転時の方が回転機械の停止時に比べて小さくなり、当該クリアランス H_m を介した流体の漏れ流れを抑制でき、よって、回転機械の効率を向上できる。

発明の効果

- [0050] 本発明の少なくとも一実施形態によれば、回転機械の運転時において、シール装置の可動フィンの先端と回転機械の静止部材又は回転部材との間のクリアランス H_m が、回転機械の停止時に比べて小さくなるので、当該クリアランス H_m を介した流体の漏れ流れを抑制できる。

図面の簡単な説明

- [0051] [図1]一実施形態に係る回転機械（蒸気タービン）を概略的に示した図である。

[図2]一実施形態に係るシール装置の軸方向に沿った部分断面図である。

[図3]一実施形態における固定フィン及び可動フィンを部分的に示す斜視図（一部断面）である。

[図4]一実施形態における可動フィンを示す平面図（図2のA方向矢視図）である。

[図5A]一実施形態に係るシール装置において、回転機械の停止時における固

定フィン及び可動フィンの先端領域を示す断面図である。

[図5B]一実施形態に係るシール装置において、回転機械の定格運転時における固定フィン及び可動フィンの先端領域を示す断面図である。

[図6A]拘束部材及びその周辺構造の構成例を示す断面図（図4のE－E線断面に対応）である。

[図6B]拘束部材及びその周辺構造の構成例を示す断面図（図6AのF－F線断面に対応）である。

[図7]可動フィンのセグメントの他の構成例を示す平面図である。

[図8A]他の実施形態に係るシール装置において、回転機械の停止時における固定フィン及び可動フィンの先端領域を示す断面図である。

[図8B]他の実施形態に係るシール装置において、回転機械の定格運転時における固定フィン及び可動フィンの先端領域を示す断面図である。

[図9]さらに他の実施形態に係るシール装置の固定フィン及び可動フィンの先端領域を示す断面図である。

[図10A]一実施形態に係るシール装置の適用部位を模式的に示した図である。

[図10B]他の実施形態に係るシール装置の適用部位を模式的に示した図である。

[図10C]さらに他の実施形態に係るシール装置の適用部位を模式的に示した図である。

[図10D]さらに他の実施形態に係るシール装置の適用部位を模式的に示した図である。

発明を実施するための形態

[0052] 以下、添付図面を参照して本発明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、本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。

[0053] 最初に、本実施形態に係る回転機械1の一例として、図1に示す蒸気タービンについて説明する。なお、図1は、一実施形態に係る回転機械（蒸気タ

ービン) 1 を概略的に示した図である。

[0054] 図 1 に示すように、一実施形態に係る蒸気タービン 1 は、ケーシング 2 1 及び静翼 2 4 を含む静止部材 2 と、ロータ (回転軸) 3 1 及び動翼 3 2 を含む回転部材 3 と、静止部材 2 と回転部材 3 との間の環状隙間 5 (図 2 参照) に設けられるシール装置 4 と、を備えている。

[0055] 具体的には、ケーシング 2 1 は、内部空間が気密に封止されているとともに、蒸気 S (流体) が流れる蒸気通路 2 3 を形成する。図示される例では、ケーシング 2 1 は、中空形状をなし、複数の静翼 2 4 及び複数の動翼 3 2 を囲むように配置された円筒部 2 1 a と、円筒部 2 1 a の内壁面に固定され、一对の静翼 2 4 及び動翼 3 2 ごとにそれぞれ設けられた複数の環状部 2 1 b と、を含む。ケーシング 2 1 の円筒部 2 1 a の一端側には蒸気入口 2 2 が設けられ、他端側には蒸気出口 2 6 が設けられている。蒸気入口 2 2 には、蒸気通路 2 3 を開閉するための調整弁 2 2 a が取り付けられている。

ロータ 3 1 は、ケーシング 2 1 の内部を貫通するように配置され、軸線 O を中心として回転可能に軸受 6, 7 に支持されている。このロータ 3 1 には、ケーシング 2 1 の内部において、外周部にロータディスク 3 3 を介して動翼 3 2 が固定されている。動翼 3 2 は、ロータ 3 1 の軸方向 (軸線 O の方向) に所定間隔で複数段にわたって設けられている。各々の動翼 3 2 の外形側 (チップ側) には、周方向に延在したチップシュラウド 3 2 a が設けられている。チップシュラウド 3 2 a は、ケーシング 2 1 の環状部 2 1 b に対向するように位置している。一方、ケーシング 2 1 側には、複数段の動翼 3 2 に対して軸方向に交互に配列されるように、複数段の静翼 2 4 が固定されている。各々の静翼 2 4 の内径側 (ハブ側) には、周方向に延在したハブシュラウド 2 4 a が設けられている。ハブシュラウド 2 4 a は、ロータ 3 1 の外周面に対向するように位置している。

また、ケーシング 2 1 の内部には、動翼 3 2 及び静翼 2 4 が配設される通路に蒸気通路 2 3 が形成されており、この蒸気通路 2 3 が蒸気入口 2 2 及び蒸気出口 2 6 に連通している。

[0056] 上記構成を有する蒸気タービン 1 においては、蒸気が蒸気入口 2 2 から蒸気通路 2 3 に供給されると、蒸気通路 2 3 において軸方向に沿って流れる蒸気が動翼 3 2 及び静翼 2 4 を通過することによってロータ 3 1 が回転し、ロータ 3 1 に与えられた回転エネルギーが軸端から取り出されて発電等に利用されるようになっている。

[0057] 次に、図 1 乃至図 4 を参照して、シール装置 4 について説明する。なお、図 2 は、一実施形態に係るシール装置 4 の軸方向に沿った部分断面図であり、図 1 の E 部分を拡大した図である。図 3 は、一実施形態における固定フィン 4 0 及び可動フィン 6 0 を部分的に示す斜視図（一部断面）である。図 4 は、一実施形態における可動フィン 6 0 を示す平面図（図 2 の A 方向矢視図）である。図 4 において矢印 D は、ロータ 3 1 の回転方向を示している。

[0058] 図 1 乃至図 4 に示すように、シール装置 4 は、静止部材 2 と回転部材 3 との間の環状隙間 5 を介した高圧側から低圧側への流体（作動流体）の漏れ流れを抑制する目的で設けられる。

これらの図では、一例として、静止部材 2（例えばケーシング 2 1）にシール装置 4 が取り付けられた構成を示している。具体的には、シール装置 4 は、動翼 3 2 のチップシュラウド 3 2 a に対向するように、ケーシング 2 1 の環状部 2 1 b の内壁面に取り付けられている。なお、後述するように、シール装置 4 は、回転部材 3（例えばロータ 3 1）に取り付けられてもよい。

[0059] 一実施形態において、シール装置 4 は、環状隙間 5 に設けられる環状の固定フィン 4 0 と、環状隙間 5 内において固定フィン 4 0 に対して軸方向に隣接して設けられる環状の可動フィン 6 0 と、を備える。

[0060] 固定フィン 4 0 は、環状隙間 5 において静止部材 2 に取り付けられている。例えば、固定フィン 4 0 は、静止部材 2（図示される例ではケーシング 2 1 の環状部 2 1 b）に対して溶接又はボルト締結等によって固定されてもよいし、静止部材 2 に嵌合することによって固定されてもよい。また、固定フィン 4 0 は、外周側（ケーシング 2 1 側）に位置する基端部 4 1 と、内周側（ロータ 3 1 側）に位置する先端部 4 2 とを有している。固定フィン 4 0 全

体としては、基端部 4 1 及び先端部 4 2 は環状をなしている。

[0061] 可動フィン 6 0 は、固定フィン 4 0 よりも熱膨張係数が大きい。例えば、可動フィン 6 0 は、固定フィン 4 0 よりも熱膨張係数が大きい材料で形成される。また、可動フィン 6 0 は、外周側（ケーシング 2 1 側）に位置する基端部 6 1 と、内周側（ロータ 3 1 側）に位置する先端部 6 2 とを有している。可動フィン 6 0 全体としては、基端部 6 1 及び先端部 6 2 は環状をなしている。そして、基端部 6 1 側の固定領域 6 3 のみにおいて、可動フィン 6 0 は固定フィン 4 0 に固定されている。図示される例では可動フィン 6 0 は、固定フィン 4 0 に対してボルト 6 4 によって締結されている。なお、可動フィン 6 0 の固定フィン 4 0 への固定構造については後述する。

[0062] ここで、図 5 A 及び図 5 B を参照して、可動フィン 6 0 の作用について説明する。

図 5 A は、一実施形態に係るシール装置 4 において、回転機械 1 の停止時における固定フィン 4 0 及び可動フィン 6 0 の先端領域を示す断面図である。図 5 B は、一実施形態に係るシール装置 4 において、回転機械 1 の定格運転時における固定フィン 4 0 及び可動フィン 6 0 の先端領域を示す断面図である。

[0063] 図 5 A に示すように、回転機械 1 の停止時、固定フィン 4 0 及び可動フィン 6 0 は熱膨張しておらず、例えば図示されるように、固定フィン 4 0 の先端部 4 2 と可動フィン 6 0 の先端部 6 2 とは径方向位置が概ね一致している。

