

(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
2015年5月28日(28.05.2015)



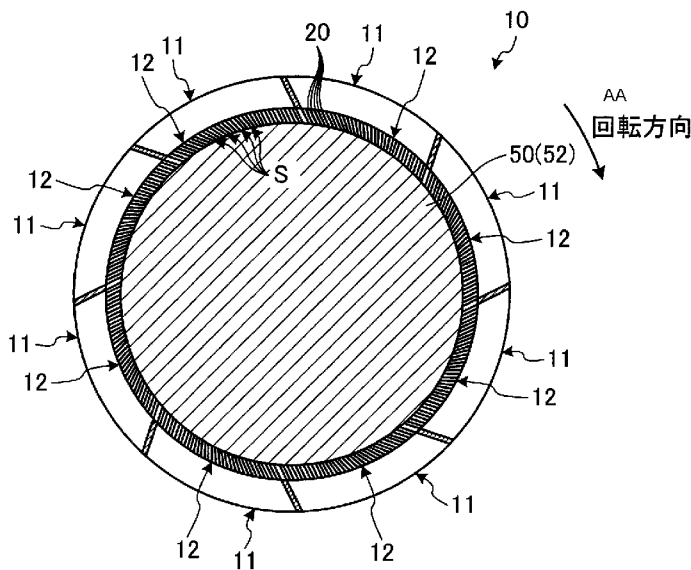
(10) 国際公開番号
WO 2015/076132 A1

- (51) 国際特許分類:
F01D 11/00 (2006.01) F02C 7/28 (2006.01)
F01D 11/12 (2006.01) F16J 15/22 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/079690
- (22) 国際出願日: 2014年11月10日(10.11.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-241956 2013年11月22日(22.11.2013) JP
- (71) 出願人: 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 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). 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). 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). 西本 慎(NISHIMOTO, Shin); 〒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).
- (74) 代理人: 酒井 宏明, 外(SAKAI, Hiroaki et al.); 〒1006020 東京都千代田区霞が関三丁目2番5号 霞が関ビルディング 酒井国際特許事務所 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), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: SHAFT SEAL DEVICE, ROTARY MACHINE, AND METHOD FOR MANUFACTURING SHAFT SEAL DEVICE

(54) 発明の名称: 軸シール装置、回転機械、及び軸シール装置の製造方法



AA Rotational direction

(57) Abstract: A shaft seal device (10) is provided with: leaves (20) arranged around a rotating shaft (50) and dividing a space around the rotating shaft into two spaces in the axial direction of the rotating shaft; and a side seal plate disposed on one side of the leaves in the axial direction and having a facing surface facing the side end sections of the leaves, which are located on the one side of the leaves. The leaves and/or the side seal plate has a friction reduction section for reducing the frictional force between the facing surface and the surfaces of the side end sections.

(57) 要約: 軸シール装置(10)は、回転軸(50)の周囲に複数配置され、回転軸の周囲の空間を回転軸の軸方向に関して2つの空間に分けるリーフ(20)と、軸方向に関してリーフの一侧に配置され、リーフの一侧の側端部と対向する対向面を有するサイドシール板と、を備え、リーフ及びサイドシール板の少なくとも一方は、対向面と側端部の表面との摩擦力を低減する摩擦低減部を有する。

WO 2015/076132 A1

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：

軸シール装置、回転機械、及び軸シール装置の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、軸シール装置、回転機械、及び軸シール装置の製造方法に関する。

背景技術

[0002] ガスタービン、蒸気タービン、及び圧縮機のような回転機械において、特許文献1に開示されているような、回転軸の周囲をシールする軸シール装置が知られている。特許文献1に開示されている軸シール装置は、回転軸の周囲に配置される複数のリーフ（薄板）と、そのリーフによって分けられた高圧空間及び低圧空間のそれぞれに配置されるサイドシール板（サイドリーフ）とを有する。回転軸の停止時において、リーフの先端部（内側端部）は回転軸の外周面と接触する。回転軸の回転時において、リーフの先端部が回転軸から離れるように変位してリーフと回転軸とが非接触状態となる。サイドシール板は、圧力の作用によりリーフの側端部に近づいて、高圧空間の作動流体がリーフ間に過剰に流入することを抑制する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2011-185219号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 例えば、サイドシール板がリーフの側端部に密着して大きな力で押し付けられると、回転軸の回転時において、リーフの先端部が回転軸から離れることができない可能性がある。リーフと回転軸とが接触した状態で回転軸が回転すると、リーフが摩耗し、その結果、シール性能が低下する可能性がある。

[0005] 本発明は、性能の低下が抑制される軸シール装置、回転機械、及び軸シール装置の製造方法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] 本発明に係る軸シール装置は、回転軸の周囲に複数配置され、前記回転軸の周囲の空間を前記回転軸の軸方向に関して2つの空間に分けるリーフと、前記軸方向に関して前記リーフの一側に配置され、前記リーフの前記一側の側端部と対向する対向面を有するサイドシール板と、を備え、前記リーフ及び前記サイドシール板の少なくとも一方は、前記対向面と前記側端部の表面との摩擦力を低減する摩擦低減部を有する。

[0007] 本発明によれば、サイドシール板がリーフの側端部に押し付けられても、リーフ及びサイドシール板の少なくとも一方は、対向面と側端部の表面との摩擦力を低減する摩擦低減部を有するため、サイドシール板がリーフの先端部の変位を阻止しないようにすることができる。そのため、回転軸の回転時において、リーフの先端部は、回転軸から離れるように円滑に移動して、回転軸と非接触状態になる。したがって、リーフと回転軸とが接触した状態で回転軸が回転してしまうことが抑制され、シール性能の低下が抑制される。

[0008] 本実施形態に係る軸シール装置において、前記摩擦低減部は、前記対向面及び側端部の表面の少なくとも一方に形成された低摩擦係数の膜を含んでもよい。例えば、サイドシール板の対向面にめっき処理、溶射処理、及び蒸着処理の少なくとも一つを施して潤滑性が高い膜を形成することにより、対向面と側端部の表面との摩擦力を低減することができる。

[0009] 本実施形態に係る軸シール装置において、前記摩擦低減部は、前記対向面及び側端部の表面の少なくとも一方にテクスチャリング処理で形成されてもよい。例えば、サイドシール板の対向面に、サンドブラスト加工のようなテクスチャリング処理を施して、ディンプル又は格子状のマイクロレベルの凹凸面を形成することにより、対向面と側端部の表面との接触面積が小さくなるため、対向面と側端部の表面との摩擦力を低減することができる。

[0010] 本実施形態に係る軸シール装置において、前記摩擦低減部は、前記対向面

及び側端部の表面の少なくとも一方に形成された凹面又は凸面を含んでもよい。例えば、リーフの側端部の表面を凸面にすることにより、対向面と側端部の表面との接触面積が小さくなるため、対向面と側端部の表面との摩擦力を低減することができる。

[0011] 本発明に係る軸シール装置は、回転軸と、前記回転軸の周囲に配置される上述の軸シール装置と、を備える。

[0012] 本発明によれば、上述の軸シール装置を備えるため、シール性能の低下が抑制される。そのため、長寿命でメンテナンス性がよい回転機械が提供される。

[0013] 本発明に係る軸シール装置の製造方法は、リーフ及び前記リーフの側端部と対向するように配置されるサイドシール板とを備える軸シール装置の製造方法であって、前記リーフの前記側端部の表面及び前記側端部と対向する前記サイドシール板の対向面の少なくとも一方に、前記対向面と前記側端部の表面との摩擦力を低減するための摩擦低減処理を行う工程と、前記リーフを回転軸の周囲に複数配置して、前記回転軸の周囲の空間を前記回転軸の軸方向に関して2つの空間に分ける工程と、前記軸方向に関して前記リーフの一侧に、前記リーフの前記側の側端部と前記対向面とが対向するように、前記サイドシール板を配置する工程と、を含む。

[0014] 本発明によれば、サイドシール板がリーフの側端部に押し付けられても、リーフの側端部の表面及びサイドシール板の対向面の少なくとも一方は、対向面と側端部の表面との摩擦力を低減する摩擦低減処理を施されているため、サイドシール板がリーフの先端部の変位を阻止しないようにすることができる。そのため、回転軸の回転時において、リーフの先端部は、回転軸から離れるように円滑に移動して、回転軸と非接触状態になる。したがって、リーフと回転軸とが接触した状態で回転軸が回転してしまうことが抑制され、シール性能の低下が抑制される。

発明の効果

[0015] 本発明によれば、性能の低下が抑制される。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]図1は、第1実施形態に係るガスタービンシステムの一例を示す図である。

[図2]図2は、第1実施形態に係る軸シール装置の概略を示す断面図である。

[図3]図3は、第1実施形態に係る軸シール装置の一部を模式的に示す斜視図である。

[図4]図4は、第1実施形態に係る軸シール装置の概略を示す断面図である。

[図5]図5は、第1実施形態に係る軸シール装置の分解図である。

[図6]図6は、第1実施形態に係る高圧側サイドシール板を示す図である。

[図7]図7は、第1実施形態に係るリーフ間の隙間に形成される作動気体の圧力分布図である。

[図8]図8は、第1実施形態に係るリーフの胴部の断面、及びその胴部に作用する圧力をベクトルで示した図である。

[図9]図9は、第1実施形態に係る軸シール装置の一例を示す図である。

[図10]図10は、第1実施形態に係る軸シール装置の製造方法の一例を示すフローチャートである。

[図11]図11は、第2実施形態に係る対向面の一例を示す図である。

[図12]図12は、第2実施形態に係る対向面の一例を示す図である。

[図13]図13は、第3実施形態に係るリーフ及び高圧側サイドシール板の一例を示す模式図である。

[図14]図14は、第3実施形態に係るリーフ及び高圧側サイドシール板の一例を示す模式図である。

[図15]図15は、第3実施形態に係るリーフ及び高圧側サイドシール板の一例を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、本発明に係る実施形態について図面を参照しながら説明する。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い。また、以下で説明する実施形態における構成要素は、適宜組み合わせることができる。また、

