(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
2017 年 10 月 5 日(05.10.2017)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2017/169936 A1

(51) 国際特許分類:
F16C 27/02 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/011067

(22) 国際出願日: 2017 年 3 月 17 日(17.03.2017)

(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 2016-069044 2016 年 3 月 30 日(30.03.2016) JP

(71) 出願人: ＮＴＮ株式会社(NTN CORPORATION) [JP/JP]; 〒5500003 大阪府大阪市西区京町堀１丁目３番１７号 Osaka (JP).

(72) 発明者: 吉野　真人(YOSHINO Masato); 〒5110867 三重県桑名市陽だまりの丘５丁目１０５番　ＮＴＮ株式会社内 Mie (JP). 藤原　宏樹(FUJIWARA Hiroki); 〒5110867 三重県桑名市陽だまりの丘５丁目１０５番　ＮＴＮ株式会社内 Mie (JP).

(74) 代理人: 城村　邦彦，外(SHIROMURA Kunihiko et al.); 〒5410059 大阪府大阪市中央区博労町４丁目２番１５号　江原特許事務所 Osaka (JP).

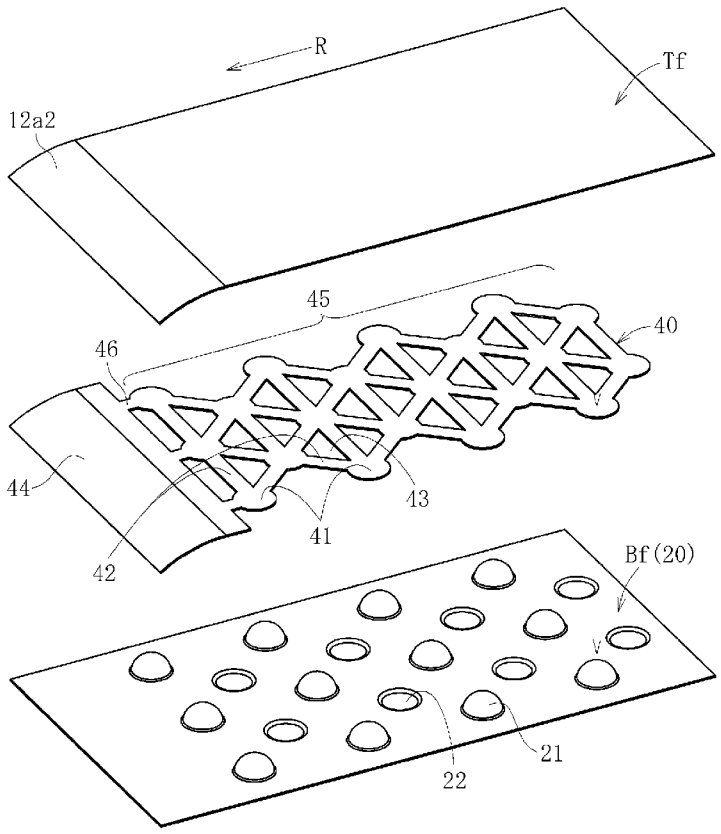
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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,

[続葉有]

(54) **Title**: FILE BEARING

(54) 発明の名称 : フォイル軸受



(57) **Abstract**: A flat middle portion 23 and multiple protruding units 21 protruding towards the front and back of the middle portion 23 are provided on a back file unit Bf. A middle file 40 is arranged between the protruding units 21 and an opposite region X1 of the bearing surface X of the top foil unit Tf, said opposite region X1 being opposite of the protruding units, and the middle file 40 strengthens the rigidity of the opposite region X1.

(57) 要約: バックフォイル部Ｂｆに、平坦な中間部２３と、中間部２３の表側および裏側に突出する複数の突出部２１とを設ける。トップフォイル部Ｔｆの軸受面Ｘのうち突出部と対向する対向領域Ｘ１と、当該突出部２１との間に中間フォイル４０を配置し、この中間フォイル４０で対向領域Ｘ１の剛性を強化する。

WO 2017/169936 A1

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)）

明　細　書

発明の名称 ： フォイル軸受

技術分野

[0001] 本発明は、フォイル軸受に関する。

背景技術

[0002] ホワールが生じ難く、かつ温度変化の大きい環境下でも軸受隙間の隙間幅管理を容易にできる軸受としてフォイル軸受が知られている。フォイル軸受は、曲げに対して剛性の低い可撓性を有する金属薄板（フォイル）で軸受面を構成し、この軸受面のたわみを許容することで荷重を支持するものであり、軸受隙間が運転条件等に応じた適切な幅に自動調整されるという特徴を有する。例えば下記の特許文献１に、ラジアル荷重を支持するラジアルフォイル軸受の一例として、バンプ型と呼ばれるフォイル軸受が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０１３－８７７８９号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献１に記載のフォイル軸受は、円筒状のトップフォイルと、トップフォイルを弾性的に支持するバックフォイル（バンプフォイル）と、トップフォイルおよびバックフォイルが取り付けられた軸受ホルダとを有する。このバンプ型フォイル軸受では、トップフォイルが荷重を受けた際にバックフォイルが弾性変形するため、トップフォイルの撓みが許容されるようになっている。

[0005] ところで、バンプ型フォイル軸受のバックフォイルは、図２６に示すように軸方向（矢印方向）に延びる複数の凸部２００を周方向に配置した波板状の形態を有する。バックフォイルの弾性変形時には、各凸部２００を押し広げるように変形することになるが、その際の変形抵抗が大きく、バックフォ

イルが全体的に高剛性となるため、トップフォイルの柔軟性が不足する傾向にある。トップフォイルの柔軟性が不足すると、軸受隙間の自動調整機能が損なわれ、軸とトップフォイルが接触し易くなる等の不具合を招く。

[0006] そこで、本発明は、トップフォイルの柔軟性を高めたフォイル軸受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] 上記の課題を解決するため、本発明は、支持すべき軸と対向する軸受面を備えたトップフォイル部と、トップフォイル部の背後でトップフォイル部を弾性的に支持するバックフォイル部とを備え、軸と軸受面との間の軸受隙間に生じる流体膜で、相対回転する軸を非接触に支持するフォイル軸受において、前記バックフォイル部に、平坦な中間部と、中間部の表側および裏側に突出する複数の突出部とを設け、トップフォイル部の軸受面のうち突出部と対向する対向領域と、当該突出部との間に、前記対向領域の剛性を強化する剛性強化部を設けたことを特徴とするものである。

[0008] かかる構成では、軸受運転中の軸受隙間で生じる流体圧力により、バックフォイルにトップフォイルを介して流体圧力の作用方向（ラジアル軸受では半径方向、スラスト軸受では軸方向）の圧縮力が作用する。バックフォイルに、平坦な中間部と、中間部の表側および裏側に突出する複数の突出部とを設けることで、中間部がバックフォイルの中でも圧縮力に対する剛性の低い部分となる。そのため、バックフォイルに圧縮力が負荷された際には、中間部が変形して圧縮力を吸収する。従って、そのような平坦部分を有しない、既存のバンプ型フォイル軸受のバックフォイル部に比べ、バックフォイル全体の剛性が小さくなる。これにより、トップフォイルの柔軟性を高めることが可能となる。

[0009] かかる構成では、バックフォイル部の突出部は、中間部に比べて高剛性の部分となる。従って、前記圧縮力の作用下で突出部がトップフォイル部と接触した際にも、突出部は変形せず、専らトップフォイル部が突出部の頂部に倣うように凸状に変形する。この場合、軸受面のうち、突出部と対向する対

向領域では、トップフォイル部の弾性変形が許容されない状態となるため、トップフォイル部が軸と接触し易くなり、トップフォイル部が偏摩耗するおそれがある。

[0010] これに対し、トップフォイル部の軸受面のうち突出部と対向する対向領域と、当該突出部との間に、前記対向領域の剛性を強化する剛性強化部を設ければ、圧縮力が作用した際にも軸受面の対向領域の変形が抑制される。従って、対向領域でのトップフォイル部の弾性変形が許容された状態となる。そのため、軸の変位に対して軸受面全体が追従変形し易くなり、軸との接触によるトップフォイル部の偏摩耗を防止することができる。

[0011] 剛性強化部は、突出部とトップフォイルとの間に配置した中間フォイルで形成することができる。

[0012] この場合、中間フォイルのうち、バックフォイルの中間部と対向する部分に孔を設ければ、軸受面の対向領域を除く領域が弾性変形し易くなるので、軸受面全体の柔軟性を確保することができる。

[0013] 剛性強化部は、対向領域でトップフォイルを他所よりも厚肉にすることにより構成することもできる。

発明の効果

[0014] このように本発明によれば、バックフォイル部の突出部と対向する領域を含む軸受面全体の柔軟性を高めることができる。これにより、軸受隙間の自動調整機能が良好に発揮されるため、軸とトップフォイル部の接触を確実に防止し、フォイル軸受の負荷容量を高めることが可能となる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]マイクロガスタービンのロータ支持構造の概略構成を示す図である。

[図2]本発明にかかるフォイル軸受の断面図である。

[図3]フォイルの平面図である。

[図4]連結した二枚のフォイルを裏面側から見た平面図である。

[図5]三枚のフォイルを仮組みした状態を示す斜視図である。

[図6]フォイルの仮組体をフォイルホルダに取り付ける様子を示す斜視図であ

る。

[図7]フォイル軸受のフォイル重複部を拡大して示す断面図である。

[図8]凹凸フォイル部の斜視図である。

[図9]図８のＡ－Ａ線での断面図である。

[図10]図２に示すフォイル軸受の拡大断面を展開して示す図である。

[図11]凹凸フォイル部の平面図である。

[図12]凹凸フォイル部の平面図である。

[図13]凹凸フォイル部を有するフォイルの平面図である。

[図14]図３に示すフォイル軸受の断面を展開して表した図である。

[図15]図１３中のＢ－Ｂ線の断面図である。

[図16]凹凸フォイル部の他の実施形態を示す断面図である。

[図17]凹凸フォイル部の他の実施形態を示す斜視図である。

[図18]トップフォイル部と第一突出部を拡大して示す断面図である。

[図19]中間フォイルを使用した実施形態を示す斜視図である。

[図20]トップフォイル部と第一突出部を拡大して示す断面図である。

[図21]トップフォイル部と第一突出部を拡大して示す断面図である。

[図22]リーフ型のラジアルフォイル軸受を示す断面図である。

[図23]バンプ型のラジアルフォイル軸受を示す断面図である。

[図24]リーフ型のスラストフォイル軸受を示す斜視図である。

[図25]図２４中のＤ－Ｄ線断面図である。

[図26]バンプ型フォイル軸受のバックフォイルを示す斜視図である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