図 5 B に示すように、回転機械 1 の運転時、シール装置 4 が高温の流体に曝されると、可動フィン 6 0 は基端部 6 1 側の固定領域 6 3 を起点として、図中矢印 B 方向に先端部 6 2 側が熱伸びする。この際、固定フィン 4 0 よりも可動フィン 6 0 の熱膨張係数が大きいため、可動フィン 6 0 の先端部 6 2 側の熱伸び量は固定フィン 4 0 の先端部 4 2 側の熱伸び量よりも大きくなる。そのため、シール装置 4 の可動フィン 6 0 の先端部 6 2 と回転部材 3 との間のクリアランス H_m は、図 5 A に示す回転機械 1 の停止時に比べて小さくな

り、当該クリアランス H_m を介した流体の漏れ流れを抑制できる。

[0064] 上記可動フィン60は、図2に示すように固定フィン40からみて高压側に設けられてもよい。図2に示す例では、可動フィン60は、固定フィン40の高压側の面に対して面接触して配置されている。なお、図2において、流体は左から右に向かって流れるので、シール装置4の左側が高压側となり、右側が低压側となる。

この構成により、回転機械1の運転時、可動フィン60は高压の流体によって固定フィン40側に押し付けられるため、可動フィン60の固定フィン40からの浮き上がりを抑制できる。

[0065] 上記固定フィン40及び可動フィン60は、図2、図3、図5A及び図5Bに示すように、固定フィン40の先端部42及び可動フィン60の先端部62側が、固定フィン40の基端部41及び可動フィン60の基端部61側に対して高压側に位置するように半径方向に対して斜めに延在していてもよい。図2、図3、図5A及び図5Bに示す例では、固定フィン40は、基端部41から先端部42にかけて直線状に形成されており、固定フィン40の先端部42が基端部41よりも高压側に位置するように、半径方向に対して傾斜している。同様に、可動フィン60は、基端部61から先端部62にかけて直線状に形成されており、可動フィン60の先端部62が基端部61よりも高压側に位置するように、半径方向に対して傾斜している。この場合、固定フィン40と可動フィン60の傾斜角度は概ね一致している。

この構成により、可動フィン60の長さ（可動フィン60の基端部61から先端部62までの距離）を十分に確保することができ、回転機械1の運転時において、可動フィン60の熱伸び変形を利用したクリアランス H_m の低減による漏れ流れの優れた抑制効果を享受できる。

なお、図示は省略するが、固定フィン40及び可動フィン60は、ロータ31の軸線Oに直交するように、半径方向に沿って延在していてもよい。

[0066] 一実施形態では、図2及び図3に示すように、固定フィン40が取り付けられる静止部材2には溝25が形成されている。

シール装置 4 は、静止部材 2 の溝 25 に嵌合するとともに、少なくとも一つの固定フィン 40 を先端側に有するシールリング 50 をさらに備える。

可動フィン 60 は、溝 25 の軸方向範囲内に位置する該可動フィン 60 の基端部 61 から、溝 25 の軸方向範囲外に位置する該可動フィン 60 の先端部 62 に向かって、半径方向に対して斜めに延在している。

これにより、可動フィン 60 の長さ（可動フィン 60 の基端部 61 から先端部 62 までの距離）を十分に確保することができ、回転機械 1 の運転時において、可動フィン 60 の熱伸び変形を利用したクリアランス H_m の低減による漏れ流れの優れた抑制効果を享受できる。

[0067] この場合、図 2 に示すように、可動フィン 60 は、少なくとも可動フィン 60 の基端部 61 が溝 25 内に存在するように配置されてもよい。

この構成によれば、可動フィン 60 の基端部 61 が溝 25 内に位置することから、可動フィン 60 の長さ（可動フィン 60 の基端部 61 から先端部 62 までの距離）をより一層大きくすることができる。

[0068] また、シールリング 50 が、軸方向に並ぶ複数の固定フィン 40A, 40B, 40C を先端側に有している場合、可動フィン 60 は、少なくとも、漏れ流れの最上流側に位置する固定フィン 40A からみて高圧側に設けられる。図 2 に示す例では、シールリング 50 は、その先端側に、流体の流れ方向において上流側から順に 3 つの固定フィン 40A, 40B, 40C を有している。これらの固定フィン 40A, 40B, 40C のうち、流体の流れ方向において最上流側に位置する固定フィン 40A の高圧側の面に、ボルト 34 によって可動フィン 60 が取り付けられる。なお、一つのシールリング 50 が有する固定フィン 40 の枚数は特に限定されるものではない。

[0069] この構成によれば、多段の固定フィン 40A, 40B, 40C を有するシールリング 50 に対して、最上流側の固定フィン 40 からみて高圧側に可動フィン 60 を取り付けることで、多段の固定フィン 40A, 40B, 40C を有するシール装置 4 においても、流体の圧力を利用して可動フィン 60 の固定フィン 40 からの浮き上がりを抑制することができる。

なお、仮に多段の固定フィン40A, 40B, 40Cを有するシール装置4において、下流側の固定フィン40Cからみて高圧側に可動フィン60を取り付けようとする（すなわち隣接する固定フィン40B, 40C間に可動フィン60を取り付けようとする）、可動フィン60のコンパクト化が求められる。そうすると、可動フィン60の長さ（可動フィン60の基端部61から先端部62までの距離）が十分でないため可動フィン60の熱伸び量を十分に得ることは難しいことがある。この場合、回転機械1の運転時において、可動フィン60の熱伸び変形を利用したクリアランス H_m の低減による漏れ流れ抑制効果が限定的になってしまう可能性がある。

[0070] 上記構成を備えるシール装置4において、固定フィン40及び可動フィン60は以下のように構成されてもよい。

図5Aに示すように、回転機械1の停止時において、回転部材3と可動フィン60との間に形成されるクリアランスを H_{m1} とし、回転部材3と固定フィン40との間に形成されるクリアランスを H_{f1} とする。また、図5Bに示すように、回転機械1の定格運転時において、回転部材3と可動フィン60との間に形成されるクリアランスを H_{m2} とし、回転部材3と固定フィン40との間に形成されるクリアランスを H_{f2} とする。

この場合、固定フィン40及び可動フィン60は、 $H_{m1} \geq H_{f1}$ 、且つ、 $H_{m2} < H_{f2}$ を満たすように構成される。

[0071] 一般的に、回転機械1の起動時には、回転機械1は、定常状態に到達前の過渡的状态として、回転機械1のロータ31の振動や回転部材3と静止部材2との伸び差に起因して、一時的に環状隙間5が最小となる状態（いわゆるピンチポイント）を経験する。このピンチポイントを通過した後の定格運転時には、ピンチポイントの状態よりも僅かに環状隙間5が広がる。そのため、回転機械1の運転時における環状隙間5は小さすぎると、ピンチポイント通過時に回転部材3とシール装置4（例えば可動フィン60の先端部62）の接触が生じてしまう可能性がある。

[0072] そこで、上記構成によれば、図5Aに示す回転機械1の停止時において、

回転部材 3 と可動フィン 60 との間に形成されるクリアランス H_{m1} が、回転部材 3 と固定フィン 40 との間に形成されるクリアランス H_{f1} 以上であるため、回転機械 1 が起動中に経験するピンチポイントにおいて回転部材 3 と可動フィン 60 との接触の可能性を低減できる。

また、図 5 B に示す回転機械 1 の定格運転時において、回転部材 3 と可動フィン 60 との間に形成されるクリアランス H_{m2} は、回転部材 3 と固定フィン 40 との間に形成されるクリアランス H_{f2} よりも小さいため、当該クリアランス H_{m2} を介した流体の漏れ流れを抑制できる。

[0073] 図 2 乃至図 4 に示すように、一実施形態では、可動フィン 60 は、周方向に配列される複数のセグメント 60A ~ 60H を含む。

複数のセグメント 60A ~ 60H は、偶数個であってもよい。これにより、半割構造の固定フィン 40 の採用によってシール装置 4 の組立作業を効率化できる。この場合、整数個のセグメント 60A ~ 60H を組み付けた半環状の固定フィン 40 を一対準備し、これらを回転機械 1 に取り付けることでシール装置 4 の組み立てが完了する。

[0074] 各々のセグメント 60A ~ 60H は、固定フィン 40 に固定される固定領域 63 を先端部 62 側に有している。図示される例では、可動フィン 60 は、固定領域 63 において一本のボルト 64 によって固定フィン 40 に固定されている。

この場合、固定領域 63 は、セグメント 60A ~ 60H の基端部 61 側の周方向範囲における一部の範囲であり、可動フィン 60 の各々のセグメント 60A ~ 60H は、固定領域 63 を起点とした径方向（図 2 乃至図 4 の矢印 B 方向）および周方向（図 3 及び図 4 の矢印 C 方向）の熱伸びが許容されていてもよい。

さらにこの場合、固定領域 63 は、セグメント 60A ~ 60H の基端部 61 側の周方向範囲のうち、周方向における中央に位置してもよい。

[0075] 上記構成によれば、可動フィン 60 が周方向において複数のセグメント 60A ~ 60H に分割されていることにより、各セグメント 60A ~ 60H の

熱伸び変形に対する拘束力が弱まり、回転機械 1 の運転時において各セグメント 60A～60H の熱伸びを利用してクリアランス H_m をさらに低減できる。これにより、クリアランス H_m を介した流体の漏れ流れを効果的に抑制できる。

[0076] また、固定フィン 40 に固定される可動フィン 60 の各セグメント 60A～60H の固定領域 63 を、各セグメント 60A～60H の基端部 61 側の一部の範囲とすることにより、当該固定領域 63 を起点として各セグメント 60A～60H は径方向（図 2 乃至図 4 の矢印 B 方向）だけでなく周方向（図 3 及び図 4 の矢印 C 方向）にも熱伸びが許容される。よって、回転機械 1 の起動時に各セグメント 60A～60H が熱伸び変形する際、隣接するセグメント 60A～60H 間の拘束をより一層弱めることができる。よって、回転機械 1 の運転時において可動フィン 60 の各セグメント 60A～60H の熱伸びを利用してクリアランス H_m をより一層低減できる。これにより、クリアランス H_m を介した流体の漏れ流れを効果的に抑制できる。