一部の構成要素を用いない場合もある。

[0018] <第1実施形態>

図1は、本実施形態に係る回転機械を有するガスタービンシステム1の一例を示す図である。図1に示すように、ガスタービンシステム1は、圧縮機2と、燃焼器3と、タービン4と、回転軸50を含むロータ5とを備えている。本実施形態において、回転機械は、圧縮機2及びタービン4の少なくとも一方を含む。

[0019] 圧縮機2は、導入された空気を圧縮する。圧縮機2は、ケーシング2Kを有する。ケーシング2Kの内部空間に空気が導入される。

[0020] 燃焼器3は、圧縮機2で圧縮された圧縮空気に燃料を混合して燃焼させる。

[0021] タービン4は、燃焼器3で発生した燃焼ガスを導入して膨張させ、その燃焼ガスの熱エネルギーを回転エネルギーに変換する。タービン4は、ケーシング4Kを有する。ケーシング4Kの内部空間に燃焼ガスが導入される。

[0022] ロータ5は、回転軸50と、回転軸50に設けられた動翼51A及び動翼52Aとを有する。動翼51Aは、ケーシング2Kの内部空間に配置された回転軸50の部分51に設けられる。動翼52Aは、ケーシング4Kの内部空間に配置された回転軸50の部分52に設けられる。

[0023] 圧縮機2は、ケーシング2Kに配置された静翼2Aを有する。圧縮機2において、動翼51Aと静翼2Aとは、回転軸50の軸AXと平行な方向（軸方向）に交互に複数配置される。

[0024] タービン4は、ケーシング4Kに配置された静翼4Aを有する。タービン4において、動翼52Aと静翼4Aとは、回転軸50の軸方向に交互に複数配置される。

[0025] タービン4において、燃焼器3から導入された燃焼ガスが動翼52Aに供給される。これにより、燃焼ガスの熱エネルギーが機械的な回転エネルギーに変換されて動力が発生する。タービン4で発生した動力の一部は、回転軸50を介して圧縮機2に伝達される。タービン4で発生した動力の一部は、

圧縮機 2 の動力として利用される。

[0026] また、ガスタービンシステム 1 は、圧縮機 2 に配置され、回転軸 5 0 を回転可能に支持する軸受を有する支持部 2 S と、タービン 4 に配置され、回転軸 5 0 を回転可能に支持する軸受を有する支持部 4 S とを有する。

[0027] ガスタービンシステム 1 は、回転軸 5 0 の周囲をシールする軸シール装置 1 0 を備えている。軸シール装置 1 0 は、圧縮機 2 及びタービン 4 のそれぞれに配置される。

[0028] 圧縮機 2 に配置される軸シール装置 1 0 は、作動気体 G である圧縮空気が高圧側から低圧側に漏出することを抑制する。圧縮機 2 の軸シール装置 1 0 は、静翼 2 A の内周部に配置される。また、圧縮機 2 の軸シール装置 1 0 は、支持部 2 S に配置される。

[0029] タービン 4 に配置される軸シール装置 1 0 は、作動気体 G である燃焼ガスが高圧側から低圧側に漏出することを抑制する。タービン 4 の軸シール装置 1 0 は、静翼 4 A の内周部に配置される。また、タービン 4 の軸シール装置 1 0 は、支持部 4 S に配置される。

[0030] 次に、軸シール装置 1 0 について説明する。図 2 は、本実施形態に係る軸シール装置 1 0 の概略を示す断面図である。図 2 は、図 1 の A-A 線断面図に相当する。図 3 は、本実施形態に係る軸シール装置 1 0 の一部を模式的に示す斜視図である。図 3 は、軸シール装置 1 0 の一部を破断して示す。図 4 は、回転軸 5 0 の軸 A X を含む軸シール装置 1 0 の概略を示す断面図である。図 5 は、軸シール装置 1 0 の分解図である。

[0031] 以下の説明においては、圧縮機 2 及びタービン 4 のそれぞれに設けられた軸シール装置 1 0 のうち、タービン 4 に設けられた軸シール装置 1 0 について説明する。圧縮機 2 に設けられた軸シール装置 1 0 の構造と、タービン 4 に設けられた軸シール装置 1 0 の構造とは同等である。

[0032] 図 2 に示すように、軸シール装置 1 0 は、回転軸 5 0 の周囲に配置される複数のシールセグメント 1 1 を有する。軸 A X と直交する平面内において、シールセグメント 1 1 のそれぞれは、円弧状である。本実施形態においては

、回転軸50の周囲にシールセグメント11が8つ配置される。

[0033] 図3、図4、及び図5に示すように、シールセグメント11は、回転軸50の周囲に配置される複数のリーフ（薄板）20と、回転軸50の軸方向に関してリーフ20の一侧に配置された高圧側サイドシール板16と、回転軸50の軸方向に関してリーフ20の他側に配置された低圧側サイドシール板17と、リーフ20を保持する保持リング13及び保持リング14を含む保持部材134と、リーフ20と保持部材134との間に配置される背面スペーサ15とを備えている。

[0034] 図4に示すように、シールセグメント11は、ハウジング9に挿入される。ハウジング9は、静翼2A、支持部2S、静翼4A、及び支持部4Sの少なくとも一つに相当する。ハウジング9は、凹部9aを有する。凹部9aは、回転軸50の外周面に面する開口9kを有する。シールセグメント11の少なくとも一部は、ハウジング9の凹部9aに配置される。凹部9aは、回転軸50の周方向に延在する。凹部9aの外側に、リーフ20の一部が突出する。

[0035] リーフ20は、可撓性を有する板状部材である。リーフ20は、弾性変形可能である。本実施形態において、リーフ20は、薄い鋼板である。リーフ20の表面の法線は、回転軸50の周方向（回転方向）とほぼ平行である。リーフ20の幅方向は、回転軸50の軸方向とほぼ一致する。リーフ20の厚さ方向は、回転軸50の周方向とほぼ一致する。リーフ20は、回転軸50の周方向に可撓性を有する。リーフ20は、回転軸50の軸方向に高い剛性を有する。

[0036] リーフ20は、回転軸50の周方向に間隔をあけて複数配置される。リーフ20と、そのリーフ20に隣り合うリーフ20との間に隙間Sが形成される。複数のリーフ20によってリーフ積層体12が形成される。リーフ積層体12は、複数のリーフ20の集合体（積層体）である。

[0037] 複数のリーフ20（リーフ積層体12）は、回転軸50の周囲をシールすることによって、回転軸50の周囲の空間を回転軸50の軸方向に関して2

つの空間に分ける。本実施形態において、複数のリーフ 20 は、回転軸 50 の周囲の空間を高圧空間と低圧空間とに分ける。高圧空間の圧力は、低圧空間の圧力よりも高い。

[0038] 複数のリーフ 20 のそれぞれは、回転軸 50 の軸 AX に対する放射方向（径方向）に関して外側の基端部（外側端部）20 a と、内側の先端部（内側端部）20 b と、回転軸 50 の軸方向に関して高圧空間側の側端部 20 c と、低圧空間側の側端部 20 d とを有する。

[0039] 以下の説明において、複数のリーフ 20 の基端部 20 a を合わせて適宜、リーフ積層体 12 の基端部 12 a、と称し、複数のリーフ 20 の先端部 20 b を合わせて適宜、リーフ積層体 12 の先端部 12 b、と称し、複数のリーフ 20 の側端部 20 c を合わせて適宜、リーフ積層体 12 の側端部 12 c、と称し、複数のリーフ 20 の側端部 20 d を合わせて適宜、リーフ積層体 12 の側端部 12 d、と称する。基端部 12 a は、複数の基端部 20 a の集合体である。先端部 12 b は、複数の先端部 20 b の集合体である。側端部 12 c は、複数の側端部 20 c の集合体である。側端部 12 d は、複数の側端部 20 d の集合体である。

[0040] 基端部 12 a は、径方向に関して外側を向く。先端部 12 b は、回転軸 50 の外周面と対向するように、径方向に関して内側を向く。側端部 12 c は、回転軸 50 の軸方向に関して一側（高圧空間側）を向く。側端部 12 d は、回転軸 50 の軸方向に関して他側（低圧空間側）を向く。先端部 12 b（先端部 20 b）は、開口 9 k を介して凹部 9 a の外側に配置される。

[0041] 本実施形態において、複数のリーフ 20 の基端部 20 a のそれぞれは、背面スペーサ 15 に固定される。一方、複数のリーフ 20 の先端部 20 b のそれぞれは、固定されない。すなわち、本実施形態において、基端部 20 a は固定端であり、先端部 20 b は自由端である。複数のリーフ 20（リーフ積層体 12）は、基端部 20 a が固定された状態で、保持部材 134 に保持される。