[0017] 図１に、マイクロガスタービンにおけるロータの支持構造の一例を概念的に示す。この支持構造では、軸６の周囲にラジアル軸受１０が配置され、軸６に設けたフランジ部６ｂの軸方向両側にそれぞれスラスト軸受３０が配置される。これらラジアル軸受１０およびスラスト軸受３０により、軸６がラジアル方向およびスラスト両方向に回転自在に支持される。この支持構造に

おいて、タービン１と圧縮機２の間の領域は、高温・高圧のガスで回転されるタービン１に隣接している関係上高温雰囲気となる。加えて、軸６は、数万ｒｐｍ以上の回転速度で回転する。そのため、この支持構造で使用する軸受１０，３０としては、空気動圧軸受、特にフォイル軸受が適合する。

[0018] 上記のマイクロガスタービン用のラジアル軸受１０に適合するフォイル軸受の一例として、多円弧型と呼ばれるものが使用される。以下、この多円弧型フォイル軸受の基本的構成を図２～図７に基づいて説明する。

[0019] ［多円弧型フォイル軸受の基本的構成］

図２に示すように、多円弧型のラジアルフォイル軸受１０は、円筒面状の内周面１１ａを有するフォイルホルダ１１と、フォイルホルダ１１の内周面１１ａ上で、軸６の回転方向の複数箇所に配置されたフォイル１２とを有する。図示例のフォイル軸受１０は、内周面１１ａの三カ所にフォイル１２を配置した場合を例示している。各フォイル１２の内径側に軸６が挿入されている。

[0020] フォイルホルダ１１は、例えば焼結金属や溶製材等の金属（例えば鋼材）で形成することができる。フォイルホルダ１１の内周面１１ａのうち、回転方向Ｒに離隔した複数箇所（フォイル数と同数）には、各フォイル１２の取り付け部となる軸方向溝１１ｂが形成されている。

[0021] 各フォイル１２を構成するフォイル材は、ばね性に富み、かつ加工性のよい金属、例えば鋼材料や銅合金からなる厚さ２０μｍ～２００μｍ程度の帯状フォイルを、プレス加工等により所定形状に加工することで形成される。鋼材料や銅合金の代表例として、炭素鋼や黄銅を挙げることができるが、一般的な炭素鋼では、雰囲気に潤滑油が存在せず油による防錆効果が期待できないため、錆による腐食が発生し易くなる。また、黄銅では加工ひずみによる置き割れを生じることがある（黄銅中のＺｎの含有量が多いほどこの傾向が強まる）。そのため、帯状フォイルとしては、ステンレス鋼もしくは青銅製のものを使用するのが好ましい。

[0022] 図３に示すように、フォイル１２は、軸６の回転方向Ｒ側の第一領域１２

ａと、反回転方向側の第二領域１２ｂとを有する。

[0023] 第一領域１２ａは、軸受面Ｘを形成するトップフォイル部Ｔｆと、トップフォイル部Ｔｆの表面に沿い、かつ回転方向Ｒと直交する方向Ｎ（以下、単に「直交方向Ｎ」と呼ぶ）の複数箇所に設けられ、かつ、それぞれ回転方向Ｒ側に突出する方向に延びた凸部１２ａ２とを有する。本実施形態では、前記直交方向の三カ所に凸部１２ａ２を形成した場合を例示している。各凸部１２ａ２の基端部には、フォイル縁部から反回転方向に延びる微小な切り込み１２ａ３が設けられている。

[0024] 第二領域１２ｂの後端１２ｄ（反回転方向側の端部）には、前記直交方向Ｎに離隔して、回転方向Ｒに向けて凹んだ二つの切り欠き部１２ｂ２が形成される。各切り欠き部１２ｂ２の前記直交方向Ｎにおける幅寸法は、回転方向Ｒに向けて徐々に縮小している。本実施形態では、切り欠き部１２ｂ２全体を円弧状に形成した場合を例示しているが、各切り欠き部１２ｂ２は、頂部を尖端状とした略Ｖ字状に形成することもできる。各切り欠き部１２ｂ２の前記直交方向Ｎの両側には、それぞれ反回転方向に突出する突出部１２ｂ１が形成されている。

[0025] 第一領域１２ａと第二領域１２ｂの境界部で、かつ前記直交方向Ｎの複数箇所（凸部１２ａ２と同数）には、隣接するフォイル１２の凸部１２ａ２が差し込まれる、スリット状の差込口１２ｃ１が設けられる。このうち、両端の差込口１２ｃ１は、前記直交方向Ｎに直線状に延びて、フォイル１２の両端部にそれぞれ開口している。中央の差込口１２ｃ１は、前記直交方向Ｎに沿って延びる直線状の切り欠き部分と、該切り欠き部分から反回転方向側に延び、その先端を円弧状とした幅広の切り欠き部分とからなる。

[0026] 図４に示すように、一方のフォイル１２の各凸部１２ａ２を、隣接するフォイル１２の差込口１２ｃ１にそれぞれ差し込むことにより、２枚のフォイル１２を連結する事ができる。同図中では、組み合わせ後の二つのフォイル１２のうち、一方のフォイル１２にグレーの色を付している。

[0027] そして、図５に示すように、３枚のフォイル１２を図４と同様の結合手法

により周状に連結する事で、各フォイル１２を仮組みの状態にする事ができる。この仮組体を、図６に示すように、筒状にしてフォイルホルダ１１の内周に矢印Ｂ２の方向へ挿入する事で、フォイル軸受１０が組み立てられる。具体的には、３枚のフォイル１２の仮組体をフォイルホルダ１１の内周に挿入しながら、各フォイル１２の凸部１２ａ２を、フォイルホルダ１１の一方の端面に開口した軸方向溝１１ｂ（図７参照）に軸方向一方側から差込む。以上により、３枚のフォイル１２が、フォイルホルダ１１の内周面１１ａに回転方向Ｒに並べた状態で取り付けられる。

[0028] 図７に示すように、各フォイル１２をフォイルホルダ１１に取り付けた状態では、隣接する二つのフォイル１２同士が交差した状態となる。この交差部分よりも回転方向Ｒ側では、一方のフォイル１２の凸部１２ａ２が、他方のフォイル１２の差込口１２ｃ１を介して他方のフォイル１２の背後に回り込み、フォイルホルダ１１の軸方向溝１１ｂに挿入されている。また、他方のフォイル１２のトップフォイル部Ｔｆが軸受面Ｘを構成している。交差部分よりも反回転方向側では、一方のフォイル１２のトップフォイル部Ｔｆが軸受面Ｘを構成し、他方のフォイルの第二領域１２ｂが一方のフォイル１２の背後に回り込んでバックフォイル部Ｂｆを構成する。このバックフォイル部Ｂｆの反回転方向側の端部は自由端であり、当該端部の位置は、バックフォイル部Ｂｆの弾性変形に応じて周方向（回転方向および反回転方向）に変動する。バックフォイル部Ｂｆの回転方向Ｒ側の端部は、前記交差部分で他のフォイル１２（前記一方のフォイル）と周方向で係合した状態にある。

[0029] トップフォイル部Ｔｆとバックフォイル部Ｂｆが重なり合った部分で、フォイル同士が重複したフォイル重複部Wが構成される。このフォイル重複部Wは、回転方向Ｒの複数箇所（フォイル１２と同数であり、本実施形態では三カ所）に形成される。

[0030] このフォイル軸受１０では、各フォイル１２の回転方向Ｒ側の一端（凸部１２ａ２）がフォイルホルダ１１に取り付けられると共に、反回転方向側の領域が他のフォイル１２と周方向で係合した状態にある。これにより、隣接

するフォイル１２同士が周方向で互いに突っ張り合った状態となるため、各フォイル１２のトップフォイル部Ｔｆがフォイルホルダ１１側に張り出し、フォイルホルダ１１の内周面１１ａに沿った形状に湾曲する。各フォイル１２の回転方向Ｒ側への移動は、各フォイル１２の凸部１２ａ２が軸方向溝１１ｂに突き当たるために規制されるが、各フォイル１２の反回転方向側への移動は規制されず、各フォイル１２は、バックフォイル部Ｂｆの自由端も含めて反回転方向に移動可能である。

[0031] 図７に示すように、軸方向溝１１ｂがフォイルホルダ１１の内周面の接線方向に対して角度θ１だけ僅かに傾斜して設けられるため、軸方向溝１１に挿入された凸部１２ａ２の近傍では、トップフォイル部Ｔｆがフォイル１２全体の湾曲方向（フォイルホルダ１１の内周面１１ａの湾曲方向）と逆方向に湾曲しようとする。また、トップフォイル部Ｔｆは、バックフォイル部Ｂｆに乗り上げることで、フォイルホルダ１１の内周面１１ａから離反する方向に傾斜した状態で立ち上がる。従って、トップフォイル部Ｔｆの軸受面Ｘと軸６の外周面の間に楔空間が形成される。また、トップフォイル部Ｔｆは弾性変形可能なバックフォイル部Ｂｆに弾性的に支持された状態となる。

[0032] 軸６の一方向回転中は、楔空間に生じた空気膜が高圧となるため、軸６が浮上力を受ける。そのため、図２に示すように、各フォイル１２の軸受面Ｘと軸６の間に環状のラジアル軸受隙間Ｃが形成され、軸６がフォイル１２に対して非接触の状態で回転自在に支持される。トップフォイル部Ｔｆの弾性変形により、ラジアル軸受隙間Ｃの隙間幅は運転条件等に応じた適正幅に自動調整されるため、軸６の回転が安定的に支持される。なお、図２においては理解の容易化のためラジアル軸受隙間Ｃの隙間幅を誇張して描いている（図１４、図２２、図２３、図２５も同じ）。

[0033] 軸６の回転中は、流体圧力により、トップフォイル部Ｔｆがバックフォイル部Ｂｆに押さえ付けられて弾性変形するため、バックフォイル部Ｂｆに乗り上げたトップフォイル部Ｔｆには、軸受隙間Ｃの幅方向の段差が形成される。図４に示すように、各フォイル１２の第二領域１２ｂの後端１２ｄに切

り欠き部１２ｂ２を設けた場合には、この段差は、切り欠き部１２ｂ２の形状に対応したヘリングボーン形状となる。トップフォイル部Ｔｆに沿って流れる流体は、上記のヘリングボーン形状の段差に沿って流れるため（矢印を参照）、軸受隙間Ｃのうち、前記直交方向Ｎの二カ所に流体の圧力発生部が形成される。これにより、軸６の浮上効果を高めつつモーメント荷重を支持することが可能となる。本実施形態では、図３に示すように、トップフォイル部Ｔｆに微小な切り込み１２ａ３を形成してトップフォイル部Ｔｆの剛性を低下させているため、トップフォイル部Ｔｆが切り欠き部１２ｂ２に沿って変形する際にも、その変形がスムーズに行われる。