さらに、各セグメント 60A～60H の固定領域 63 を各セグメント 60A～60H の周方向における中央に設けることによって、各セグメント 60A～60H の固定領域 63 の周方向両側における領域は固定フィン 40 に拘束されない。よって、回転機械 1 の運転時において可動フィン 60 の各セグメント 60A～60H がより一層自由に熱伸び変形することができ、クリアランス H_m をより一層低減できる。これにより、クリアランス H_m を介した流体の漏れ流れをより効果的に抑制できる。

[0077] 一実施形態では、可動フィンの各々のセグメントの固定フィンからの浮き上がりを抑制するための拘束部材 80 をさらに備える。拘束部材 80 は、固定領域 63 よりも可動フィン 60 の先端部 62 側において固定フィン 40 に取り付けられる。

上述したように、可動フィン 60 の各セグメント 60A～60H の先端部 62 側は固定フィン 40 に固定されていない。このため、可動フィン 60 の先端部 62 側と固定フィン 40 の先端部 42 側との間に流体が浸入し、可動

フィン60の各セグメント60A~60Hを固定フィン40から浮き上がらせてしまう場合がある。

そこで、固定領域63よりも可動フィン60の先端部62側において固定フィン40に取り付けられる拘束部材80を設けることにより、可動フィン60の各セグメント60A~60Hの固定フィン40からの浮き上がりを抑制できる。

[0078] 具体的には、図6A及び図6Bに示すように、拘束部材80は、支柱部82と、押さえ板部81と、を含む。図6Aは、拘束部材80及びその周辺構造の構成例を示す断面図（図4のE-E線断面に対応）である。図6Bは、拘束部材80及びその周辺構造の構成例を示す断面図（図6AのF-F線断面に対応）である。なお、以下の説明では、適宜、図2乃至図4に示す符号を用いている。

支柱部82は、隣接するセグメント60A~60H（図4参照）間において延在するように固定フィン40に固定される。例えば、支柱部82のうち固定フィン40に取り付けられる部位に雄ねじ部を形成しておき、これに対応する固定フィン40の部位に雌ねじ部を形成しておき、これらを螺合することによって支柱部82を固定フィン40に固定してもよい。あるいは、固定フィン40に対して支柱部82を溶接することによって、支柱部82を固定フィン40に固定してもよい。

押さえ板部81は、支柱部82の先端に設けられた板状部材であって、固定フィン40との間にセグメント60A~60Hが少なくとも部分的に挟まれるように、支柱部82から周方向に延びている。

[0079] この構成によれば、隣接するセグメント60A~60H間において固定フィン40に固定される支柱部82と、支柱部82の先端に設けられる押さえ板部81と、を含む拘束部材80を用いることで、各セグメント60A~60Hの熱伸び変形に実質的に影響を及ぼすことなく、各セグメント60A~60Hの固定フィン40から浮き上りを抑制できる。

[0080] 隣接するセグメント60A~60H間には、少なくとも回転機械1の停止

時において、周方向間隙 65 が形成されていてもよい。周方向間隙 65 は、隣接するセグメント 60A～60H が互いに周方向に離間して配置されることによって形成され、径方向に延在している。図 4 に示す例では、回転機械 1 の停止時において、周方向間隙 65 は一定の間隙幅を有している。

このように、隣接するセグメント 60A～60H 間に周方向間隙 65 が形成されていることにより、隣接するセグメント 60A～60H 間の拘束をより一層弱めることができる。よって、回転機械 1 の運転時において可動フィン 60 の各セグメント 60A～60H の熱伸びを利用してクリアランス H_m をより一層低減できる。

[0081] 図 7 は可動フィン 60 のセグメント 60A～60H の他の構成例を示す平面図である。

他の構成例において、周方向間隙 65 は、径方向において一定の幅を有しなくてもよい。すなわち、同図に示す例では、周方向間隙 65 は、径方向の一部において間隙幅が他の部位より大きい幅広部 66 を有している。幅広部 66 は、拘束部材 80 の支柱部 82 が挿通される構成となっており、幅広部 66 以外の周方向間隙 65 は、支柱部 82 の径よりも小さく構成されている。また、幅広部 66 は径方向に一定の長さを有しており、この幅広部 66 の径方向の長さだけ、各セグメント 60A～60H は支柱部 82 に対して径方向にスライド移動可能となっている。

また、周方向間隙 65 は、可動フィン 60 の先端部 62 側において、基端部 61 側の周方向間隙 65 よりも間隙幅が狭い幅狭部 67 を有していてもよい。このように、可動フィン 60 の先端部 62 側の方が、可動フィン 60 の基端部 61 側よりも間隙幅を狭くすることによって、可動フィン 60 が熱膨張した状態において先端部 62 側の各セグメント 60A～60H 間の隙間がより狭まり、各セグメント 60A～60H 間の隙間から流体が漏れ出ることを阻止できる。また、可動フィン 60 の各々のセグメント 60A～60H は、基端部 61 側の長さの方が先端部 62 側の長さよりも長い。そのため、回転機械 1 の運転時、基端部 61 側の方が先端部 62 側よりも熱膨張量が大き

くなる。そこで、基端部 6 1 側の周方向間隙 6 5 を先端部 6 2 側の周方向間隙 6 5 よりも広くすることによって、可動フィン 6 0 の基端部 6 1 側の熱膨張を吸収できる。

[0082] 一実施形態では、図 5 A 及び図 5 B に示すように、可動フィン 6 0 の先端厚さは、固定フィン 4 0 の先端厚さよりも小さい。

例えば、図示されるように、可動フィン 6 0 は、径方向において略同一の厚さを有している。一方、固定フィン 4 0 は、基端部 4 1 側から先端部 4 2 側に向けて徐々に厚さが薄くなっている。そして、先端領域において、可動フィン 6 0 の厚さは固定フィン 4 0 の厚さよりも小さい。

あるいは、図示しないが、可動フィン 6 0 の先端領域において、基端部 6 1 側から先端部 6 2 側へ向けて徐々に厚さが小さくなるように構成されていてもよい。この場合も、先端領域において、可動フィン 6 0 の厚さは固定フィン 4 0 の厚さよりも小さい。

[0083] 上述したように、可動フィン 6 0 の熱膨張率は固定フィン 4 0 よりも大きいため、回転機械 1 の起動中において、過渡的に、可動フィン 6 0 の熱伸びによってクリアランス H_m が過度に狭くなり得る。このため、回転機械 1 の回転部材 3 と可動フィン 6 0 の先端部 6 2 とが接触してしまう可能性がある。

そのため、可動フィン 6 0 の先端厚さを固定フィン 4 0 に比べて相対的に小さくすることによって、回転機械 1 の回転部材 3 と可動フィン 6 0 の先端部 6 2 とが万が一接触した場合であっても、接触に起因した発熱や振動を抑制できる。一方、固定フィン 4 0 の先端厚さを可動フィン 6 0 に比べて相対的に大きくすることで、可動フィン 6 0 及び固定フィン 4 0 の軸方向両側における流体の圧力差に起因した固定フィン 4 0 の先端部 4 2 の変形を抑制し、固定フィン 4 0 の変形に伴う可動フィン 6 0 の意図せぬ変位を抑制できる。

[0084] 他の実施形態では、図 8 A 及び図 8 B に示すように、回転機械 1 の停止時において、可動フィン 6 0 の先端部 6 2 と固定フィン 4 0 の先端部 4 2 との間には隙間 9 0 が形成されている。なお、図 8 A は、他の実施形態に係るシ

ール装置において、回転機械の停止時における固定フィン及び可動フィンの先端領域を示す断面図である。図 8 B は、他の実施形態に係るシール装置において、回転機械の定格運転時における固定フィン及び可動フィンの先端領域を示す断面図である。

[0085] 図 8 A に示すように、回転機械 1 の停止時において、例えば可動フィン 60 は、基端部 61 側から先端部 62 側まで概ね一定の厚さを有している。一方、固定フィン 40 は、基端部 41（図 2 参照）と先端部 42 との間において、流体の流れ方向上流側（高圧側）へ突出するように少なくとも一部が湾曲している。あるいは、固定フィン 40 は、先端部 42 側に、可動フィン 60 から離れる方向に傾斜したテーパ面を有していてもよい。このようにして、回転機械 1 の停止時において、可動フィン 60 の先端部 62 と固定フィン 40 の先端部 42 との間に隙間 90 が形成される。

[0086] 図 8 B に示すように、回転機械 1 の定格運転時において、可動フィン 60 の先端部 62 は、高圧側に位置する可動フィン 60 が流体によって固定フィン 40 の高圧側の面に押圧され（すなわち図中矢印 G 方向に押圧される）、可動フィン 60 の先端部 62 側が変形する。このように、可動フィン 60 の熱伸び変形に加えて、流体による固定フィン 40 側への押し付け力に起因した可動フィン 60 の変形を利用すれば、回転機械 1 の運転時において、クリアランス H_m をより高い自由度で制御することが可能になる。よって、クリアランス H_m を介した漏れ流れをより適切に抑制することができる。