[0042] リーフ 20 は、頭部 21 と胴部 22 とを有する。基端部 20 a は、頭部 2

1に配置される。先端部20b、側端部20c、及び側端部20dは、胴部22に配置される。幅方向（回転軸50の軸方向）に関する胴部22の寸法は、頭部21の寸法よりも小さい。厚さ方向（回転軸50の周方向）に関する胴部22の寸法は、頭部21の寸法よりも小さい。胴部22は、胴部22の頭部21との境界部に切欠部20x及び切欠部20yを有する。

[0043] 本実施形態においては、複数のリーフ20は、頭部21の側方突出部21c及び側方突出部21dのそれぞれにおいて溶接により接続される。胴部22は、弾性変形可能である。

[0044] 保持部材134は、リーフ積層体12を保持する。保持部材134は、ハウジング9に支持される。ハウジング9は、凹部9aの内側に支持面9sを有する。保持部材134は、支持面9sに支持される。

[0045] 保持部材134は、保持リング13及び保持リング14を含む。保持リング13及び保持リング14のそれぞれは、回転軸50の周方向に延在する円弧状の部材である。保持リング13は、リーフ20の側方突出部21cを含む頭部21の一部が配置される凹部13aを有する。保持リング14は、リーフ20の側方突出部21dを含む頭部21の一部が配置される凹部14aを有する。背面スペーサ15は、リーフ20の頭部21と保持リング13及び保持リング14との間に配置される。

[0046] リーフ20の頭部21が背面スペーサ15を介して凹部13a及び凹部14bにはめ込まれる。これにより、リーフ積層体12が保持部材134に保持される。

[0047] 高圧側サイドシール板16は、リーフ20（リーフ積層体12）に隣接するように高圧空間に配置される。低圧側サイドシール板17は、リーフ20（リーフ積層体12）に隣接するように低圧空間に配置される。高圧側サイドシール板16は、高圧空間においてリーフ積層体12の側端部12cの一部と対向するように配置される。低圧側サイドシール板17は、低圧空間においてリーフ積層体12の側端部12dの一部と対向するように配置される。

- [0048] 高圧側サイドシール板16は、リーフ20の側端部20c（リーフ積層体12の側端部12c）の少なくとも一部と対向する対向面161と、対向面161の反対方向を向く表面162とを有する。
- [0049] 低圧側サイドシール板17は、リーフ20の側端部20d（リーフ積層体12の側端部12d）の少なくとも一部と対向する対向面171と、対向面171の反対方向を向く表面172とを有する。
- [0050] 高圧側サイドシール板16は、リーフ20の切欠部20xに配置される凸部16aを有する。切欠部20xに配置された凸部16aは、リーフ20（リーフ積層体12）及び保持リング13により固定される。
- [0051] 低圧側サイドシール板17は、リーフ20の切欠部20yに配置される凸部17aを有する。切欠部20yに配置された凸部17aは、リーフ20（リーフ積層体12）及び保持リング14により固定される。
- [0052] 本実施形態において、高圧側サイドシール板16の先端部163は、リーフ20の先端部20bよりも回転軸50から離れている。高圧側サイドシール板16は、径方向に関して基端部20a側の側端部20c（側端部12c）の一部と対向し、先端部20b側の側端部20c（側端部12c）の一部と対向しない。
- [0053] 本実施形態において、低圧側サイドシール板17の先端部173は、リーフ20の先端部20bよりも回転軸50から離れている。低圧側サイドシール板17は、径方向に関して基端部20a側の側端部20d（側端部12d）の一部と対向し、先端部20b側の側端部20d（側端部12d）の一部と対向しない。
- [0054] また、本実施形態において、低圧側サイドシール板17の先端部173は、高圧側サイドシール板16の先端部163よりも回転軸50から離れている。本実施形態において、回転軸50の径方向に関して、高圧側サイドシール板16の寸法は、低圧側サイドシール板17の寸法よりも大きい。
- [0055] 図6は、高圧側サイドシール板16を対向面161側から見た図である。図6に示すように、高圧側サイドシール板16は、可撓性を有する扇状の板

状部材である。高圧側サイドシール板 16 は、弾性変形可能である。本実施形態において、高圧側サイドシール板 16 は、薄い鋼板である。

[0056] 本実施形態において、高圧側サイドシール板 16 は、対向面 161 と側端部 20c の表面（側面）との摩擦力を低減するための摩擦低減部を有する。摩擦低減部は、高圧側サイドシール板 16 とリーフ 20 との摩擦力を低減する。本実施形態においては、高圧側サイドシール板 16 に、側端部 20c の表面（側面）との摩擦力を低減するための摩擦低減処理が施されている。

[0057] 本実施形態において、摩擦低減部は、高圧側サイドシール板 16 に形成された低摩擦係数の膜 180 を含む。摩擦低減処理は、高圧側サイドシール板 16 の母材の表面（対向面）に低摩擦係数の膜 180 を形成する処理を含む。高圧側サイドシール板 16 の母材である鋼板の対向面に膜 180 が形成される。本実施形態において、対向面 161 は、膜 180 の表面である。側端部 20c の表面に対する膜 180 の表面の摩擦係数は、高圧側サイドシール板 16 の母材（鋼板）の表面の摩擦係数よりも小さい。

[0058] 膜 180 は、高圧側サイドシール板 16 の母材の表面（対向面）に、例えば、めっき処理、溶射処理、及び蒸着処理の少なくとも一つを施して潤滑性が高い膜 180 を形成することにより、対向面 161 と側端部 20c の表面との摩擦力を低減することができる。

[0059] 膜 180 は、例えば、Crめっき処理によって形成されたCr膜でもよいし、DLC（ダイヤモンドライクカーボン）コーティング処理によって形成されたカーボン膜でもよい。

[0060] 膜 180 は、均一な厚みを有するように形成される。高圧側サイドシール板 16 の厚みが 0.3mm 程度である場合、膜 180 の厚みは、0.05mm 以上 0.1mm 以下でもよい。なお、膜 180 が耐摩耗性を有し、経年変化し難い材料で形成される場合、膜 180 の厚みは、0.1mm 以上 0.3mm 以下でもよい。

[0061] 膜 180 の厚みと高圧側サイドシール板 16 の母材の厚みとの合計が、0.1mm 以上 0.5mm 以下に定められてもよい。これにより、高圧側サイ

ドシール板 16 の性能が発揮される。また、膜 180 の厚みと高圧側サイドシール板 16 の母材の厚みとの合計が、0.3 mm 以上であれば、スワール（旋回流）に対する高圧側サイドシール板 16 の強度が十分に保たれる。

[0062] 次に、シールセグメント 11 の作用について説明する。図 7 は、隙間 S に形成される作動気体 G の圧力分布図である。図 8 は、回転軸 50 の軸 AX と交差する胴部 22 の断面、及びその胴部 22 に作用する圧力をベクトルで示した図である。

[0063] 回転軸 50 の停止時において、リーフ 20 の先端部 20 b は、所定の予圧で回転軸 50 の外周面と接触する。ガスタービンシステム 1 が起動し、回転軸 50 が回転すると、その回転軸 50 の外周面と接触しているリーフ 20 の先端部 20 b は、回転軸 50 の外周面に擦られる。

[0064] 回転軸 50 の回転数が上昇し、所定の回転数に到達すると、回転軸 50 の回転により発生する動圧効果によって、リーフ 20 の先端部 20 b が回転軸 50 の外周面から離れるように変位（浮上）し、リーフ 20 と回転軸 50 とは非接触状態となる。リーフ 20 と回転軸 50 とが非接触状態で回転軸 50 が回転することにより、リーフ 20 と回転軸 50 との間に形成された微小間隙で作動気体 G がシールされ、図 7 に示すように、リーフ 20 を境にして、回転軸 50 の周囲の空間が、作動気体 G の高圧空間と低圧空間とに分けられる。また、リーフ 20 と回転軸 50 とが非接触状態で回転軸 50 が回転することにより、リーフ 20 及び回転軸 50 の摩耗が抑制される。

[0065] 図 7 に示すように、高圧空間の作動気体 G の少なくとも一部は、低圧空間に向かって、リーフ 20 の先端部 20 b と回転軸 50 の外周面との間を流れる。また、高圧空間の作動気体 G の少なくとも一部は、高圧側サイドシール板 16 と対向していない側端部 20 c の一部から隙間 S に流入する。高圧側サイドシール板 16 は、側端部 20 c の大部分と対向しているため、高圧空間の作動気体 G が隙間 S に過剰に流入することを抑制する。

[0066] 本実施形態においては、径方向に関する高圧側サイドシール板 16 の寸法（先端部 163 と回転軸 50 の外周面との距離）、及び低圧側サイドシール

板 17 の寸法（先端部 173 と回転軸 50 の外周面との距離）を調整することによって、隣接するリーフ 20 間の隙間 S の圧力分布を調整することができる。

[0067] 本実施形態においては、低圧側サイドシール板 17 の寸法は、高圧側サイドシール板 16 の寸法よりも小さい。これにより、隙間 S の圧力分布は、先端部 20b から基端部 20a に向かって徐々に小さくなる。その圧力分布は、上述した動圧効果による浮上力を補助する。