[0034] 以上に説明したフォイル軸受１０では、各フォイル１２のバックフォイル部Ｂｆが図８および図９に示す凹凸フォイル２０で形成される。凹凸フォイル２０は、バックフォイル部Ｂｆの表側（例えば軸受面Ｘ側）に突出する複数の第一突出部２１と、裏側（例えば軸受面Ｘと反対側）に突出する複数の第二突出部２２と、各突出部２１，２２を結合する平坦な中間部２３とを一体に有する。第一突出部２１は中間部２３からその表側に向かって突出し、第二突出部２２は中間部２３からその裏側に向けて突出している。第一突出部２１および第二突出部２２は、その周囲全周が中間部２３につながっている。

[0035] 図１０に凹凸フォイル２０の断面を拡大して表す。図１０に示すように、第一突出部２１、第二突出部２２、および中間部２３は均一な肉厚を有する。第一突出部２１および第二突出部２２は、何れも概略半球状に形成される。第一突出部２１および第二突出部２２の内側は中空状になっているため、フォイル１２を表裏の一方側、例えば表側から見た場合、第二突出部２２が存在する領域は凹部となる。

[0036] この凹凸フォイル２０は、フォイル素材をプレス加工することで形成される。例えば、図３に示すように、各フォイル１２に、トップフォイル部Ｔｆおよびバックフォイル部Ｂｆを形成する場合、図１１に示すように、バックフォイル部Ｂｆの領域に限ってプレス加工を施して第一突出部２１（白抜き

円で示す）、第二突出部２２（ハッチング付きの円で示す）、および中間部２３を形成することで、凹凸フォイル２０と、そのような凹凸を有しない平滑なトップフォイル部Ｔｆとを一体に有するフォイル１２が得られる（図１１のフォイル１２では、図３に示す切り欠き部１２ｂ２が省略されている）。なお、図１１に示す第一突出部２１および第二突出部２２の配置パターンは例示にすぎず、必要に応じて図１１とは異なる任意の配置パターンを採用することができる。

[0037] 三枚のフォイル１２を図４～図６と同様の手順で組み立ててアセンブリとし、このアセンブリをフォイルホルダ１１に取り付けることにより、図２に示すように、各バックフォイル部Ｂｆ（散点模様で示す）を凹凸フォイル２０で形成したラジアルフォイル軸受１０が完成する。図１０に示すように、この状態では、バックフォイル部Ｂｆの第一突出部２１がトップフォイル部Ｔｆに接触し、バックフォイル部Ｂｆの第二突出部２２がフォイルホルダ１１の内周面１１ａに接触する。

[0038] 軸６の回転中は、図１０に示すように、軸受隙間Ｃで生じる空気圧によりトップフォイル部Ｔｆが圧縮力Ｐを受けるため、バックフォイル部Ｂｆには、トップフォイル部Ｔｆを介して圧縮力と同方向の荷重が作用する。中間部２３は圧縮力Ｐの方向と直交する方向に延びる薄板状であるため、バックフォイル部Ｂｆの中でも圧縮力に対する剛性の低い部分となる。そのため、バックフォイル部Ｂｆに圧縮力が負荷されると、図１０に二点鎖線で示すように先ず中間部２３が変形して圧縮力を吸収する。従って、そのような平坦部分を有しない、既存のバンプ型フォイル軸受のバックフォイル部（図２６参照）に比べ、バックフォイル部Ｂｆ全体の剛性を小さくすることができる。これにより、軸受面Ｘの柔軟性が高まるため、軸６の変位等に対して軸受面Ｘが追従変形し易くなり、軸６とトップフォイル部Ｔｆの接触を確実に防止することが可能となる。

[0039] また、図１１から明らかなように、各突出部２１，２２はバックフォイル部Ｂｆの全体に分散して配置されている。具体的には、各突出部２１，２２

とトップフォイル部Ｔｆおよびフォイルホルダ１１との接触部は、一定方向に連続した帯状ではなく、点状に形成される。すなわち、この接触部は、軸受面Ｘに沿う少なくとも直交二方向（例えば回転方向Ｒおよび前記直交方向Ｎ）で、より好ましくは軸受面Ｘに沿うあらゆる方向で、間欠的に形成される。従って、バックフォイル部Ｂｆの変形時には、隣接する同種の突出部（中間部２３からの突出方向を共通にする突出部）間でも相対移動を許容することが可能となり、バックフォイル部Ｂｆの剛性をさらに低くすることができる。因みに、既存のバンプ型フォイル軸受のバックフォイル部では、凸部が軸方向（前記直交方向Ｎ）に延びているため、凸部の軸方向各部間では、このような相対移動を許容することができない。

[0040] ところで、軸受面Ｘに必要とされる剛性の最適値は、軸受面Ｘの各部で異なると考えられる。従って、軸受面Ｘ全体を柔軟にしただけでは、部位によっては軸受面Ｘの剛性が不足し、却って軸受性能が低下するおそれがある。

[0041] これに対し、上記凹凸フォイル２０において、図１２に示すように、第一突出部２１および第二突出部２２の分布密度を変えれば軸受面Ｘの剛性を部分的にコントロールすることが可能となる。例えばバックフォイル部Ｂｆに第一突出部２１および第二突出部２２が密に分布した領域を設ければ、隣接する突出部２１，２２間の支持スパンＳ（図１０参照）が小さくなるため、当該領域の剛性を高くすることができる。これとは逆に、両突出部２１，２２の分布を疎にした領域を設ければ、当該領域の剛性を低くすることができる。従って、バックフォイル部Ｂｆの各部の剛性、延いては軸受面Ｘの各部の剛性をコントロールすることが可能となる。

[0042] 以下、軸受面Ｘの剛性をコントロールした具体例を図１３に基づいて説明する。

図１３は、フォイル１２のうち、バックフォイル部Ｂｆに、第一突出部２１および第二突出部２２を密に分布させた高密度領域Ｈ（クロスハッチングで示す）を帯状かつ楕円状に形成したものである。この際、高密度領域Ｈの回転方向Ｒ側に向かうほど突出部２１，２２を密に分布させ、かつ前記直交

方向Ｎの両端から中央側に向かうほど突出部２１，２２を密に分布させる。第二領域１２ｂのこれ以外の領域には、高密度領域Ｈよりも突出部２１，２２を疎に分布させた低密度領域Ｌ（ハッチングで示す）が形成される。

[0043] 軸６の回転中は、図１４に示すように、フォイル重複部Ｗにおいてトップフォイル部Ｔｆと軸６の間に楔空間が形成される。この際、バックフォイル部Ｂｆに、図１３に示す密度パターンで突出部２１，２２を形成することにより、トップフォイル部Ｔｆの楔空間を形成する領域には、バックフォイル部Ｂｆの剛性差を受けて、図１５に示すように、前記直交方向Ｎの中央部が凹んだ凹部２４が形成される。この凹部２４の前記直交方向Ｎの両側ではトップフォイル部Ｔｆが高剛性となって変形しにくいため、楔空間の空気が前記直交方向Ｎに逃げ難くなる。また、楔空間は回転方向Ｒ側ほど高圧となるが、バックフォイル部Ｂｆの剛性差により、楔空間の最高圧力部付近でトップフォイル部Ｔｆの剛性が最大となるため、最高圧力部からも空気が逃げ難くなる。従って、バックフォイル部Ｂｆに図１３に示す密度パターンで突出部２１，２２を形成することで、楔空間における空気膜の形成効率を向上させることができ、軸６とフォイル１２の接触を確実に防止することが可能となる。

[0044] 既存の多円弧型フォイル軸受では、図３に示すように、バックフォイル部Ｂｆとなる第二領域１２ｂの後端１２ｂに切り欠き部１２ｂ１を設けることにより、楔空間に前記凹部に相当する部分を形成しているが、上記のようにバックフォイル部Ｂｆに剛性差を設ければ、第二領域１２ｂの後端１２ｄにそのような切り欠き部１２ｂ１を形成せずとも（図１１参照）、同形態の凹部２４を形成することが可能となる。もちろん、フォイル１２の後端１２ｄに切り欠き部１２ｂ１を設けた上で、第二領域１２ｂに上記のような突出部２１，２２の密度差を設けても構わない。

[0045] 以上に述べた説明では、バックフォイル部Ｂｆの第一突出部２１および第二突出部２２を全て同じ大きさにしているが、バックフォイル部Ｂｆの表側および裏側のどちらか一方又は双方に、他とは大きさの異なる突出部を形成

することもできる。図１６はその一例を示すもので、表側の第一突出部２１として大突出部２１ａおよび小突出部２１ｂを設け、裏側の第二突出部２２として大突出部２２ａおよび小突出部２２ｂを設けたものである。大突出部２１ａ，２２ａと小突出部２１ｂ、２２ｂでは、中間部２３からの突出量が異なる。

[0046] 図１６に示すバックフォイル部Ｂｆにおいて、これに与える圧縮力（軸受隙間Ｃの幅方向の圧縮荷重）を徐々に増加させると、中間部２３が変形してから大突出部２１ａ，２２ａが変形し、最後に小突出部２１ｂ、２２ｂが変形するようになる。従って、圧縮荷重が小さい時には、荷重の増加量に対するバックフォイル部Ｂｆの変形量が大きくなり、圧縮荷重が大きい時は、荷重の増加量に対するバックフォイル部Ｂｆの変形量が小さくなる。すなわち、バックフォイル部Ｂｆのばね特性に非線形性を与えることができる。

[0047] このようにバックフォイル部Ｂｆのばね特性が非線形性を有する場合、圧縮荷重が低い時はトップフォイル部Ｔｆが変形し易くなるため、空気膜の圧力が低い状態（軸６の回転開始直後や停止直前）でも楔空間が形成され易くなる。その一方で、圧縮荷重が高い時はトップフォイル部Ｔｆが変形し難くなるため、空気膜の圧力が高い状態（軸６の定常回転状態）でもトップフォイル部Ｂｆの変形を抑えて楔空間からの空気の漏れを防止することができる。従って、低速回転および高速回転を問わず、軸６を安定して支持することが可能となる。