[0087] なお、図 8 A に示す回転機械 1 の停止時において、回転部材 3 と可動フィン 60 との間に形成されるクリアランスを H_{m1} とし、回転部材 3 と固定フィン 40 との間に形成されるクリアランスを H_{f1} とする。また、図 8 B に示す回転機械 1 の定格運転時において、回転部材 3 と可動フィン 60 との間に形成されるクリアランスを H_{m2} とし、回転部材 3 と固定フィン 40 との間に形成されるクリアランスを H_{f2} とする。

この場合、固定フィン 40 及び可動フィン 60 は、 $H_{m1} \geq H_{f1}$ 、且つ、 $H_{m2} < H_{f2}$ を満たすように構成されてもよい。

[0088] さらに他の実施形態では、図9に示すように、固定フィン40及び可動フィン60は、回転機械1の軸方向断面内において湾曲している。

この構成によれば、可動フィン60の長さ（可動フィン60の基端部61から先端部62までの距離）を十分に確保することができ、回転機械1の運転時において、可動フィン60の熱伸び変形を利用したクリアランス H_m の低減による漏れ流れの優れた抑制効果を享受できる。

[0089] この場合、固定フィン40及び可動フィン60は以下の構成をさらに有していてもよい。

固定フィン40の基端部41側において接線方向 T_1 が半径方向に対してなす角度を θ_{f1} とし、固定フィン40の先端部42側において接線方向 T_2 が半径方向に対してなす角度を θ_{f2} とする。このとき、固定フィン40の可動フィン60側の表面の軸方向断面内における接線方向 T が、 $\theta_{f1} > \theta_{f2}$ の関係式を満たすように、可動フィン60は固定フィン40に沿って湾曲している。

[0090] この構成によれば、固定フィン40に沿って湾曲する可動フィン60についても、基端部61側に比べて先端部62側の方が、可動フィン60の接線方向 T_2 が半径方向に対してなす角度 θ_{f2} が小さくなる。すなわち、可動フィン60は、基端部61側に比べて先端部62側の方が相対的に半径方向に沿っている。このため、可動フィン60の先端部62側の熱伸び変形量に対するクリアランス H_m の変化量の比を増大させることができ、回転機械1の運転時において、可動フィン60の熱伸び変形を利用したクリアランス H_m の低減による漏れ流れのより優れた抑制効果を享受できる。

[0091] 上述したように、本発明の実施形態によれば、回転機械1の運転時において、シール装置4の可動フィン60の先端部62と回転機械1の静止部材2又は回転部材3との間のクリアランス H_m が、回転機械1の停止時に比べて小さくなるので、当該クリアランス H_m を介した流体の漏れ流れを抑制できる。

[0092] また、図1に示すように、回転機械1が、静止部材2と、静止部材2に対して対向して設けられる回転部材3と、静止部材2と回転部材3との間の環

状隙間 5 に設けられる上記シール装置 4（図 1 乃至図 9 参照）と、を備える構成とすることによって、次の効果が得られる。

この回転機械 1 は、図 1 乃至図 9 に示すシール装置 4 を備えているので、シール装置 4 の可動フィン 60 の先端部 62 と回転部材 3（又は静止部材 2）との間のクリアランス H_m は、回転機械 1 の運転時の方が回転機械 1 の停止時に比べて小さくなり、当該クリアランス H_m を介した流体の漏れ流れを抑制でき、よって回転機械 1 の効率を向上できる。

[0093] 本発明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。

例えば、上述した実施形態では、図 1 に示すように、上記シール装置 4 が適用される回転機械 1 として蒸気タービンを例示したが、シール装置 4 が適用される回転機械 1 は、例えばガスタービン等のように、静止部材 2 と回転部材 3 との間における漏れ流れが課題となる他の回転機械にも適用可能である。

[0094] また、上述した実施形態では、図 1 に示すように、上記シール装置 4 が取り付けられる部位として、静止部材 2 のうちケーシング 21 を例示した。すなわち、一実施形態では図 10A に示すように、シール装置 4 は、動翼 32 のチップシュラウド 32a に対向するように、ケーシング 21 の内壁面に取り付けられる。そして、シール装置 4 は、チップシュラウド 32a とケーシング 21 との間の環状隙間 5 における流体の漏れ流れを抑制するようになっている。但し、シール装置 4 の適用部位はこれに限定されるものではない。

他の実施形態では、図 10B に示すように、ロータ 31 の外周面に対向するように、静翼 24 のハブシュラウド 24a に取り付けられる。そして、シール装置 4 は、ロータ 31 とハブシュラウド 24a との間の環状隙間 5 における流体の漏れ流れを抑制するように構成される。

さらに他の実施形態では、図 10C 及び図 10D に示すように、シール装置 4 は回転部材 3 に取り付けられてもよい。図 10C に示す例では、シール装置 4 は、静翼 24 のハブシュラウド 24a に対向するように、ロータ 31

の外周面に取り付けられる。そして、シール装置４は、ロータ３１とハブシュラウド２４aとの間の環状隙間５における流体の漏れ流れを抑制するように構成される。図１０Dに示す例では、シール装置４は、ケーシング２１の内壁面に対向するように、動翼３２のチップシュラウド３２aに取り付けられる。そして、シール装置４は、チップシュラウド３２aとケーシング２１との間の環状隙間５における流体の漏れ流れを抑制するように構成される。

[0095] 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」、「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。

符号の説明

- [0096] 1 回転機械（蒸気タービン）
2 静止部材
3 回転部材
4 シール装置
5 環状隙間
21 ケーシング
24 静翼
25 溝

- 3 1 ロータ（回転軸）
- 3 2 動翼
- 4 0, 4 0 A～4 0 C 固定フィン
- 4 1 基端部
- 4 2 先端部
- 5 0 シールリング
- 6 0 可動フィン
- 6 0 A～6 0 H セグメント
- 6 1 基端部
- 6 2 先端部
- 6 3 固定領域
- 6 4 ボルト
- 6 5 周方向間隙
- 8 0 拘束部材
- 8 1 押さえ板部
- 8 2 支柱部
- 9 0 隙間

請求の範囲

- [請求項1] 回転機械の静止部材と回転部材との間の環状隙間を介した流体の漏れ流れを抑制するためのシール装置であって、
前記環状隙間に設けられる環状の固定フィンと、
前記環状隙間内において前記固定フィンに対して軸方向に隣接して設けられる環状の可動フィンと、を備え、
前記可動フィンは、
前記固定フィンよりも熱膨張係数が大きく、
前記可動フィンの基端側の固定領域において前記固定フィンに固定されている
ことを特徴とするシール装置。
- [請求項2] 前記可動フィンは、該可動フィンの基端側の前記固定領域のみにおいて前記固定フィンに固定されていることを特徴とする請求項1に記載のシール装置。
- [請求項3] 前記可動フィンは、周方向に配列される複数のセグメントを含み、
各々の前記セグメントは、前記固定フィンに固定される前記固定領域を先端側に有することを特徴とする請求項1又は2に記載のシール装置。
- [請求項4] 前記固定領域は、前記セグメントの基端側の周方向範囲における一部の範囲であり、
前記可動フィンの各々の前記セグメントは、前記固定領域を起点とした径方向および周方向の熱伸びが許容されていることを特徴とする請求項3に記載のシール装置。
- [請求項5] 前記固定領域は、前記セグメントの基端側の前記周方向範囲のうち、周方向における中央に位置すること特徴とする請求項4に記載のシール装置。
- [請求項6] 前記固定領域よりも前記可動フィンの先端側において前記固定フィンに取り付けられ、前記可動フィンの各々の前記セグメントの前記固

定フィンからの浮き上がりを抑制するための拘束部材をさらに備えることを特徴とする請求項3乃至5の何れか一項に記載のシール装置。

[請求項7] 前記拘束部材は、

隣接する前記セグメント間において延在するように前記固定フィンに固定された支柱部と、

前記支柱部の先端に設けられて、前記固定フィンとの間に前記セグメントが少なくとも部分的に挟まれるように、前記支柱部から周方向に延びる押さえ板部と、

を含むことを特徴とする請求項6に記載のシール装置。

[請求項8] 隣接する前記セグメント間には、少なくとも前記回転機械の停止時において、周方向間隙が形成されることを特徴とする請求項3乃至7の何れか一項に記載のシール装置。