[0068] 高圧空間から隙間 S に流入した作動気体 G は、リーフ 20 の表面に沿って、リーフ 20 の角部 r1 から角部 r2 に向かって流れる。角部 r1 は、先端部 20b 側かつ高圧空間側の角部である。角部 r2 は、基端部 20a 側かつ低圧空間側の角部である。角部 r2 は、角部 r1 の対角である。

[0069] 径方向に関する低圧側サイドシール板 17 の寸法が高圧側サイドシール板 16 の寸法よりも小さいため、図 7 に示すように、角部 r1 における圧力が最も高く、角部 r2 に向かって徐々に小さくなる圧力分布 40a が形成される。

[0070] 隙間 S の圧力がリーフ 20 の基端部 20a に向かって徐々に小さくなるため、図 8 に示すように、リーフ 20 の表面 20p に作用する圧力分布 40b、及びその表面 20p の反対方向を向く表面 20q に作用する圧力分布 40c のそれぞれは、リーフ 20 の先端部 20b 近傍が最も大きく、基端部 20a に向かって徐々に小さくなる。

[0071] 図 8 に示すように、表面 20p に作用する圧力分布 40b、及び表面 20q に作用する圧力分布 40c は、ほぼ等しい。本実施形態において、複数のリーフ 20 のそれぞれは、回転軸 50 の外周面の接線に対して傾斜するように配置されているため、リーフ 20 の基端部 20a と先端部 20b との間の任意の点 P における表面 20p に作用する圧力と表面 20q に作用する圧力とに差が生じる。具体的には、表面 20q に作用する圧力が表面 20p に作用する圧力よりも高くなる。これにより、リーフ 20 の先端部 20b が回転軸 50 の外周面から離れるように、リーフ 20 に浮上力 FL が発生する。

[0072] 図9は、本実施形態に係る軸シール装置10の一例を示す図である。高压空間と低压空間とが形成されると、シールセグメント11が高压空間から低压空間に向かう力を受けて、低压側サイドシール板17がハウジング9に密着する可能性がある。また、高压空間の圧力が高くなると、高压側サイドシール板16がリーフ20の側端部20cに密着して大きな力で押し付けられる可能性がある。高压側サイドシール板16がリーフ20の側端部20cに大きな力で押し付けられると、回転軸50の回転時においてリーフ20の先端部20cが回転軸50から離れることができない可能性がある。すなわち、高压側サイドシール板16がリーフ20の側端部20cに押し付けられる力が増大し、その力の増大に伴って、対向面161と側端部20cとの摩擦力が増大し、その結果、リーフ20の先端部20cが回転軸50の外周面から円滑に浮上することができなくなる可能性がある。

[0073] 本実施形態においては、高压側サイドシール板16の対向面161が低摩擦係数の膜180の表面で形成されているため、対向面161と側端部20c（側端部12c）の表面との摩擦力が低減される。したがって、リーフ20の先端部20cは回転軸50の外周面から円滑に浮上することができる。

[0074] 次に、図10を参照して、本実施形態に係る軸シール装置10の製造方法の一例について説明する。図10は、本実施形態に係る軸シール装置10の製造方法の一例を示すフローチャートである。

[0075] 軸シール装置10を構成するパーツ（リーフ20、高压側サイドシール板16、及び低压側サイドシール板17など）が製造される（ステップS1）。

[0076] パーツが製造された後、高压側サイドシール板16の表面（対向面）に、側端部20cの表面との摩擦力を低減するための摩擦低減処理が行われる（ステップS2）。上述のように、摩擦低減処理は、高压側サイドシール板16の母材の表面（対向面）に低摩擦係数の膜180を形成する処理を含み、例えば、めっき処理、溶射処理、及び蒸着処理の少なくとも一つを含む。

[0077] 次に、リーフ20、高压側サイドシール板16、及び低压側サイドシール

板 17 の組立てが行われ、シールセグメント 11 が製造される（ステップ S3）。

[0078] そのシールセグメント 11 が回転軸 50 の周囲に配置される（ステップ S4）。これにより、リーフ 20 が回転軸 50 の周囲に複数配置され、回転軸 50 の周囲の空間が回転軸 50 の軸方向に関して高圧空間と低圧空間との 2 つの空間に分けられる。また、回転軸 50 の軸方向に関してリーフ 20 の一側（高圧空間側）に、リーフ 20 の側端部 20c と対向面 161 とが対向するように、高圧側サイドシール板 16 が配置される。また、回転軸 50 の軸方向に関してリーフ 20 の他側（低圧空間側）に、リーフ 20 の側端部 20d と対向面 171 とが対向するように、低圧側サイドシール板 17 が配置される。

[0079] なお、本実施形態において、対向面 161 の全部が膜 180 で形成されてもよいし、対向面 161 の一部が膜 180 で形成され、対向面 161 の一部が高圧側サイドシール板 16 の母材（鋼板）の表面でもよい。

[0080] なお、本実施形態において、側端部 20c の表面が、低摩擦係数の膜 180 で形成されてもよい。また、低圧側サイドシール板 17 の対向面 171 が、低摩擦係数の膜 180 で形成されてもよいし、側端部 20d の表面が、低摩擦係数の膜 180 で形成されてもよい。また、高圧側サイドシール板 16 の表面 162 が、低摩擦係数の膜 180 で形成されてもよいし、低圧側サイドシール板 17 の表面 172 が、低摩擦係数の膜 180 で形成されてもよい。

[0081] 以上説明したように、本実施形態によれば、高圧側サイドシール板 16 がリーフ 20 の側端部 20c に押し付けられても、リーフ 20 及び高圧側サイドシール板 16 の少なくとも一方は、対向面 161 と側端部 20c の表面との摩擦力を低減する摩擦低減処理を施されているため、高圧側サイドシール板 16 がリーフ 20 の先端部 20b の変位（浮上）を阻止しないようにすることができる。そのため、回転軸 50 の回転時において、リーフ 20 の先端部 20c は、回転軸 50 から離れるように円滑に移動して、回転軸 50 と非

接触状態になる。したがって、リーフ 20 と回転軸 50 とが接触した状態で回転軸 50 が回転してしまうことが抑制され、シール性能の低下が抑制される。

[0082] また、本実施形態において、摩擦低減処理は、対向面 161 及び側端部 20c の表面の少なくとも一方を、低摩擦係数の膜 180 の表面とする処理であり、摩擦低減部は、低摩擦係数の膜 180 を含む。例えば、高圧側サイドシール板 16 の表面にめっき処理、溶射処理、及び蒸着処理の少なくとも一つを施して潤滑性が高い膜 180 を形成することにより、対向面 161 と側端部 20c の表面との摩擦力を低減することができる。

[0083] <第 2 実施形態>

第 2 実施形態について説明する。以下の説明において、上述の実施形態と同一又は同等の構成部分については同一の符号を付し、その説明を簡略又は省略する。

[0084] 本実施形態においては、摩擦低減処理が、高圧側サイドシール板 16 の対向面 161 をテクスチャリングする処理を含む例について説明する。本実施形態において、対向面 161（高圧側サイドシール板 16）と側端部 20c の表面（リーフ 20）との摩擦力を低減する摩擦低減部は、対向面 161 をテクスチャリング処理することによって対向面 161 に形成される凹凸面を含む。

[0085] 図 11 及び図 12 のそれぞれは、テクスチャリングされた後の対向面 161 の一例を示す図である。例えば、高圧側サイドシール板 16 の対向面 161 に、サンドブラスト加工のようなテクスチャリング処理を施して、図 11 に示すように、対向面 161 をディンプル状のマイクロレベルの凹凸面としてもよいし、図 12 に示すように、対向面 161 を格子状のマイクロレベルの凹凸面としてもよい。図 11 において、1つのディンプルの直径は、1 μ m 以上 100 μ m 以下でもよい。図 12 において、1つの格子の寸法は、1 μ m 以上 100 μ m 以下でもよい。

[0086] 以上説明したように、本実施形態によれば、対向面 161 をテクスチャリ

ング処理してマイクロレベルの凹凸面とすることにより、対向面161と側端部20cの表面との接触面積が小さくなるため、対向面161と側端部20cの表面との摩擦力を低減することができる。

[0087] なお、本実施形態において、対向面161の全部がテクスチャリングされてもよいし、対向面161の一部がテクスチャリングされ、対向面161の一部がテクスチャリングされなくてもよい。

[0088] なお、本実施形態において、側端部20cの表面が、テクスチャリングされてもよい。また、低圧側サイドシール板17の対向面171が、テクスチャリングされてもよいし、側端部20dの表面が、テクスチャリングされてもよい。また、高圧側サイドシール板16の表面162が、テクスチャリングされてもよいし、低圧側サイドシール板17の表面172が、テクスチャリングされてもよい。

[0089] <第3実施形態>

第3実施形態について説明する。以下の説明において、上述の実施形態と同一又は同等の構成部分については同一の符号を付し、その説明を簡略又は省略する。

[0090] 本実施形態においては、摩擦低減処理が、側端部20cの表面を凸面にする処理を含む例について説明する。本実施形態において、対向面161（高圧側サイドシール板16）と側端部20cの表面（リーフ20）との摩擦力を低減する摩擦低減部は、側端部20cの凸面を含む。

[0091] 図13は、本実施形態に係るリーフ20及び高圧側サイドシール板16の一例を示す模式図である。図13に示すように、リーフ20の側端部20cが、高圧側サイドシール板16側に膨らむ凸面でもよい。図13に示す例において、側端部20cの凸面は、曲面状である。これにより、対向面161と側端部20cの表面との接触面積が小さくなるため、対向面161と側端部20cの表面との摩擦力を低減することができる。