[0048] 図１７は、図８に示すバックフォイル部Ｂｆの中間部２３に多数の開口部２６を設けることで中間部２３の剛性を低下させたものである。これにより、中間部２３がより柔軟となるため、バックフォイル部Ｂｆの剛性をさらに低下させ、トップフォイル部Ｔｆの変形自由度を向上させることができる。図１７に示す実施形態では、各突出部２１、２２から放射状に中間部２３を延ばして各中間部２３を隣接する突出部２１、２２に結合している。この場合、開口部２６の面積や数を調整して開口部２６の分布状態を変更することで、中間部２３の剛性、さらにバックフォイル部Ｂｆの剛性を各部でコント

ールすることが可能になる。

[0049] 以上に述べたバックフォイル部Ｂｆのばね特性を変更する手段、すなわち突出部２１，２２の分布密度の変更（図１２）、突出部２１，２２の大きさの変更（図１６）、および開口部２６の分布状態の変更（図１７）、のうち何れか一つの手段を選択し、もしくは二以上の手段を適宜組み合わせることにより、バックフォイル部Ｂｆの各部のばね特性を最適化することができる。これにより、軸受面Ｘの各部を、軸受機能上、最適な剛性に設定することが可能となり、軸受設計の自由度が飛躍的に高まる。突出部２１，２２として半球状（断面円弧状）のものを例示したが、突出部２１，２２の形態は任意であり、例えば断面を多角形状にすることもできる。このように突出部２１，２２の形状（断面形状）を変化させることで、バックフォイル部Ｂｆの剛性やばね特性を変化させることができる。

[0050] [本発明の特徴的構成]

次に本発明の特徴的構成を説明する。

バックフォイル部Ｂｆに凹凸フォイル２０を使用した構成では、圧縮力Ｐに対する突出部２１，２２の剛性が平坦部２３よりも大きいため、圧縮力Ｐでトップフォイル部Ｔｆがバックフォイル部Ｂｆに押し付けられた際にも、図１８に示すように、トップフォイル部Ｔｆと接触した第一突出部２１はほとんど変形しない。そのため、トップフォイル部Ｔｆが第一突出部２１の頂部に倣うように変形し、軸受面Ｘの第一突出部２１と対向する領域Ｘ１（以下、「対向領域」と称する）に曲率半径の小さい凸部が形成される。この状態では、対向領域Ｘ１でのトップフォイル部Ｔｆの弾性変形が規制されるため、軸受面Ｘの対向領域Ｘ１が軸６と摺動し易くなり、トップフォイル部Ｔｆが偏摩耗するおそれがある。

[0051] この対策として、本発明では、図１９に示すように、トップフォイル部Ｔｆとバックフォイル部Ｂｆの間に中間フォイル４０を介在させている。中間フォイル４０は、バックフォイル部Ｂｆの第一突出部２１に対応して設けられた複数の接触部４１と、隣接する接触部２１を連結する柱部４２とを一体

に有する。複数の柱部４２で囲まれた領域には孔４３が形成される。この孔４３は中間フォイル４０の複数箇所に設けられ、何れもバックフォイル部Ｂｆの中間部２３および第二突起部２２と対向する位置にある。

[0052] 中間フォイル４０の回転方向Ｒ側の端部には、取り付け部４４が形成される。取り付け部４４と、接触部４１および柱部４２の集合体である本体部４５とは、連結部４６を介して連結されている。中間フォイル４０の本体部４５は、少なくとも隣接するフォイル１２のバックフォイル部Ｂｆを覆う形状および寸法を有する。

[0053] 中間フォイル４０は、トップフォイル部Ｔｆと重ねた状態でフォイルホルダ１１（図２参照）に取り付けられる。この取り付けは、トップフォイル部Ｔｆの凸部１２ａ２と中間フォイル４０の取り付け部４４とを重ね、重ねた凸部１２ａ２および取り付け部４４をフォイルホルダ１１の軸方向溝１１ｂ（図７参照）に挿入することで行われる。

[0054] かかる構成では、図２０に示すように、トップフォイル部Ｔｆとバックフォイル部Ｂｆの第一突出部２１との間に中間フォイル４０の接触部４１が配置される。圧縮力Ｐでトップフォイル部Ｔｆがバックフォイル部Ｂｆ側に押しつけられると、中間フォイル４０の接触部４１が第一突出部２１と接触する。この際、中間フォイル４０の接触部４１が軸受面Ｘの対向領域Ｘ１の変形を抑制するため、対向領域Ｘ１は曲率半径の大きい凸部となり、軸受面Ｘは対向領域Ｘ１を含む全体で滑らかに連続した形態に変形する（トップフォイル部Ｔｆと中間フォイル４０の接触部４１との間に僅かな隙間Ｙが形成される）。この状態では、接触部４１が第一突出部２１と密着せずに点接触もしくはそれに近似した接触状態となるため、対向領域Ｘ１でのトップフォイル部Ｔｆの弾性変形が許容された状態にある。従って、トップフォイル部Ｔｆ全体の柔軟性を確保して、軸６との接触によるトップフォイル部Ｔｆの偏摩耗を防止することが可能となる。このように中間フォイル４０の接触部４１は、軸受面Ｘのうち、第一突出部２１と対向する対向領域Ｘ１の剛性を強化する剛性強化部として機能する。

[0055] 以上に述べた効果は、軸受面Ｘの対向領域Ｘ１と第一突出部２１との間に対向領域Ｘ１の剛性を強化する剛性強化部を設け、軸受面Ｘの対向領域Ｘ１の変形を抑制することにより達成できる。例えば、図２１に示すように、中間フォイル４０の接触部４１をトップフォイル部Ｔｆと一体化した場合、すなわち中間フォイル４０を用いることなく、トップフォイル部Ｔｆの裏側（第一突出部２１と接触する部分）を部分的に突出させることにより、トップフォイル部Ｔｆを部分的に厚肉に形成した場合にも、対向領域Ｘ１でのトップフォイル部Ｔｆの変形が抑制される。従って、対向領域Ｘ１を含む軸受面Ｘの全体を弾性変形させることができ、上記と同様にトップフォイル部Ｔｆの偏摩耗を防止することが可能となる。この実施形態では、トップフォイル部Ｔｆの厚肉となった部分４１が、対向領域Ｘ１の剛性を強化する剛性強化部として機能する。このように裏面に凸状の剛性強化部４１を形成したトップフォイル部Ｔｆは、例えばエッチング等の方法で製作することができる。

[0056] なお、図１９に示す実施形態において、中間フォイル４０を孔４３のない一枚板状に形成した場合にも、軸受面Ｘの対向領域Ｘ１での変形を抑制して軸６との接触によるトップフォイル部Ｔｆの偏摩耗を防止できると考えられる。その一方で、かかる構成では、軸受面Ｘの対向領域Ｘ１だけでなく、対向領域Ｘ１以外の部分（バックフォイル部Ｂｆの中間部２３と対向する部分）でも軸受面Ｘの剛性が強化されて変形し難くなる。そのため、軸受面Ｘ全体の柔軟性が低下し、軸受隙間の自動調整機能が損なわれるおそれがある。

[0057] 以上の説明では、フォイル軸受１０として、いわゆる多円弧型のラジアルフォイル軸受を例示したが、本発明を適用可能なフォイル軸受の形態はこれに限られない。例えば、図２２に示すいわゆるリーフ型のラジアルフォイル軸受１０にも本発明を適用することができる。リーフ型フォイル軸受は、回転方向Ｒ側の一端を自由端とし、反回転方向側の他端を固定端とした複数のフォイル１２（リーフ）を軸６の回転方向Ｒに配置したもので、各フォイル１２の回転方向Ｒ側の領域がトップフォイル部Ｔｆとして機能し、反回転方向側の領域がバックフォイル部Ｂｆとして機能する。このリーフ型のラジア

ルフォイル軸受において、各リーフ１２のバックフォイル部Ｂｆ（散点模様で示す）を凹凸フォイル２０で形成し、さらに図２０に示すように中間フォイル４０を使用し、あるいは図２１に示すようにトップフォイル部Ｔｆを部分的に厚肉に形成することにより、上記と同様の効果を得ることができる。

[0058] また、図２３に示すいわゆるバンプ型のラジアルフォイル軸受１０にも本発明を適用することもできる。バンプ型のフォイル軸受１０では、バックフォイル部Ｂｆの全体を凹凸フォイル２０で形成し、さらに図２０に示す中間フォイル４０（図２３での図示は省略）を使用し、あるいは図２１に示す部分的に厚肉にしたトップフォイル部Ｔｆを使用することにより、上記と同様の効果を得ることができる。図２３では、バックフォイル部Ｂｆをフォイルホルダ１１の内周面１１ａの全周にわたって連続させているが、バックフォイル部Ｂｆを周方向の一個所もしくは複数箇所で分割することもできる。この場合、分割した個々の要素が凹凸フォイル２０で形成される。

[0059] さらに図２４に示すスラストフォイル軸受３０にも本発明を適用することもできる。図２４はスラストフォイル軸受３０の一例として、リーフ型のスラストフォイル軸受を示している。このスラストフォイル軸受においても、図２５に示すように、各リーフ１２のバックフォイル部Ｂｆ（散点模様で示す）を凹凸フォイル２０で形成し、さらに図２０に示す中間フォイル４０（図２４での図示は省略）を使用するか、もしくは図２１に示す部分的に厚肉にしたトップフォイル部Ｔｆを使用することにより、上記と同様の効果を得ることができる。

[0060] なお、以上の説明では、軸６を回転側部材とし、フォイルホルダ１１を固定側部材とした場合を例示したが、これとは逆に軸６を固定側部材とし、フォイルホルダ１１を回転側部材とする場合にも本発明を適用することができる。但し、この場合はフォイル１２が回転側部材となるので、遠心力によるフォイル１２全体の変形を考慮してフォイル１２の設計を行う必要がある。

[0061] また、本発明にかかるフォイル軸受は、上述したガスタービンに限られず、例えば過給機をはじめとするターボ機械のロータを支持するフォイル軸受

としても使用することができる。以上の例示に限らず、本発明にかかるフォイル軸受は、自動車等の車両用軸受、さらには産業機器用の軸受として広く使用することが可能である。また、本実施形態の各フォイル軸受は、圧力発生流体として空気を使用した空気動圧軸受であるが、これに限らず、圧力発生流体としてその他のガスを使用することもでき、あるいは水や油などの液体を使用することも可能である。

符号の説明

[0062]

６	軸
１０	フォイル軸受
１１	フォイルホルダ
１１ａ	内周面
１２	フォイル
２０	凹凸フォイル
２１	突出部（第一突出部）
２２	突出部（第二突出部）
２３	中間部
４０	中間フォイル
４１	剛性強化部（接触部）
４２	柱部
４３	孔
Ｃ	軸受隙間
Ｘ	軸受面
Ｘ１	対向領域