[請求項9] 前記可動フィンの前記セグメントは偶数個であることを特徴とする請求項3乃至8の何れか一項に記載のシール装置。

[請求項10] 前記可動フィンの先端厚さは、前記固定フィンの先端厚さよりも小さいことを特徴とする請求項1乃至9の何れか一項に記載のシール装置。

[請求項11] 前記回転機械の停止時において、前記静止部材又は前記回転部材と前記可動フィンとの間に形成されるクリアランスを H_{m1} とし、

前記回転機械の停止時において、前記静止部材又は前記回転部材と前記固定フィンとの間に形成されるクリアランスを H_{f1} とし、

前記回転機械の定格運転時において、前記静止部材又は前記回転部材と前記可動フィンとの間に形成されるクリアランスを H_{m2} とし、

前記回転機械の定格運転時において、前記静止部材又は前記回転部材と前記固定フィンとの間に形成されるクリアランスを H_{f2} としたとき、

$H_{m1} \geq H_{f1}$ 、且つ、 $H_{m2} < H_{f2}$ を満たすことを特徴とする請求項1乃至10の何れか一項に記載のシール装置。

- [請求項12] 前記可動フィン、前記固定フィンからみて高圧側に設けられることを特徴とする請求項1乃至11の何れか一項に記載のシール装置。
- [請求項13] 前記静止部材又は前記回転部材に形成された溝に嵌合するとともに、軸方向に並ぶ複数の前記固定フィンを先端側に有するシールリングをさらに備え、
前記可動フィンは、少なくとも、前記漏れ流れの最上流側に位置する前記固定フィンからみて高圧側に設けられることを特徴とする請求項12に記載のシール装置。
- [請求項14] 前記回転機械の停止時において、前記可動フィンの先端部と前記固定フィンの先端部との間には隙間が形成されていることを特徴とする請求項12又は13に記載のシール装置。
- [請求項15] 前記固定フィン及び前記可動フィンは、先端側が基端側に対して高圧側に位置するように半径方向に対して斜めに延在していることを特徴とする請求項1乃至14の何れか一項に記載のシール装置。
- [請求項16] 前記静止部材又は前記回転部材の一方に形成された溝に嵌合するとともに、少なくとも一つの前記固定フィンを先端側に有するシールリングをさらに備え、
前記可動フィンは、前記溝の軸方向範囲内に位置する該可動フィンの基端部から、前記溝の軸方向範囲外に位置する該可動フィンの先端部に向かって、半径方向に対して斜めに延在していることを特徴とする請求項1乃至15の何れか一項に記載のシール装置。
- [請求項17] 前記可動フィンは、少なくとも前記可動フィンの前記基端部が前記溝内に存在するように配置されたことを特徴とする請求項16に記載のシール装置。
- [請求項18] 前記固定フィン及び前記可動フィンは、前記回転機械の軸方向断面内において湾曲していることを特徴とする請求項1乃至17の何れか一項に記載のシール装置。
- [請求項19] 前記固定フィンの前記可動フィン側の表面の前記軸方向断面内にお

ける接線方向は、

前記固定フィンの基端側において前記接線方向が半径方向に対してなす角度を θ_{f1} とし、

前記固定フィンの先端側において前記接線方向が半径方向に対してなす角度を θ_{f2} としたとき、

$\theta_{f1} > \theta_{f2}$ の関係式を満たし、

前記可動フィンは、前記固定フィンに沿って湾曲していることを特徴とする請求項18に記載のシール装置。

[請求項20]

回転機械の静止部材と回転部材との間の環状隙間を介した流体の漏れを抑制するためのシール装置であって、

前記環状隙間に設けられる環状の固定フィンと、

前記環状隙間内において前記固定フィンに対して軸方向に隣接して設けられる環状の可動フィンと、を備え、

前記回転機械の停止時において、前記静止部材又は前記回転部材と前記可動フィンとの間に形成されるクリアランスを H_{m1} とし、

前記回転機械の停止時において、前記静止部材又は前記回転部材と前記固定フィンとの間に形成されるクリアランスを H_{f1} とし、

前記回転機械の定格運転時において、前記静止部材又は前記回転部材と前記可動フィンとの間に形成されるクリアランスを H_{m2} とし、

前記回転機械の定格運転時において、前記静止部材又は前記回転部材と前記固定フィンとの間に形成されるクリアランスを H_{f2} としたとき、

$H_{m1} \geq H_{f1}$ 、且つ、 $H_{m2} < H_{f2}$ を満たすことを特徴とするシール装置。

[請求項21]

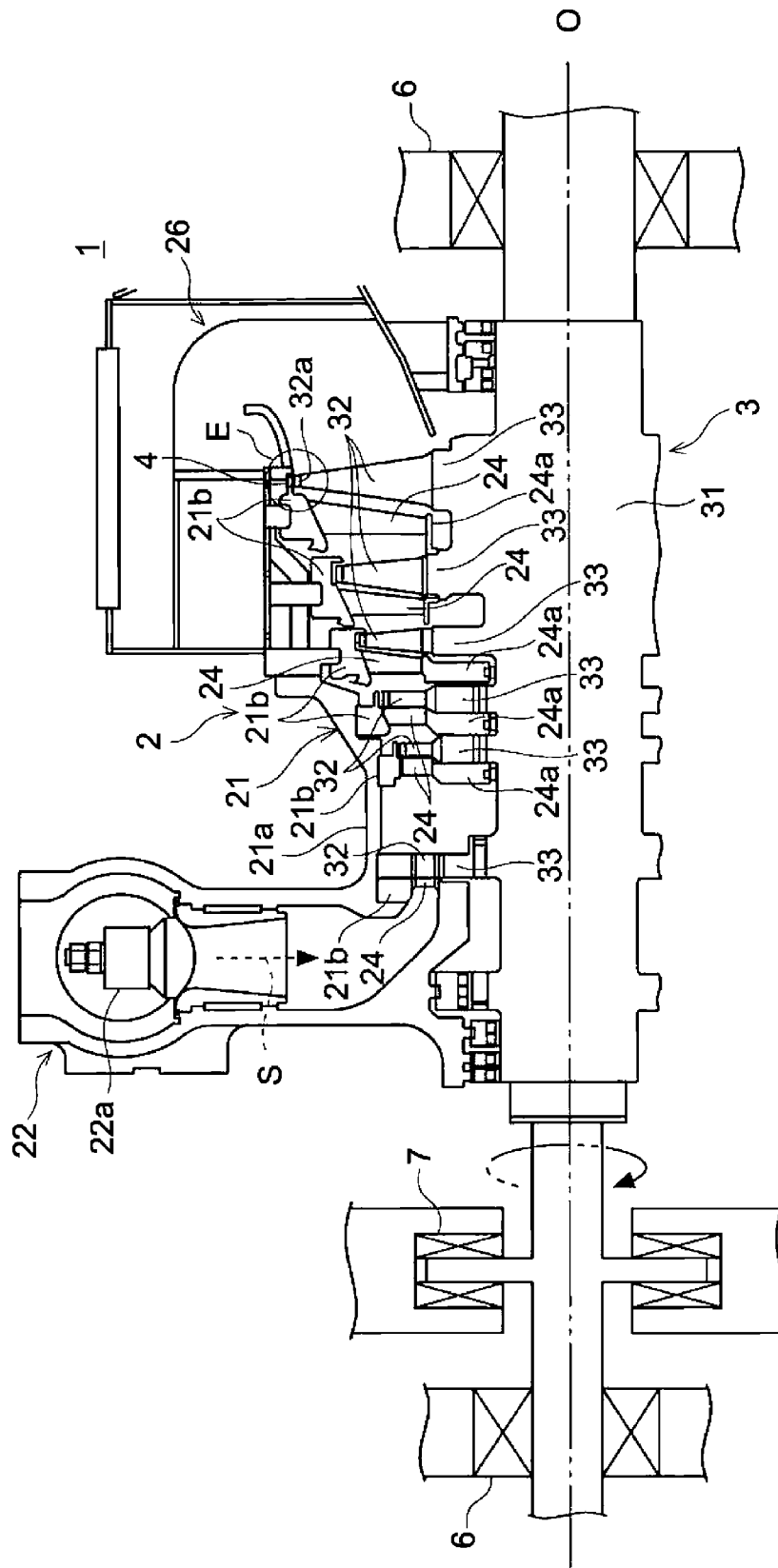
静止部材と、

前記静止部材に対して対向して設けられる回転部材と、

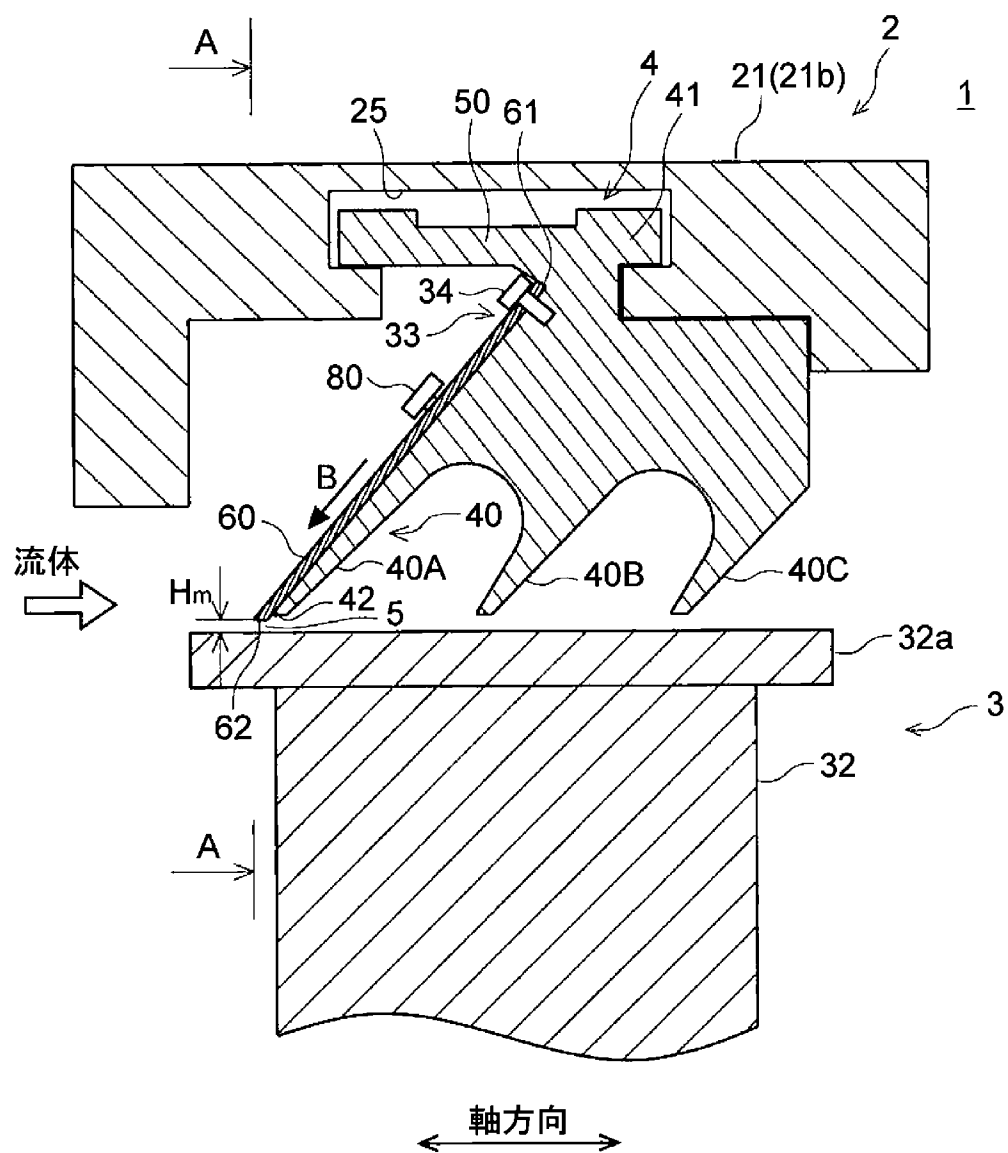
前記静止部材と前記回転部材との間の環状隙間に設けられる請求項1乃至20の何れか一項に記載のシール装置と、を備えることを特徴