[0092] 図14は、本実施形態に係るリーフ20及び高圧側サイドシール板16の一例を示す模式図である。図14に示すように、リーフ20の側端部20c

が、高圧側サイドシール板 16 から離れる凹面でもよい。図 14 に示す例において、摩擦低減部は、側端部 20c の凹面を含む。図 14 に示す例において、側端部 20c の凹面は、曲面状である。こうすることによっても、対向面 161 と側端部 20c の表面との接触面積が小さくなるため、対向面 161 と側端部 20c の表面との摩擦力を低減することができる。

[0093] 図 15 は、本実施形態に係るリーフ 20 及び高圧側サイドシール板 16 の一例を示す模式図である。図 15 に示すように、リーフ 20 の側端部 20c が、凸面及び凹面の両方を含んでもよい。図 15 に示す例において、摩擦低減部は、側端部 20c の凸面及び凹面を含む。こうすることによっても、対向面 161 と側端部 20c の表面との接触面積が小さくなるため、対向面 161 と側端部 20c の表面との摩擦力を低減することができる。

[0094] なお、本実施形態において、高圧側サイドシール板 16 の対向面 161 が、凹面及び凸面の少なくとも一方を含んでもよい。また、低圧側サイドシール板 17 の対向面 171 が、凹面及び凸面の少なくとも一方を含んでもよいし、側端部 20d の表面が、凹面及び凸面の少なくとも一方を含んでもよい。

符号の説明

- [0095]
- 1 ガスタービンシステム
 - 2 圧縮機（回転機械）
 - 3 燃焼器
 - 4 タービン（回転機械）
 - 10 軸シール装置
 - 11 シールセグメント
 - 12 リーフ積層体
 - 12c 側端部
 - 12d 側端部
 - 16 高圧側サイドシール板
 - 17 低圧側サイドシール板

20 リーフ

20c 側端部

20d 側端部

50 回転軸

161 対向面

162 表面

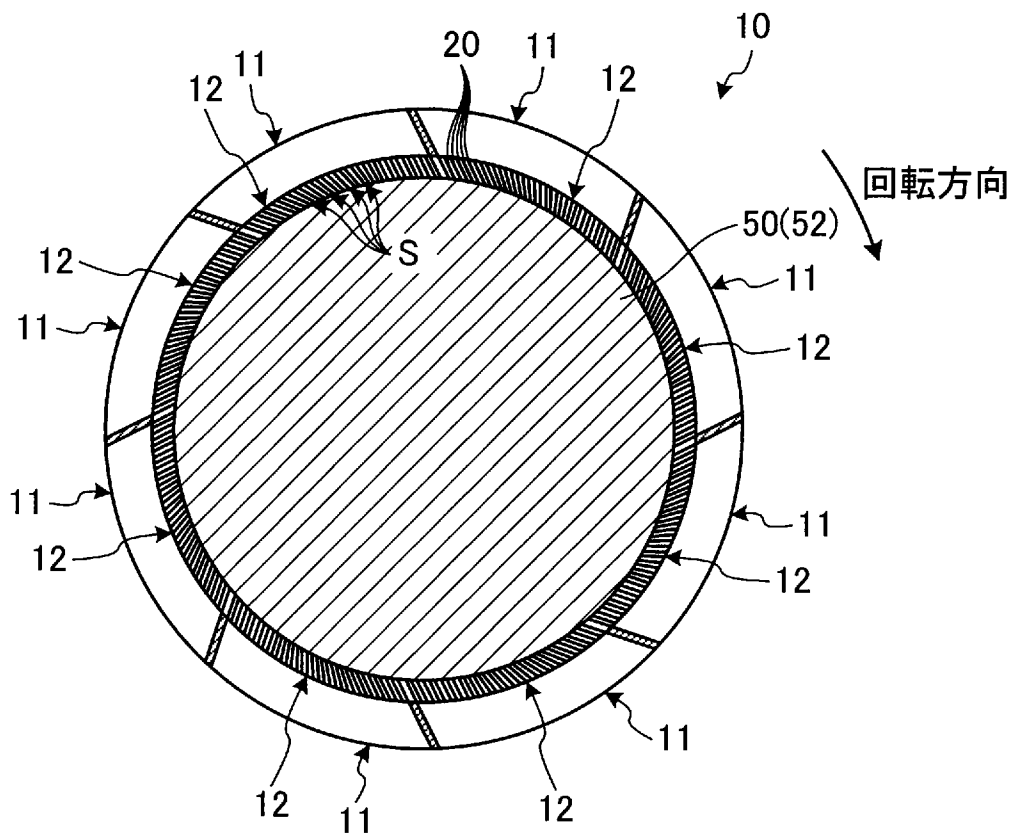
180 膜

請求の範囲

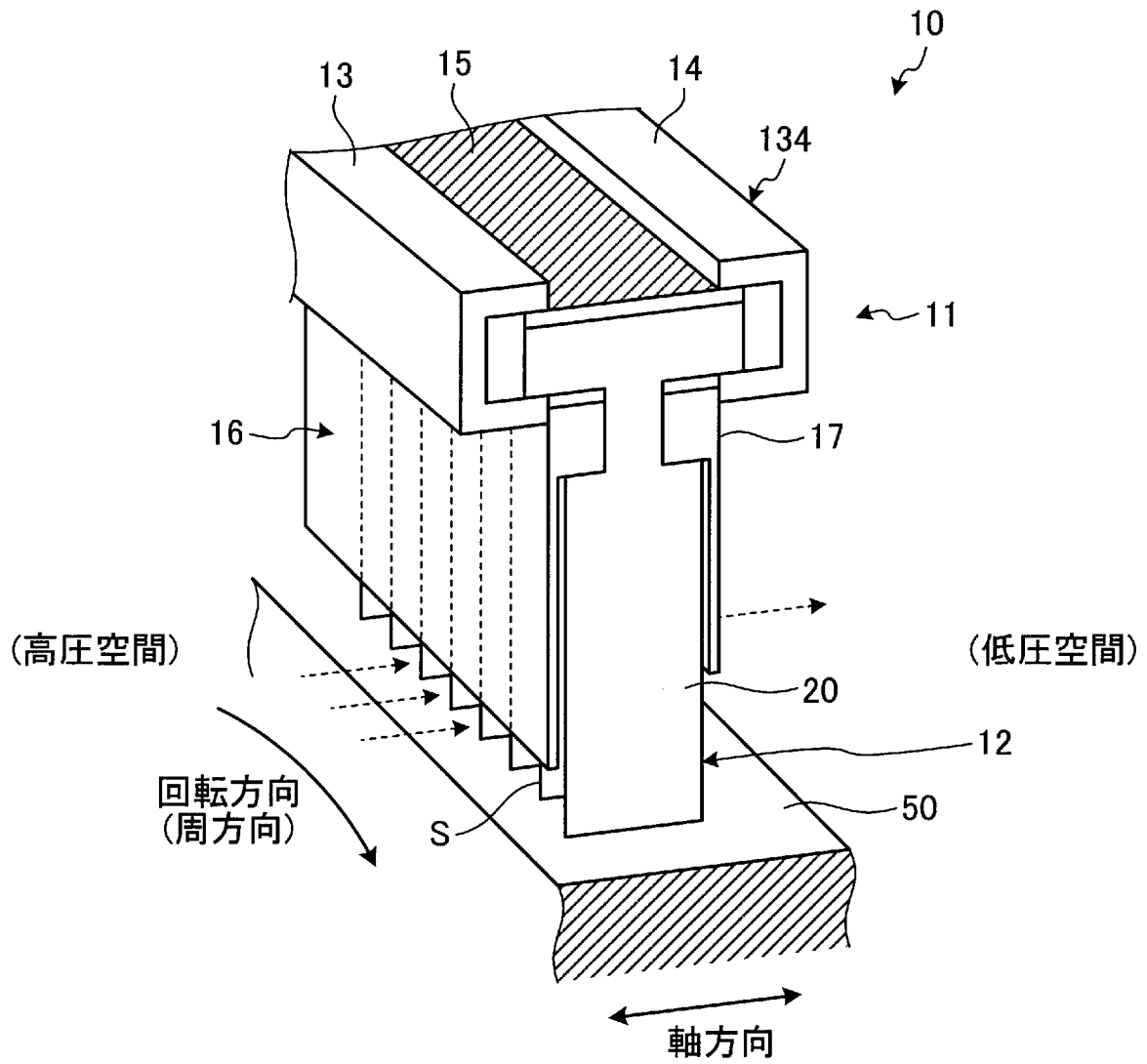
- [請求項1] 回転軸の周囲に複数配置され、前記回転軸の周囲の空間を前記回転軸の軸方向に関して2つの空間に分けるリーフと、
前記軸方向に関して前記リーフの一側に配置され、前記リーフの前記一侧の側端部と対向する対向面を有するサイドシール板と、を備え、
前記リーフ及び前記サイドシール板の少なくとも一方は、前記対向面と前記側端部の表面との摩擦力を低減する摩擦低減部を有する軸シール装置。
- [請求項2] 前記摩擦低減部は、前記対向面及び側端部の表面の少なくとも一方に形成された低摩擦係数の膜を含む請求項1に記載の軸シール装置。
- [請求項3] 前記摩擦低減部は、前記対向面及び側端部の表面の少なくとも一方にテクスチャリング処理で形成される請求項1又は請求項2に記載の軸シール装置。
- [請求項4] 前記摩擦低減部は、前記対向面及び側端部の表面の少なくとも一方に形成された凹面又は凸面を含む請求項1から請求項3のいずれか一項に記載の軸シール装置。
- [請求項5] 回転軸と、
前記回転軸の周囲に配置される請求項1から請求項4のいずれか一項に記載の軸シール装置と、を備える回転機械。
- [請求項6] リーフ及び前記リーフの側端部と対向するように配置されるサイドシール板とを備える軸シール装置の製造方法であって、
前記リーフの前記側端部の表面及び前記側端部と対向する前記サイドシール板の対向面の少なくとも一方に、前記対向面と前記側端部の表面との摩擦力を低減するための摩擦低減処理を行う工程と、
前記リーフを回転軸の周囲に複数配置して、前記回転軸の周囲の空間を前記回転軸の軸方向に関して2つの空間に分ける工程と、
前記軸方向に関して前記リーフの一側に、前記リーフの前記一侧の