請求の範囲

[請求項1] 支持すべき軸と対向する軸受面を備えたトップフォイル部と、トップフォイル部の背後でトップフォイル部を弾性的に支持するバックフォイル部とを備え、軸と軸受面との間の軸受隙間に生じる流体膜で、相対回転する軸を非接触に支持するフォイル軸受において、

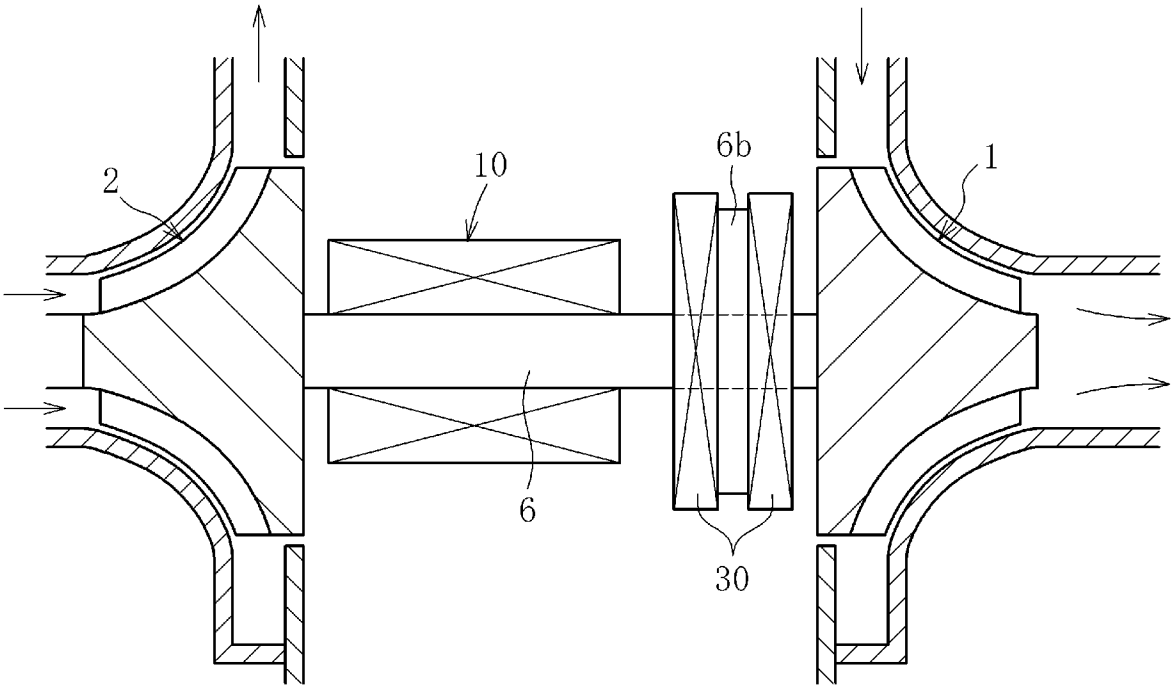
前記バックフォイル部に、平坦な中間部と、中間部の表側および裏側に突出する複数の突出部とを設け、トップフォイル部の軸受面のうち突出部と対向する対向領域と、当該突出部との間に、前記対向領域の剛性を強化する剛性強化部を設けたことを特徴とするフォイル軸受。

[請求項2] 前記剛性強化部を、前記突出部とトップフォイルとの間に配置した中間フォイルで形成した請求項１に記載のフォイル軸受。

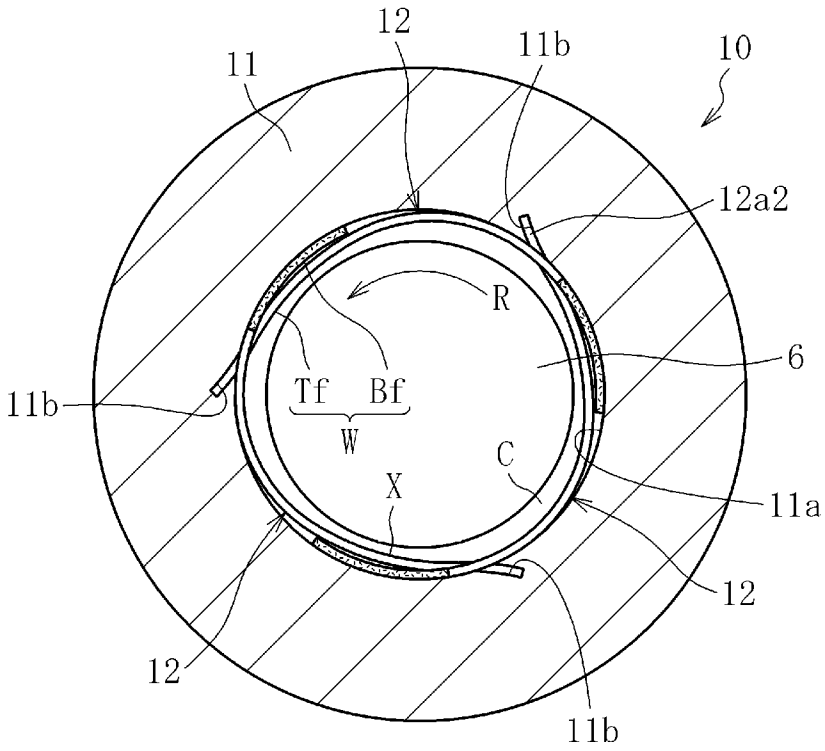
[請求項3] 前記中間フォイルのうち、バックフォイルの中間部と対向する部分に孔を設けた請求項１記載のフォイル軸受。

[請求項4] 前記剛性強化部を、前記対向領域でトップフォイルを他所よりも厚肉にすることで構成した請求項１に記載のフォイル軸受。

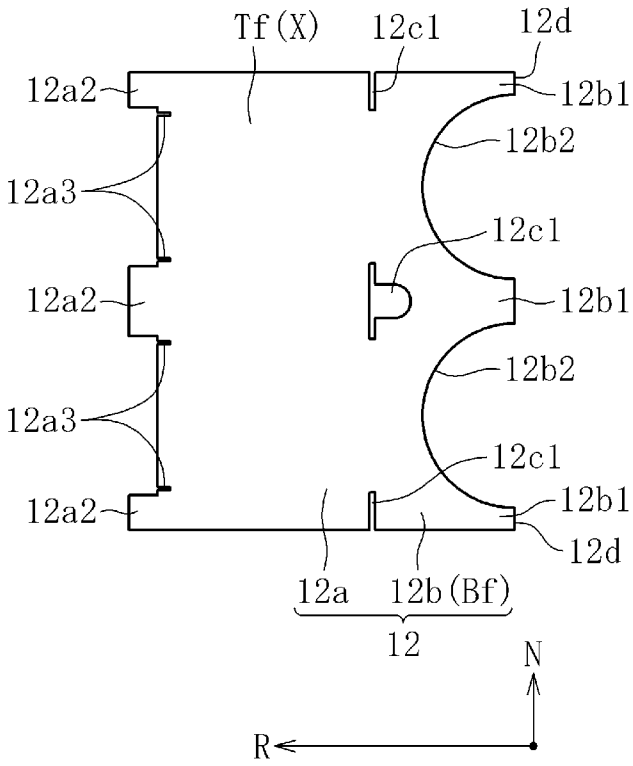
[図1]



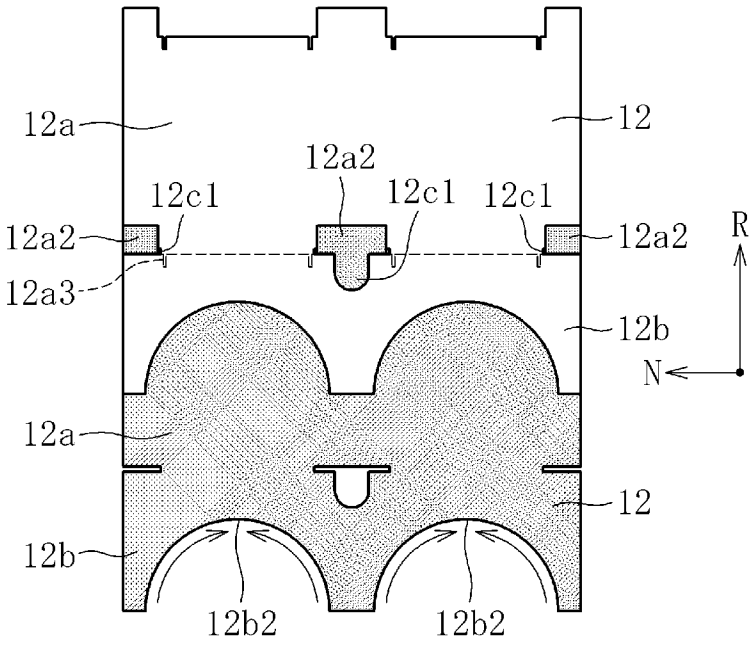
[図2]



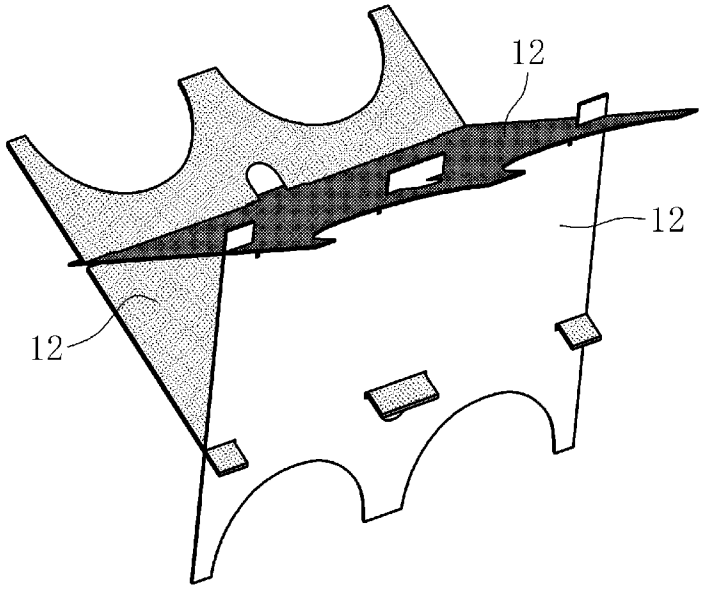
[図3]


Tf(X)
12c1
12d
12a2
12b1
12b2
12a3
12c1
12a2
12b1
12b2
12a3
12c1
12a2
12b1
12d
12a
12b(Bf)
12
N
R