とする回転機械。

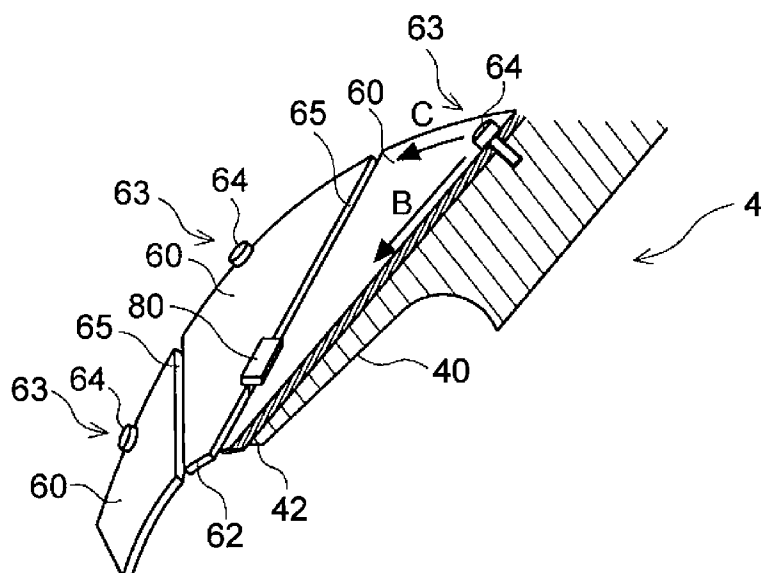
[図1]



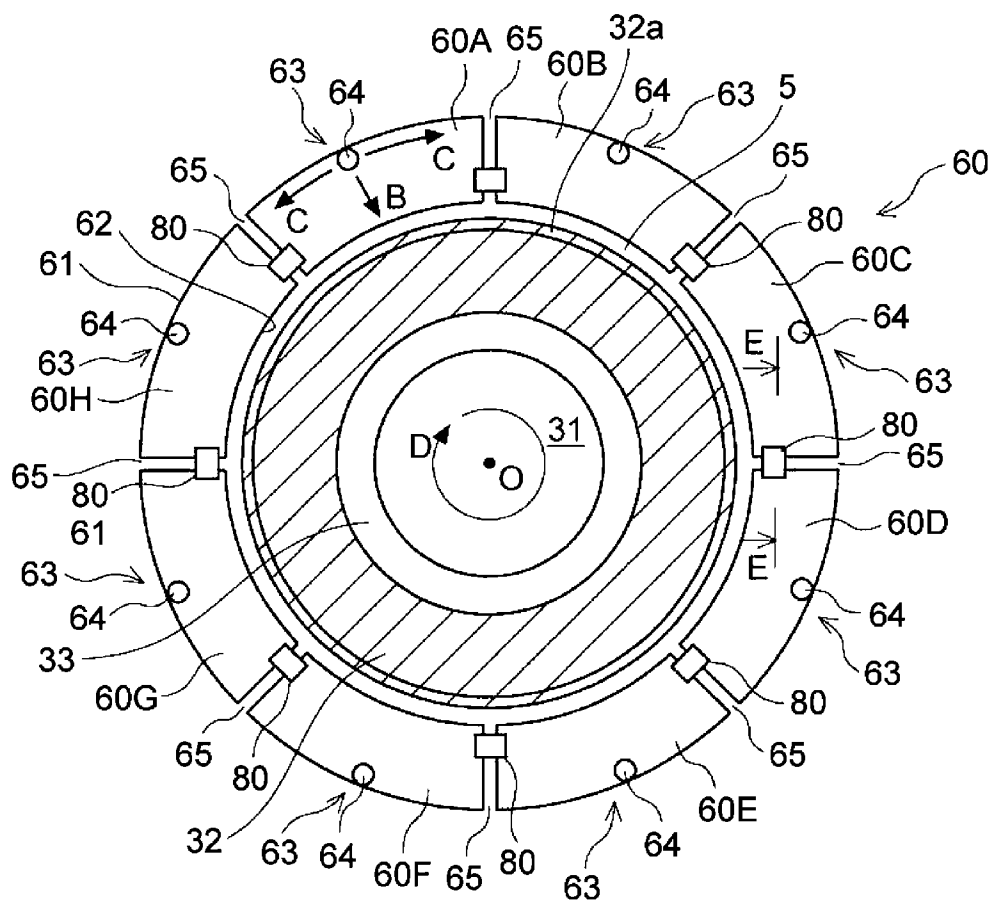
[図2]



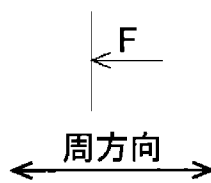
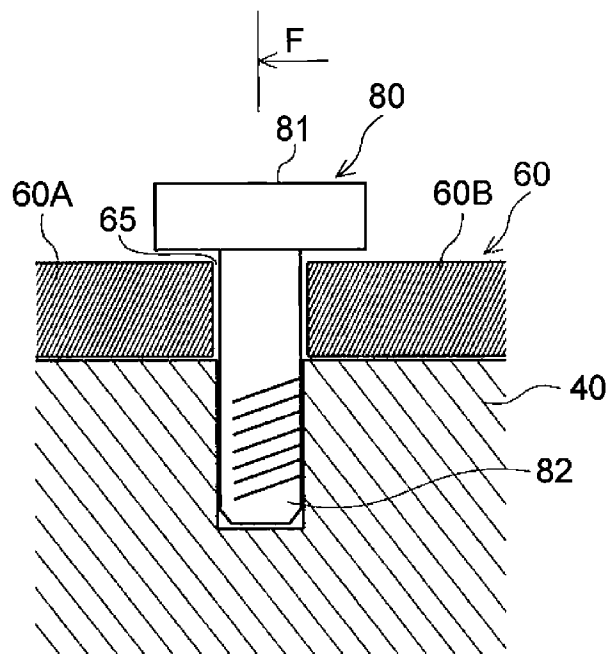
[図3]



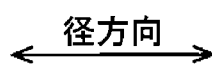
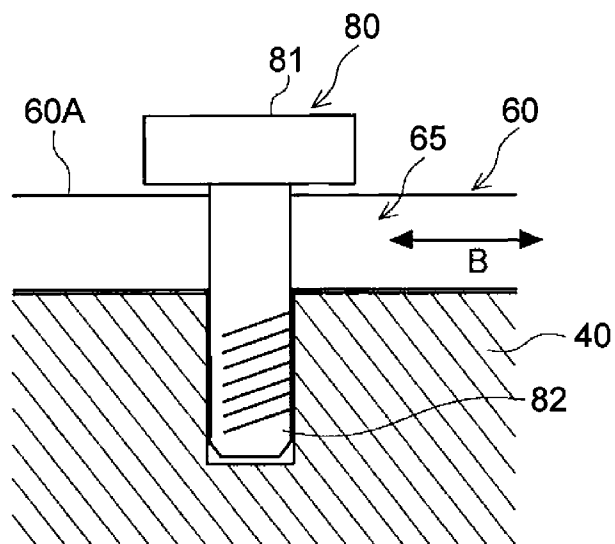
[図4]



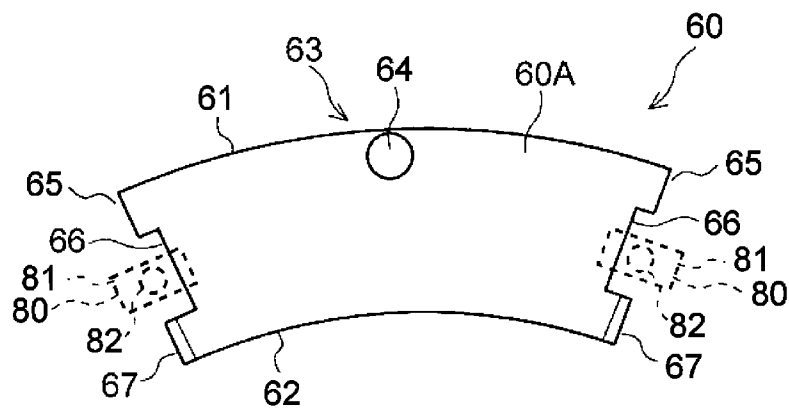
[図6A]