側端部と前記対向面とが対向するように、前記サイドシール板を配置する工程と、
を含む軸シール装置の製造方法。

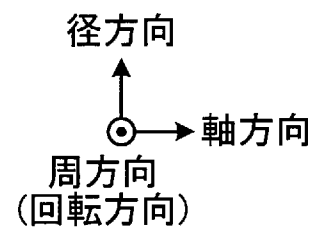
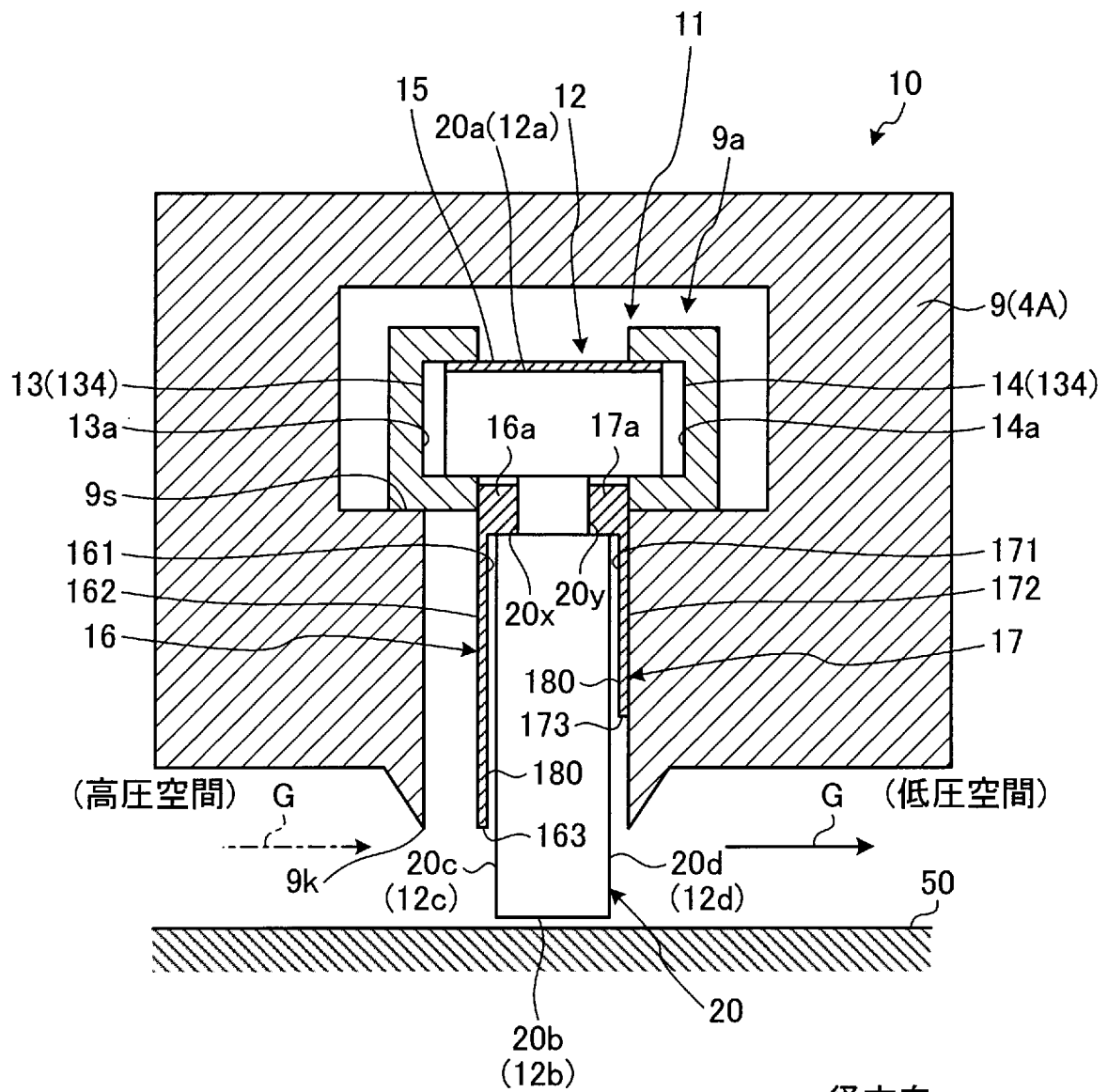
[図2]



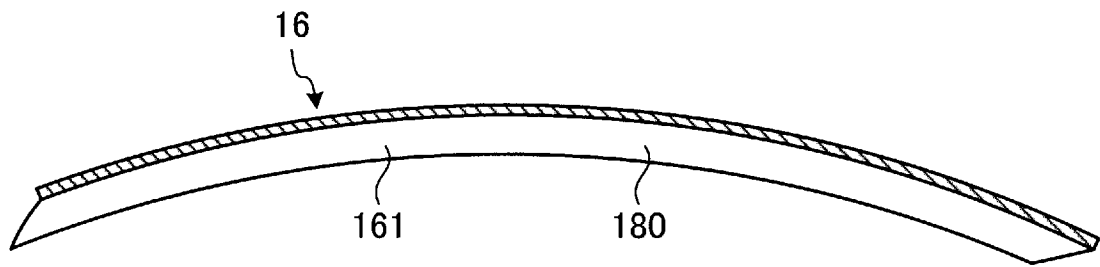
[図3]



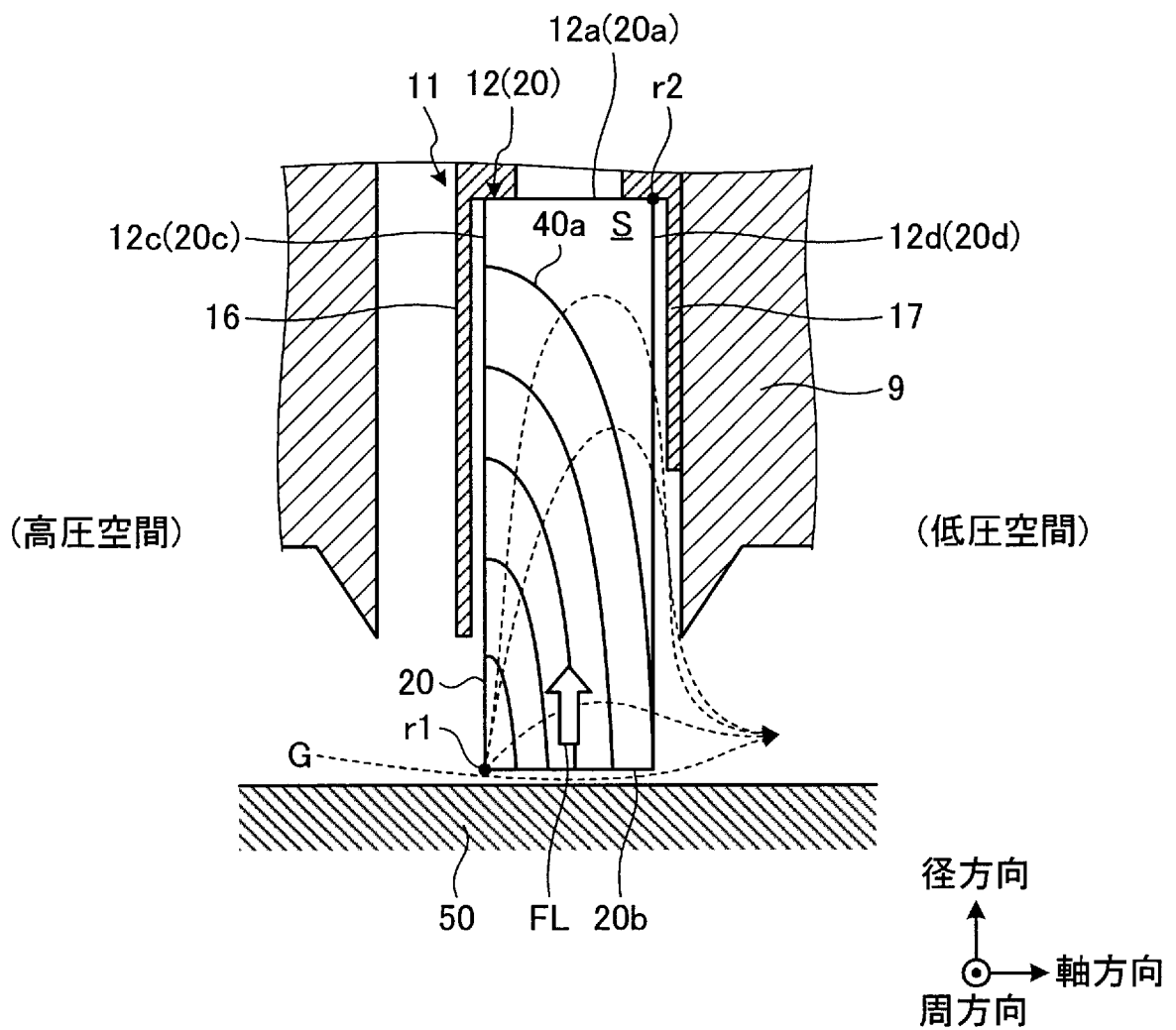
[図4]