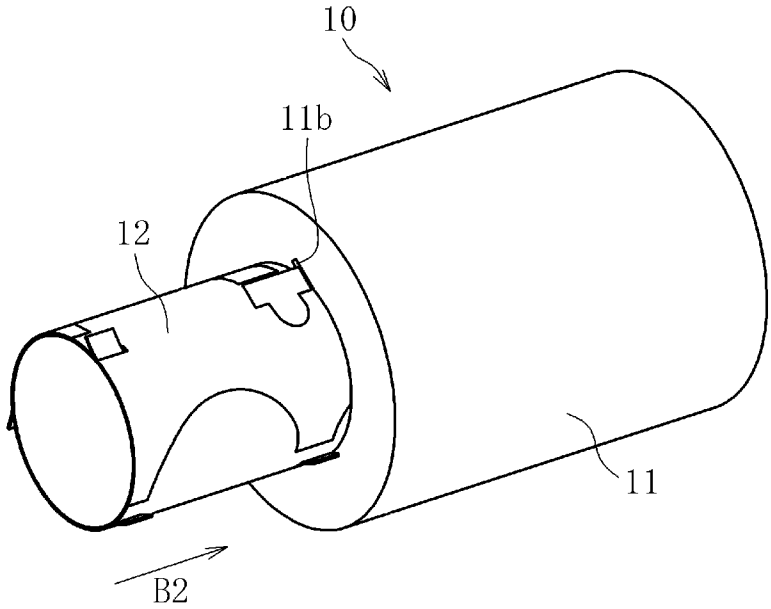
[図4]


12a
12
12a2
12c1
12c1
12c1
12a2
12a2
12a3
R
12b
N
12a
12
12b
12b2
12b2

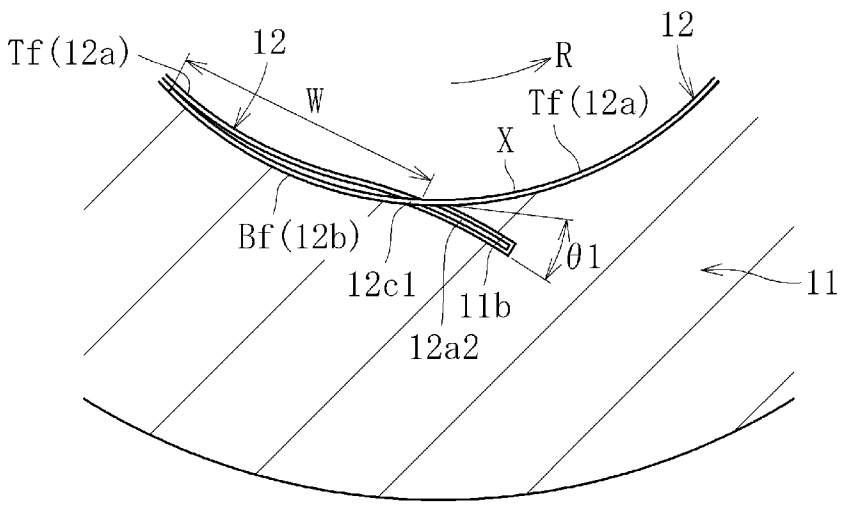
[図5]


12
12
12

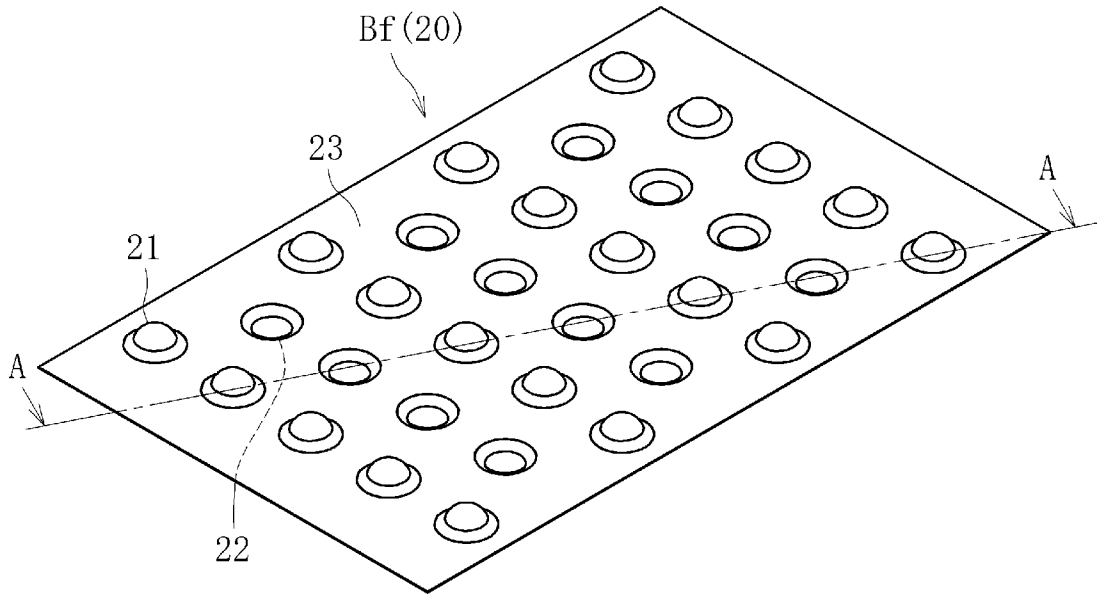
[図6]


10
11b
12
11
B2

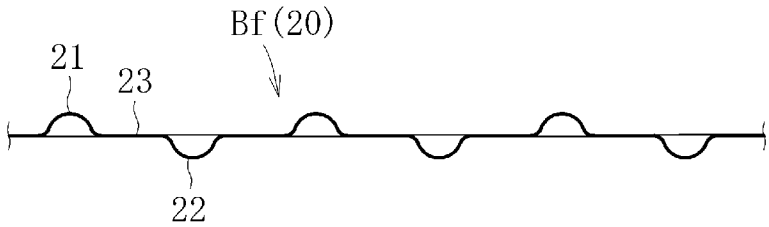
[図7]


Tf(12a)
12
W
R
12
Tf(12a)
X
Bf(12b)
θ1
12c1
11b
12a2
11

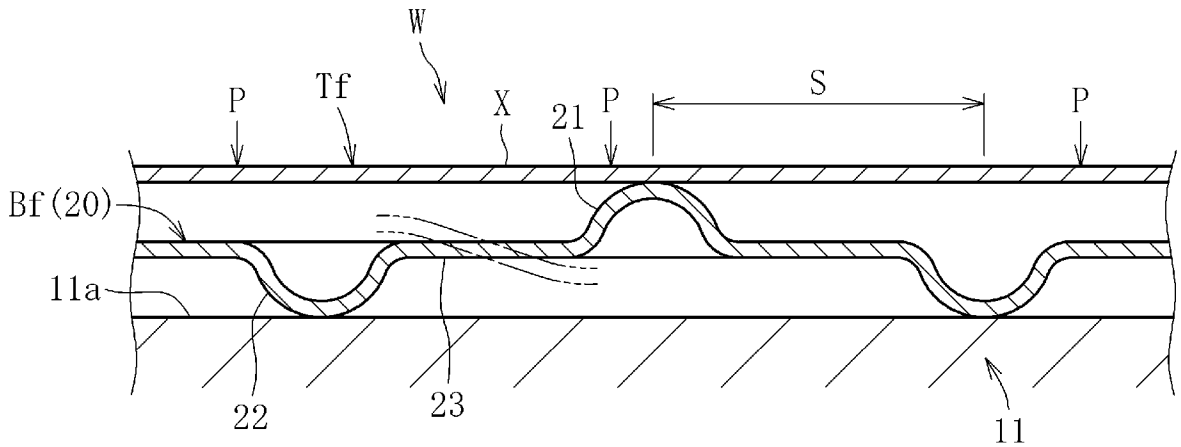
[図8]



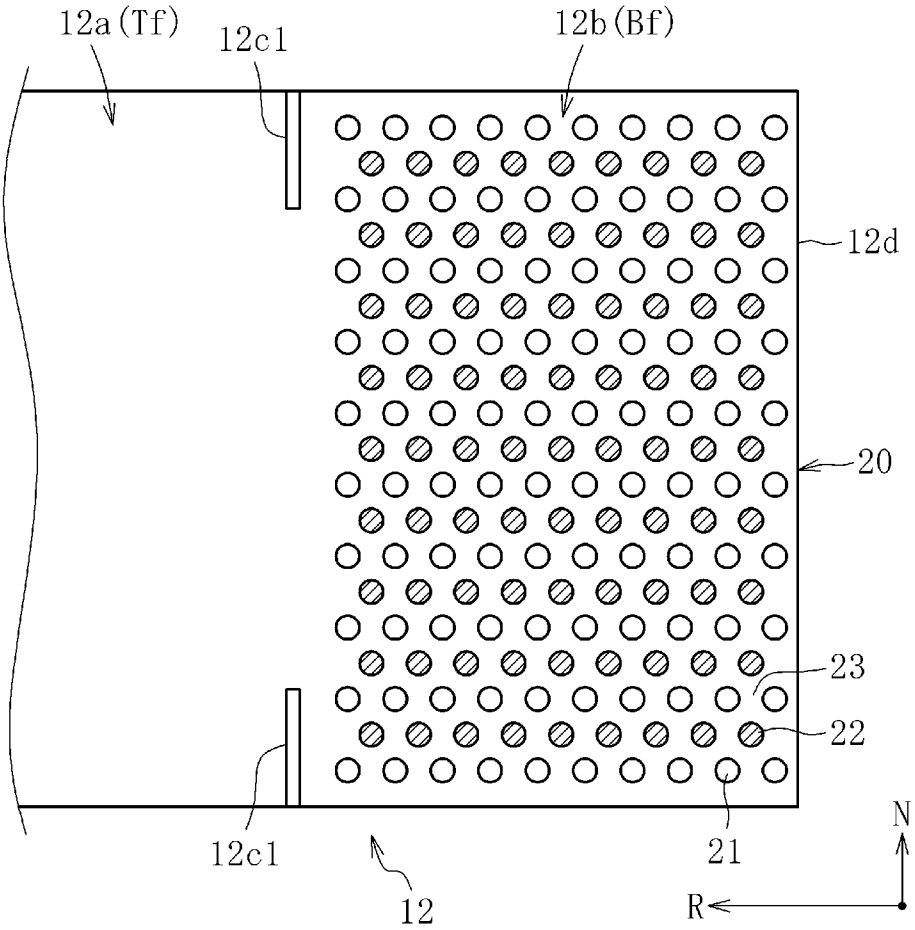
[図9]