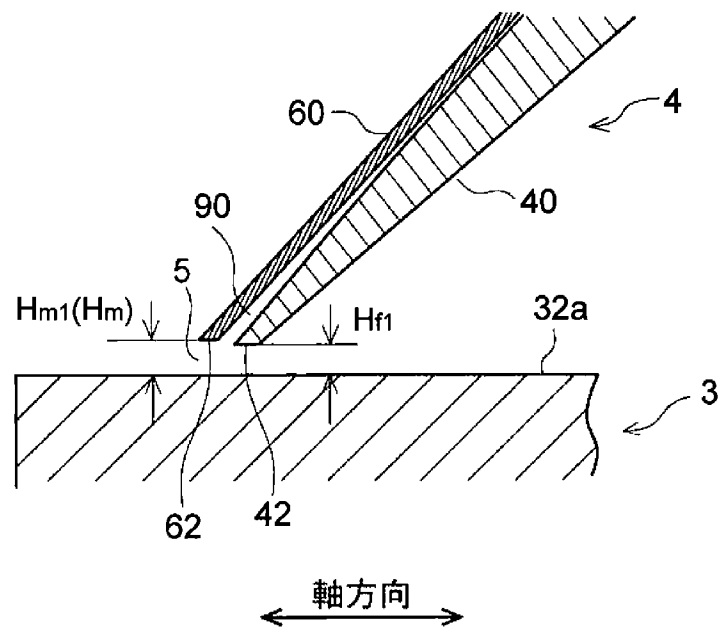
[図6B]



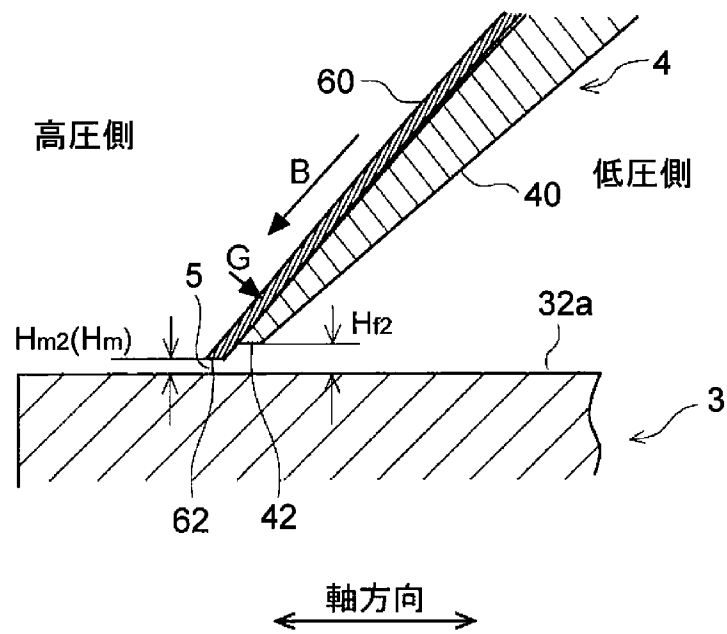
[図7]



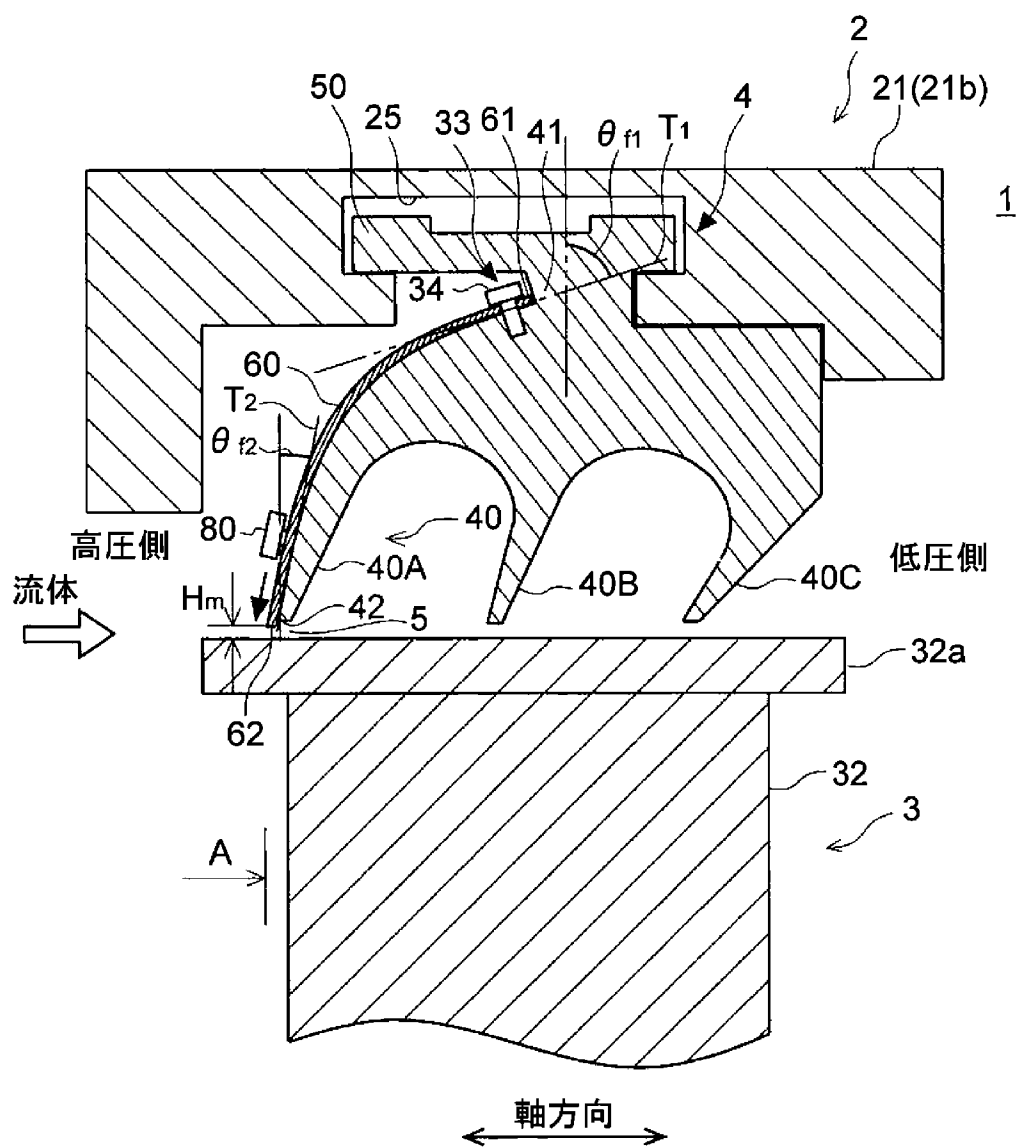
[図8A]



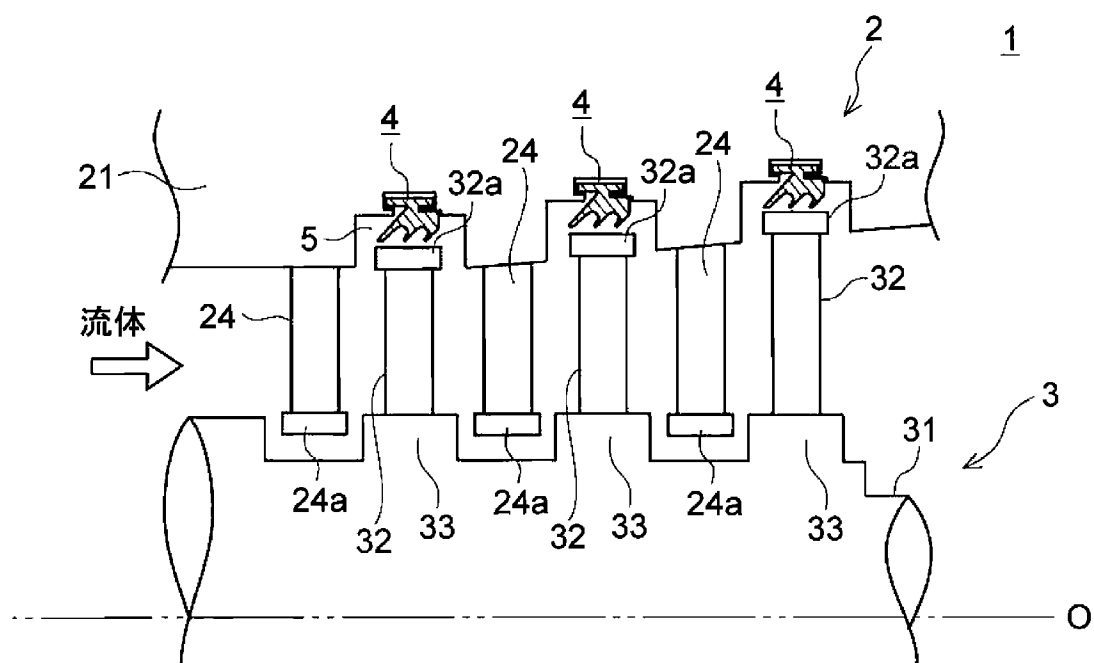
[図8B]