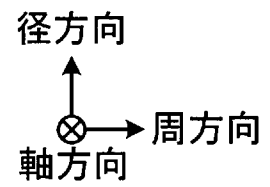
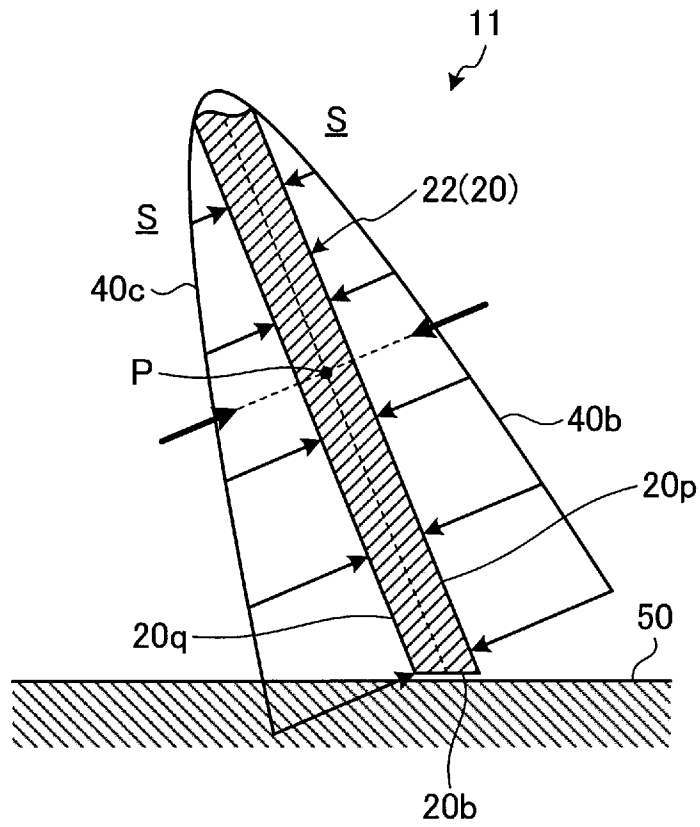
[図6]



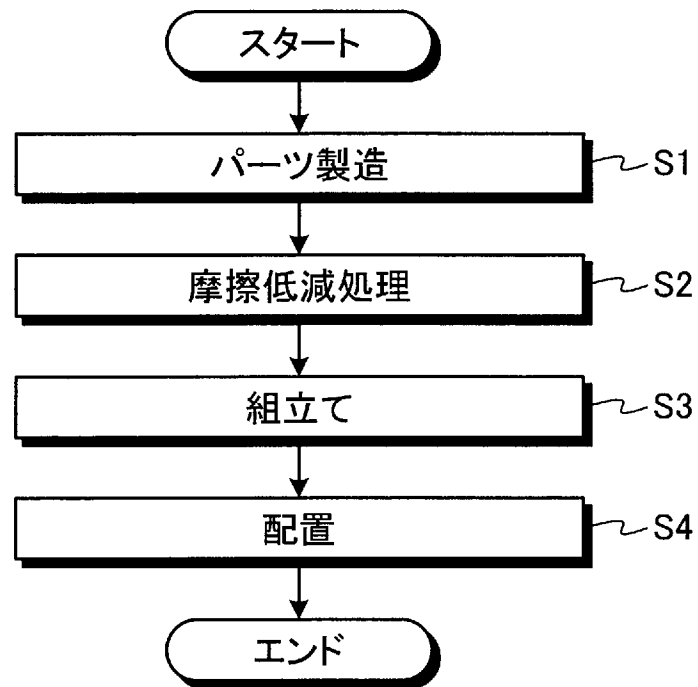
[図7]



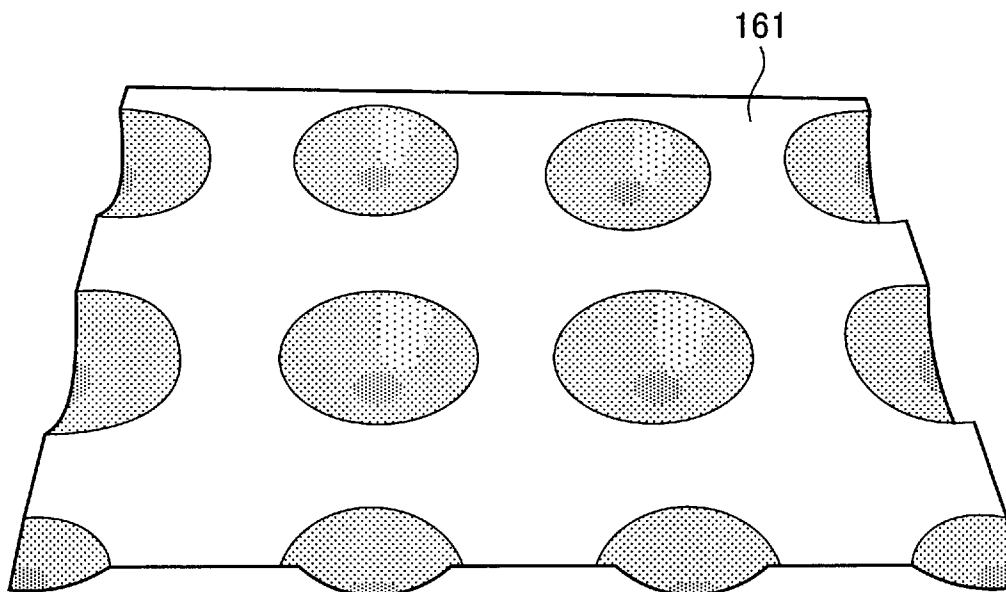
[図8]



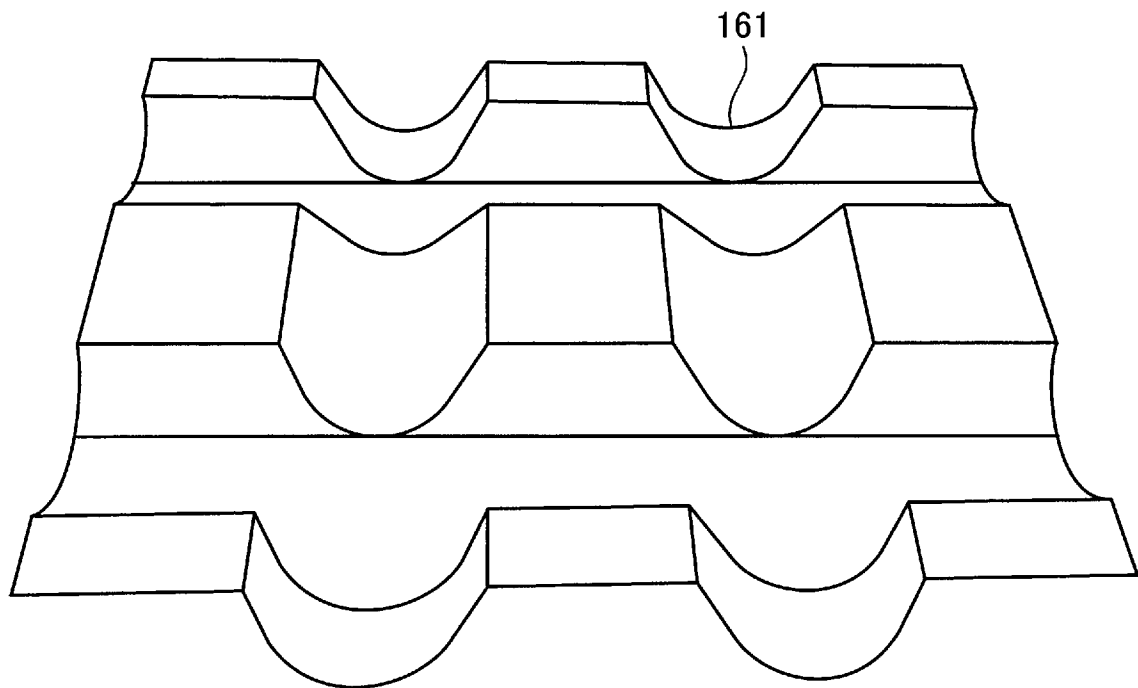
[図10]