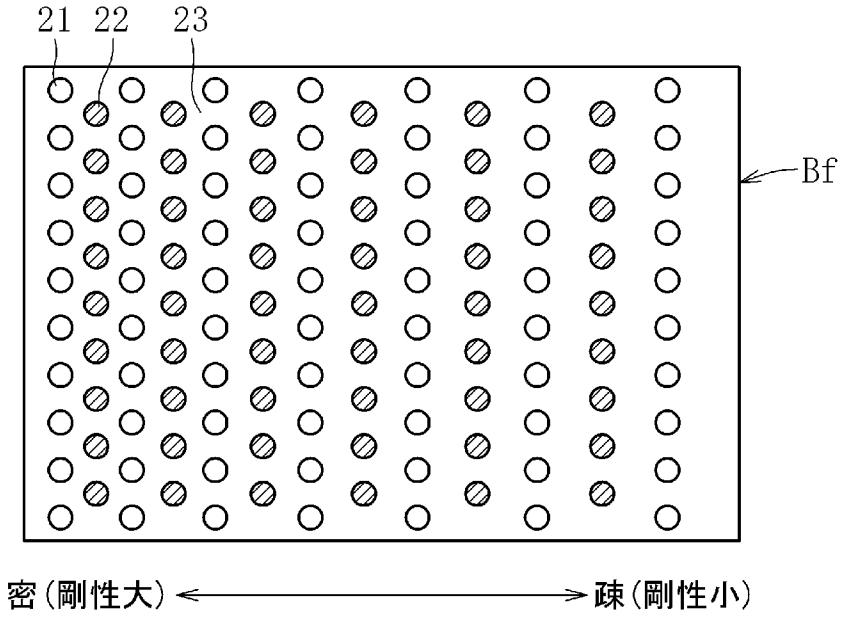
[図10]



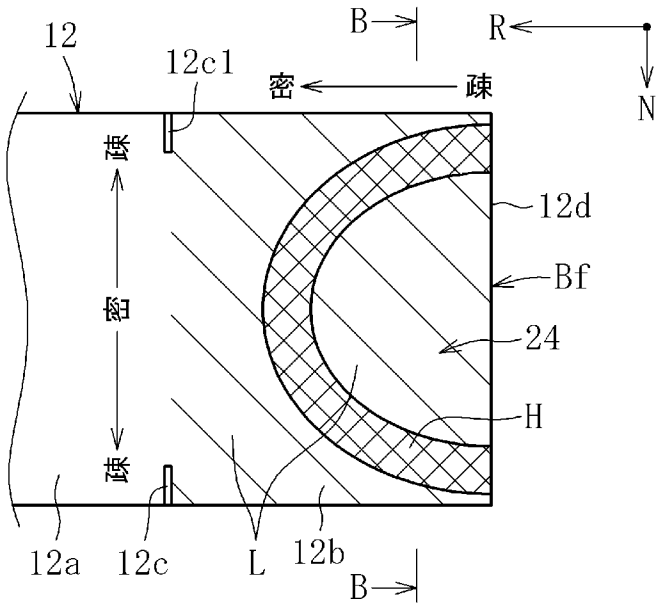
[図11]



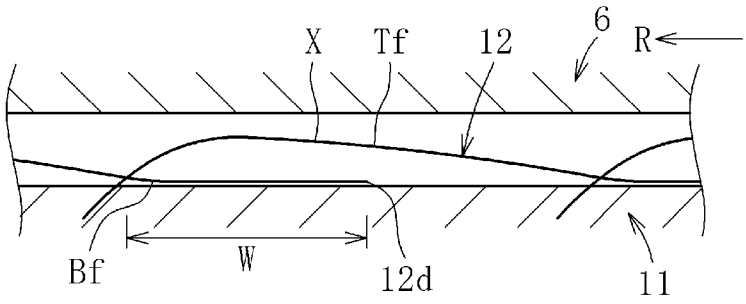
[図12]



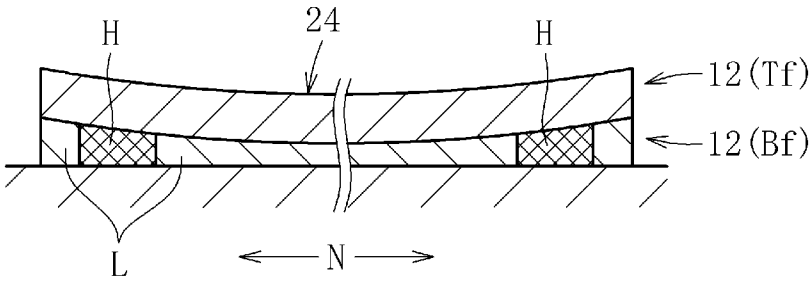
[図13]



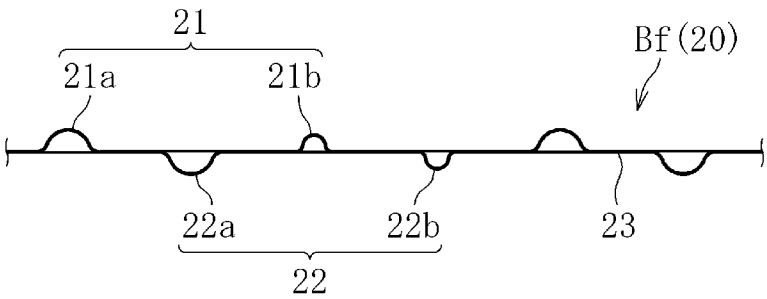
[図14]



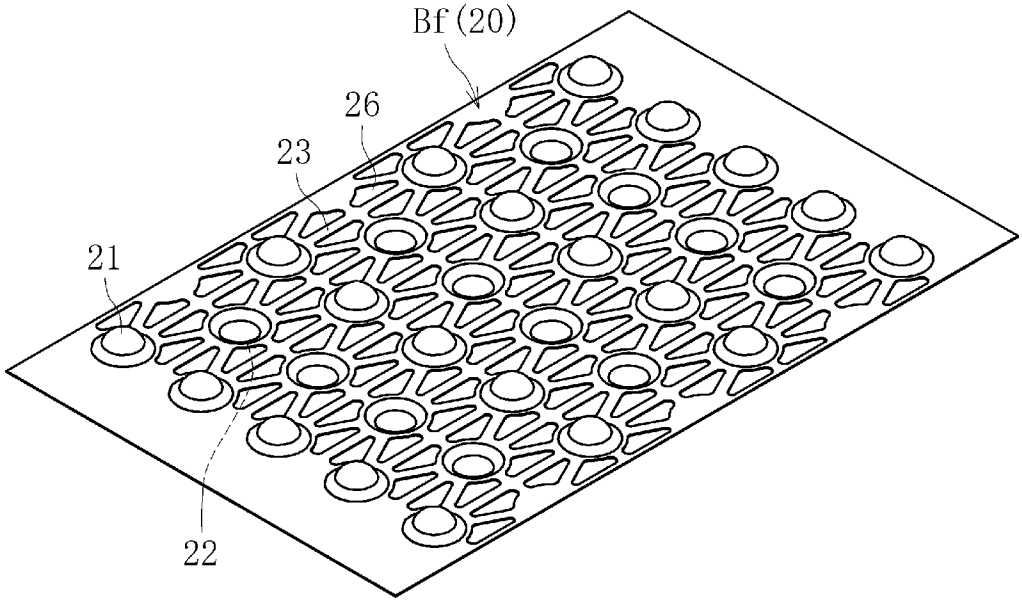
[図15]



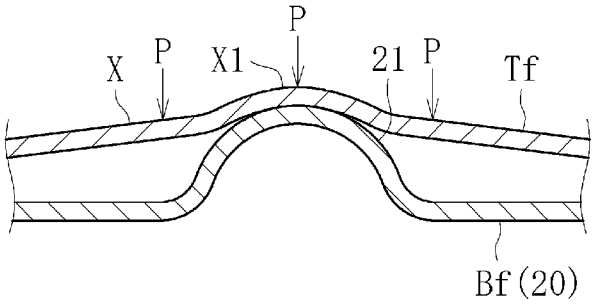
[図16]



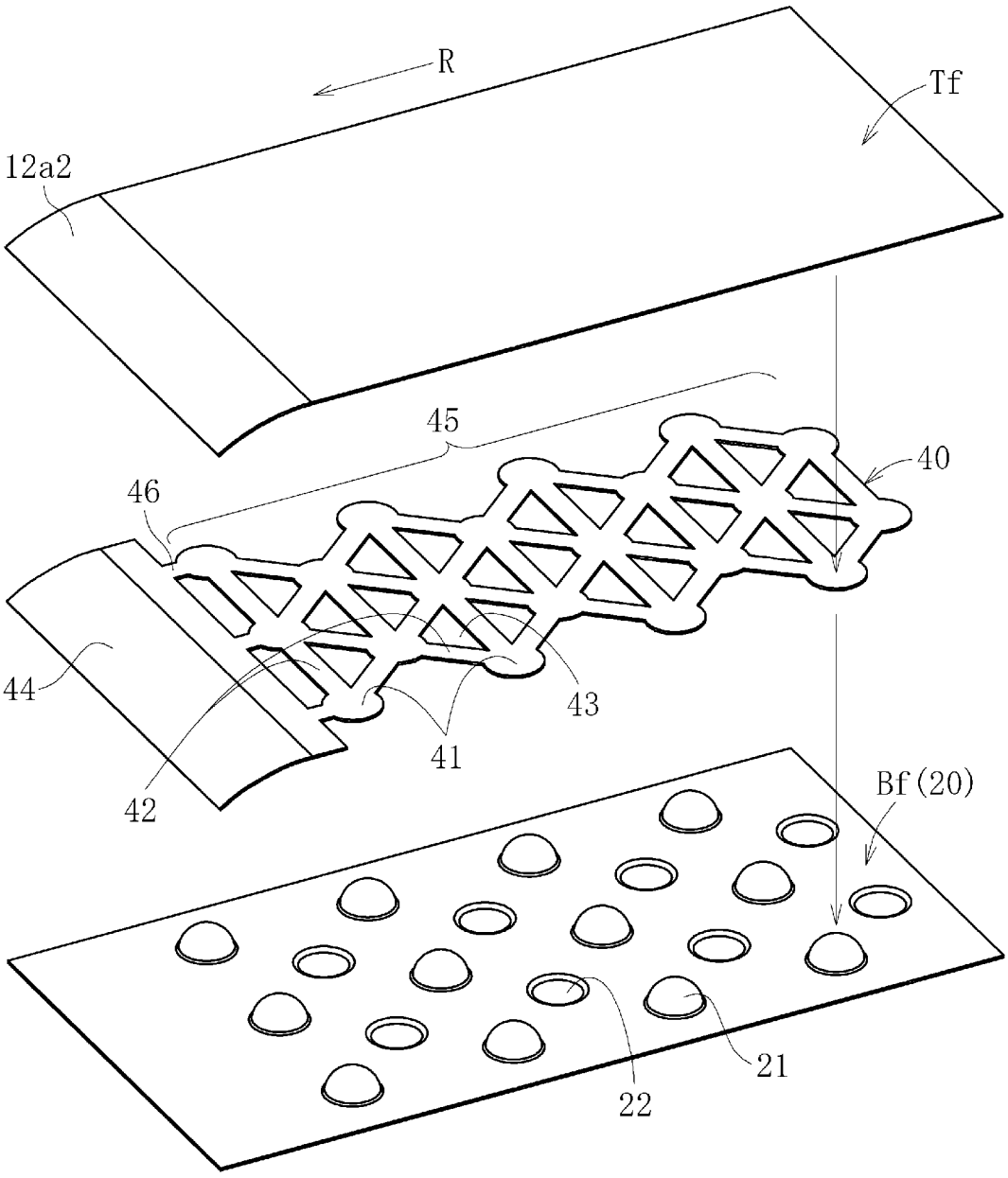
[図17]