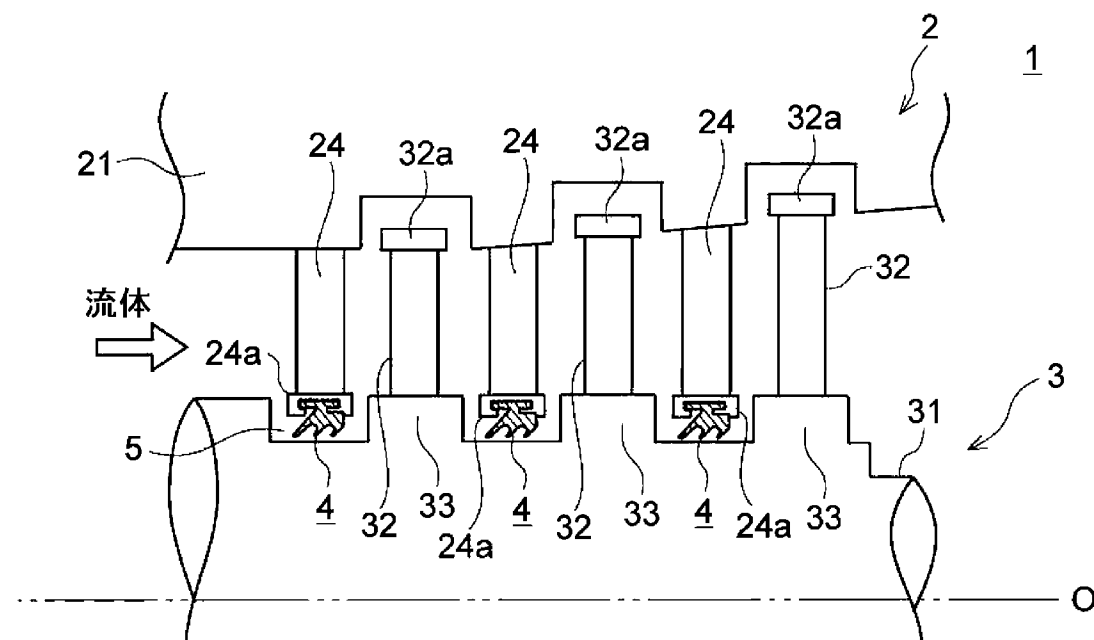
[図9]



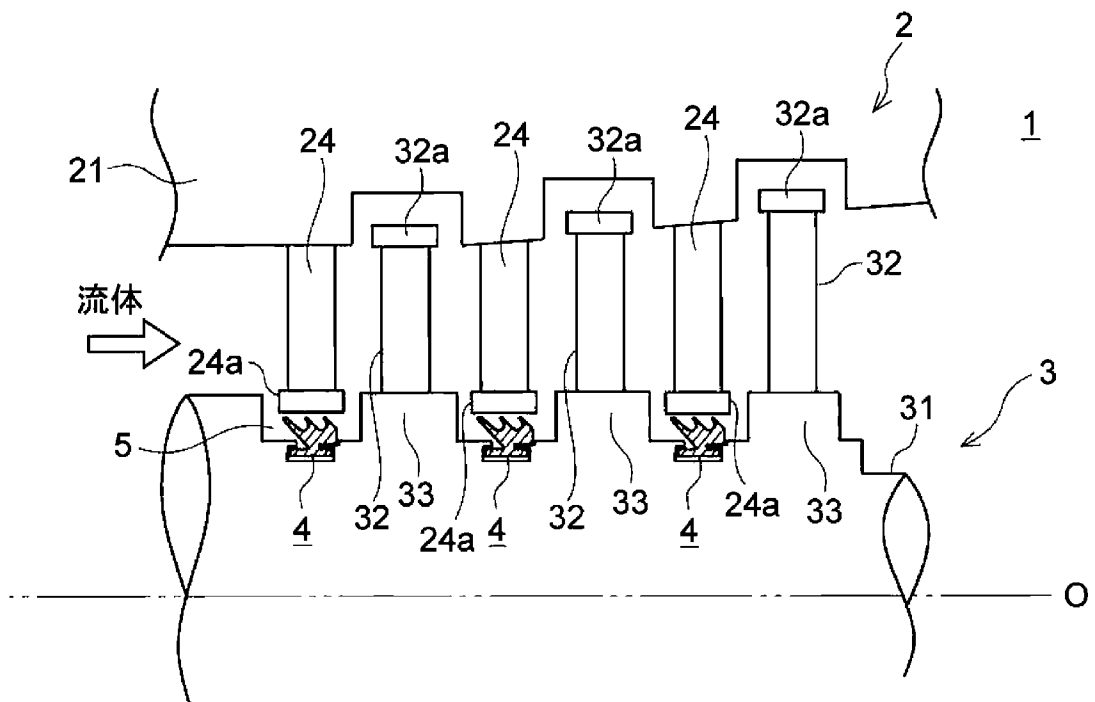
[図10A]



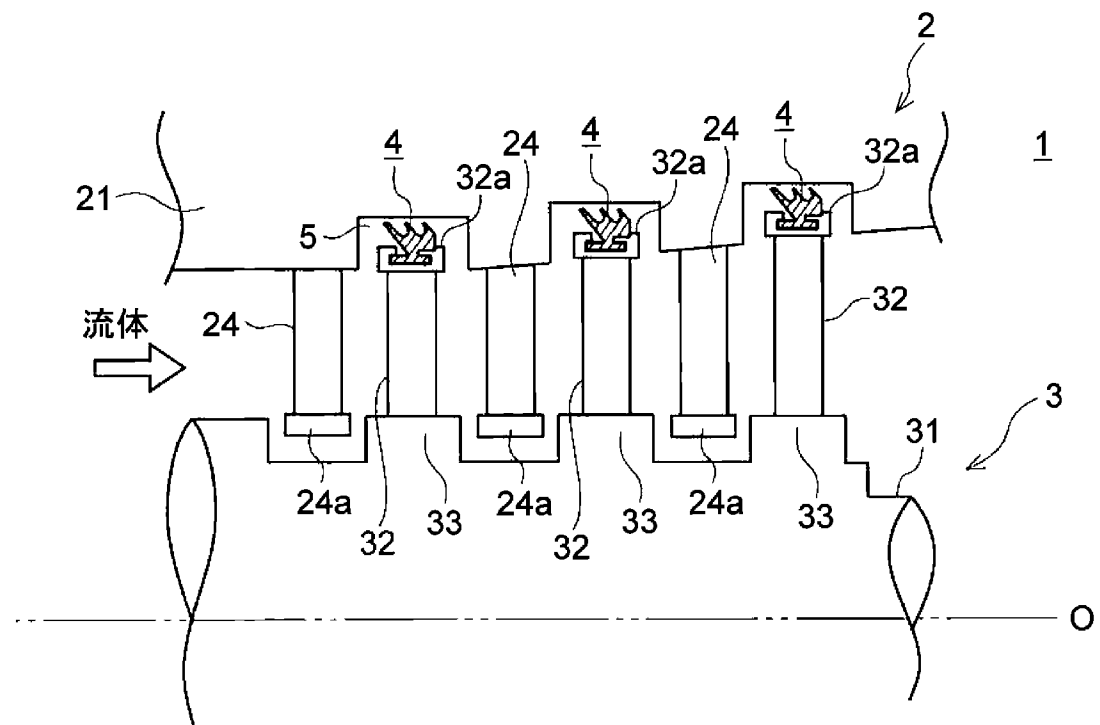
[図10B]



[図10C]



[図10D]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/065169

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F16J15/453(2006.01)i, F01D11/02(2006.01)i, F01D11/16(2006.01)i, F01D25/00(2006.01)i, F02C7/28(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)

F16J15/453, F01D11/02, F01D11/16, F01D25/00, F02C7/28

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 1996-2016

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2016 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2016

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 2009-85256 A (Hitachi, Ltd.), 23 April 2009 (23.04.2009), paragraph [0014]; fig. 1 (Family: none)	1-21
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 170105/1987 (Laid-open No. 75664/1989) (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 23 May 1989 (23.05.1989), specification, page 5, line 10 to page 6, line 5; fig. 1 (Family: none)	1-21

☒ 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
22 July 2016 (22.07.16)

Date of mailing of the international search report
02 August 2016 (02.08.16)

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/JP2016/065169

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. 113103/1983 (Laid-open No. 21502/1985) (Hitachi, Ltd.), 14 February 1985 (14.02.1985), specification, page 5, line 9 to page 6, line 2; fig. 2 (Family: none)	1-21

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. F16J15/453(2006.01)i, F01D11/02(2006.01)i, F01D11/16(2006.01)i, F01D25/00(2006.01)i, F02C7/28(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 (I P C))

Int.Cl. F16J15/453, F01D11/02, F01D11/16, F01D25/00, F02C7/28

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 6 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 6 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 6 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 2009-85256 A (株式会社日立製作所) 2009.04.23, 段落 [0014], 第1図 (ファミリーなし)	1-21
A	日本国実用新案登録出願62-170105号(日本国実用新案登録出願公開1-75664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) 1989.05.23, 明細書第5ページ第10行-第6ページ第5行, 第1図 (ファミリーなし)	1-21

☑ 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	「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

2 2 . 0 7 . 2 0 1 6

国際調査報告の発送日

0 2 . 0 8 . 2 0 1 6

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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

3 W

3 5 2 4

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 6 7

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	日本国実用新案登録出願58-113103号(日本国実用新案登録出願公開60-21502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(株式会社日立製作所) 1985.02.14, 明細書第5ページ第9行-第6ページ第2行, 第2図(ファミリーなし)	1-21