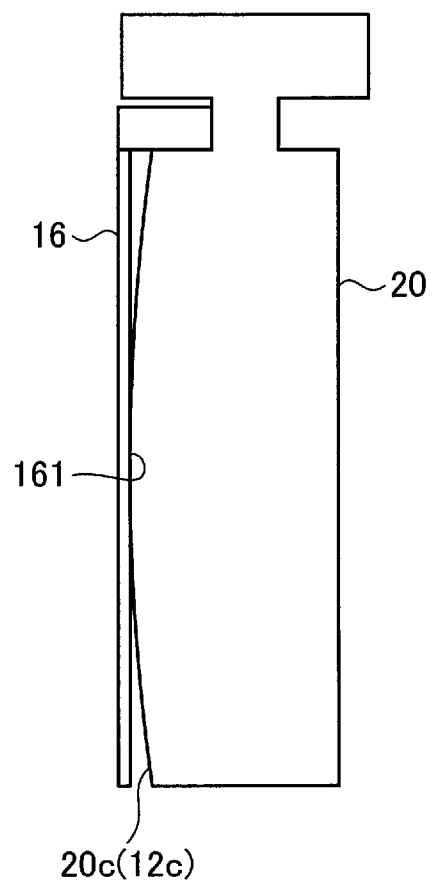
[図11]



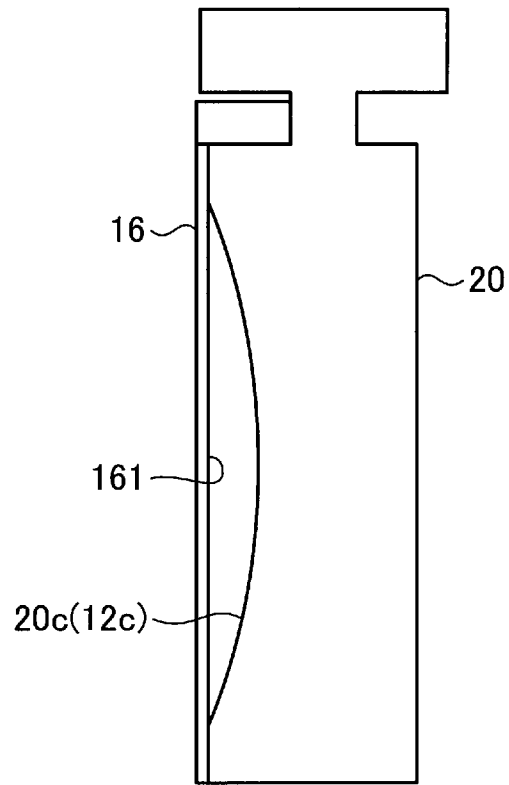
[図12]



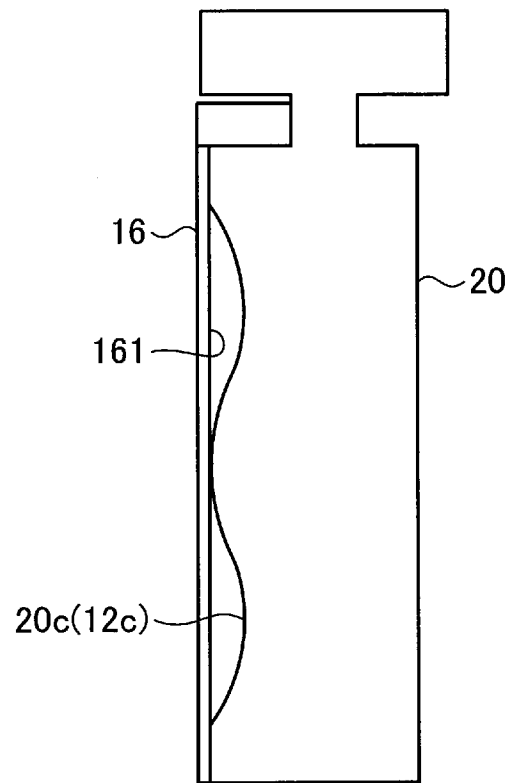
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/079690

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
F01D11/00(2006.01)i, F01D11/12(2006.01)i, F02C7/28(2006.01)i, F16J15/22(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)
F01D11/00, F01D11/12, F02C7/28, F16J15/22

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JSTPlus (JDreamIII), JST7580 (JDreamIII), TEKUSUCHARINGU (in Japanese)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2011-185219 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 22 September 2011 (22.09.2011), paragraphs [0029] to [0032]; fig. 2 to 3, 6 to 8 & US 2012/0261884 A1 & EP 2546466 A1 & WO 2011/111433 A1 & CN 102667067 A & KR 10-2012-0092162 A	1-2, 5-6 3-4
Y A	JP 2003-343730 A (Eagle Kogyo Co., Ltd.), 03 December 2003 (03.12.2003), abstract; paragraphs [0035] to [0037]; fig. 1, 4 to 5 (Family: none)	1-2, 5-6 3-4

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

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

Date of the actual completion of the international search 04 February 2015 (04.02.15)	Date of mailing of the international search report 17 February 2015 (17.02.15)
--	---

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/JP2014/079690

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Hideyuki INOUE, Takeshi HOSOE, Yuta NEGISHI, Yuichiro TOKUNAGA, "Mechanical Seal ni Okeru Dimple Kaikokei no Shudo Tokusei eno Eikyo", Proceedings of JAST Tribology Conference (CD-ROM), D1, Japanese Society of Tribologists, 23 October 2013 (23.10.2013), pages 1 to 2	3-4
A	JP 2013-145007 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 25 July 2013 (25.07.2013), paragraphs [0051] to [0057]; fig. 9 to 10 & US 2013/0181412 A1 & WO 2013/105606 A1 & EP 2803883 A1 & CN 104040229 A & KR 10-2014-0098853 A	1-6
A	JP 2013-40682 A (General Electric Co.), 28 February 2013 (28.02.2013), paragraphs [0013] to [0019], [0027]; fig. 1 to 7 & US 2013/0042456 A1 & EP 2559923 A1	1-6
A	JP 2010-507056 A (H.E.F.), 04 March 2010 (04.03.2010), paragraphs [0017] to [0021] & US 2010/0024592 A1 & EP 2097208 B1 & WO 2008/047062 A2 & FR 2907356 A1 & CA 2668288 A1 & KR 10-1403743 B1 & CN 101573206 A & RU 2009118947 A & TW 200838693 A & MX 2009003947 A & ES 2393559 T3 & SI 2097208 T1 & BR PI0717129 A2 & MY 149379 A	1-6
A	JP 2005-69404 A (NSK Ltd.), 17 March 2005 (17.03.2005), paragraphs [0011] to [0012]; fig. 1 (Family: none)	1-6
A	JP 2007-321986 A (Research Triangle Institute), 13 December 2007 (13.12.2007), paragraph [0028]; fig. 1 & US 6590267 B1 & EP 1317399 B1 & WO 2002/022492 A2 & DE 60122749 T2 & CA 2421934 A1	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. F01D11/00(2006.01)i, F01D11/12(2006.01)i, F02C7/28(2006.01)i, F16J15/22(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. F01D11/00, F01D11/12, F02C7/28, F16J15/22		
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 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015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） [データベースの名称]：JSTPlus(JDreamIII)、JST7580(JDreamIII) 、 [調査に使用した用語]：テキストチャリング		
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	JP 2011-185219 A（三菱重工業株式会社）2011.09.22, 段落[0029]- [0032] , 図 2-3, 6-8 & US 2012/0261884 A1 & EP 2546466 A1 & WO 2011/111433 A1 & CN 102667067 A & KR 10-2012-0092162 A	1-2, 5-6 3-4
X Y	JP 2003-343730 A（イーグル工業株式会社）2003.12.03, 要約, 段落[0035]- [0037] , 図 1, 4-5 (ファミリーなし)	1-2, 5-6 3-4
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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 04.02.2015	国際調査報告の発送日 17.02.2015	
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） 米澤 篤 電話番号 03-3581-1101 内線 3355	3G 4132

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
Y	井上秀行、細江 猛、根岸雄大、徳永雄一郎, メカニカルシールにおけるディンプル開口径のしゅう動特性への影 響, 日本トライボロジー学会トライボロジー会議予稿集 (CD-ROM), D1, 日本トライボロジー学会, 2013. 10. 23, 1-2 ページ	3-4
A	JP 2013-145007 A (三菱重工業株式会社) 2013. 07. 25, 段落[0051]- [0057], 図 9-10 & US 2013/0181412 A1 & WO 2013/105606 A1 & EP 2803883 A1 & CN 104040229 A & KR 10-2014-0098853 A	1-6
A	JP 2013-40682 A (ゼネラル・エレクトリック・カンパニー) 2013. 02. 28, 段落[0013]- [0019], [0027], 図 1-7 & US 2013/0042456 A1 & EP 2559923 A1	1-6
A	JP 2010-507056 A (アッシュ・ウー・エフ) 2010. 03. 04, 段落[0017]- [0021] & US 2010/0024592 A1 & EP 2097208 B1 & WO 2008/047062 A2 & FR 2907356 A1 & CA 2668288 A1 & KR 10-1403743 B1 & CN 101573206 A & RU 2009118947 A & TW 200838693 A & MX 2009003947 A & ES 2393559 T3 & SI 2097208 T1 & BR PI0717129 A2 & MY 149379 A	1-6
A	JP 2005-69404 A (日本精工株式会社) 2005. 03. 17, 段落[0011]- [0012]、図 1 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2007-321986 A (リサーチ・トライアングル・インスティテュー ト) 2007. 12. 13, 段落[0028], 図-1 & US 6590267 B1 & EP 1317399 B1 & WO 2002/022492 A2 & DE 60122749 T2 & CA 2421934 A1	1-6