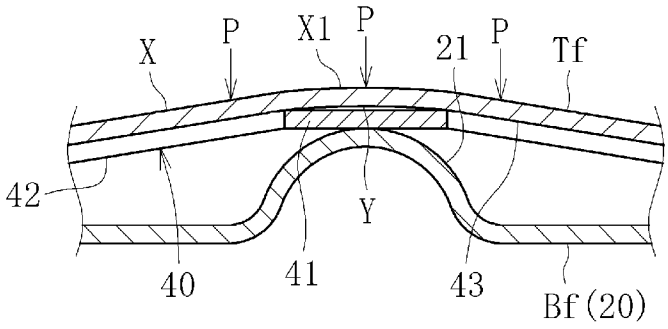
[図18]



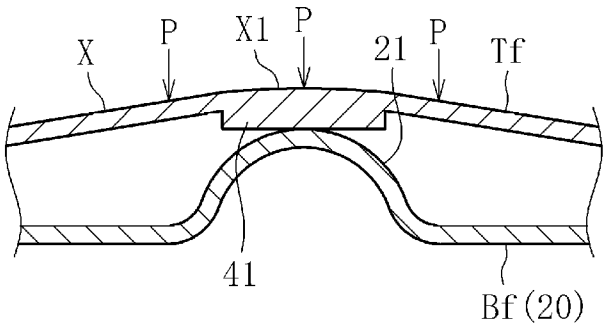
[図19]


R
Tf
12a2
45
40
46
44
43
41
42
Bf (20)
21
22

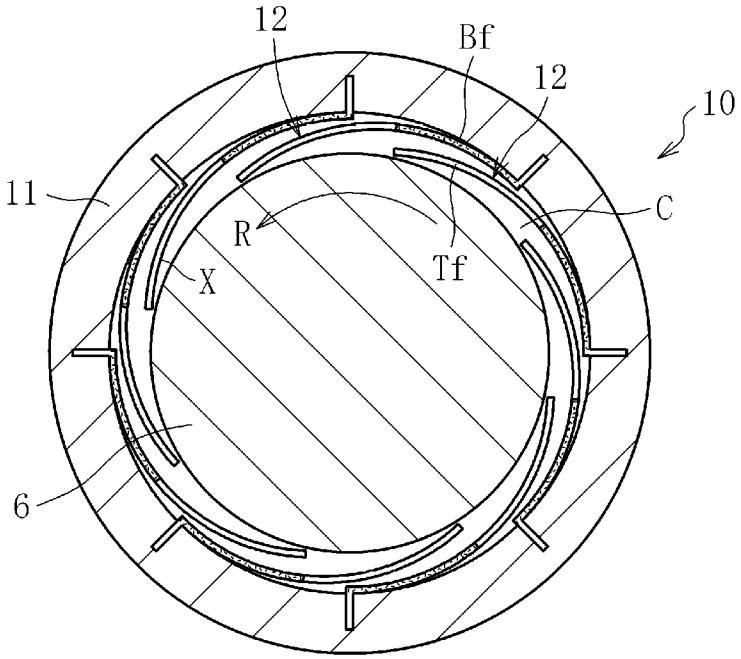
[図20]


X
P
X1
P
21
P
Tf
42
Y
40
41
43
Bf (20)

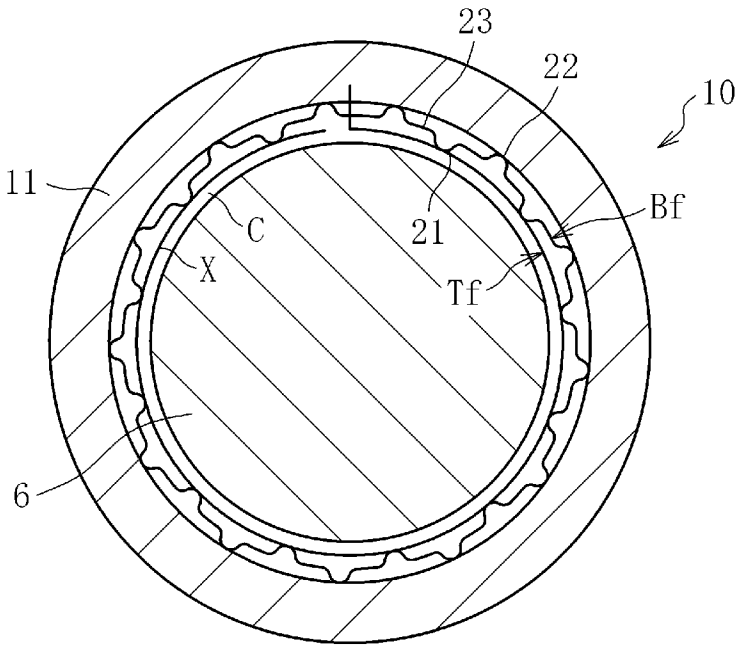
[図21]



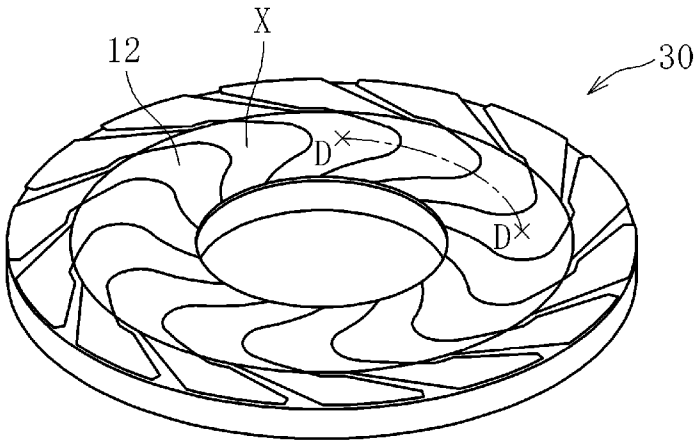
[図22]



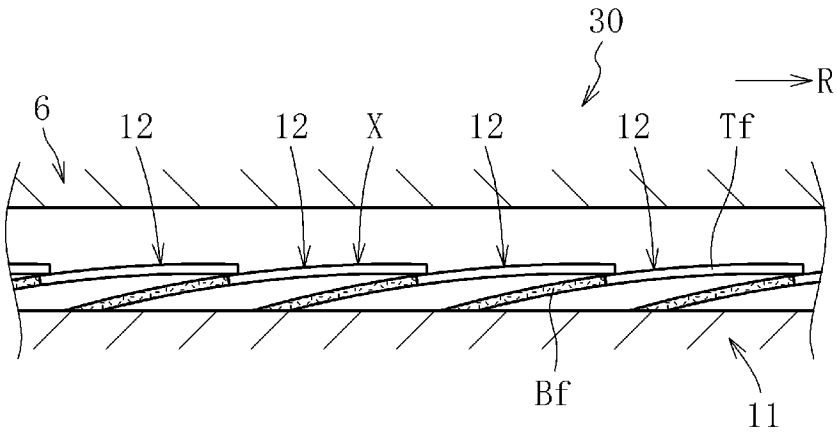
[図23]



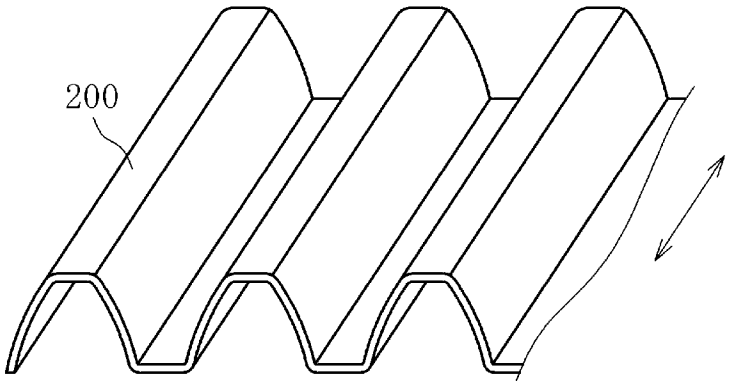
[図24]



[図25]



[図26]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/011067

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
F16C27/02(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)
F16C27/02

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
Y	WO 2015/041233 A1 (IHI Corp.), 26 March 2015 (26.03.2015), paragraphs [0022] to [0056]; fig. 1 to 4C & US 2016/0195128 A1 paragraphs [0044] to [0093]; fig. 1 to 4C & JP 2015-59630 A & EP 3048317 A1 & KR 10-2016-0054591 A & CN 105683598 A	1-4
Y	JP 58-191319 A (Yasushi ITOGA), 08 November 1983 (08.11.1983), page 2, lower right column, lines 11 to 14; fig. 4 (Family: none)	1-4

☒ 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	Date of mailing of the international search report
05 June 2017 (05.06.17)	13 June 2017 (13.06.17)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/011067

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2004/0096130 A1 (HONEYWELL INTERNATIONAL INC.), 20 May 2004 (20.05.2004), paragraphs [0039], [0044]; fig. 3 to 5A & WO 2004/046571 A1	2-3
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 122747/1984(Laid-open No. 036726/1986) (Toyota Motor Corp.), 07 March 1986 (07.03.1986), (Family: none)	1-4

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／０１１０６７

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　F16C27/02(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.　F16C27/02

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	１９７１－２０１７年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１７年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１７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
Y	WO 2015/041233 A1 (株式会社ＩＨＩ) 2015.03.26, [0022]-[0056]、[図1]-[図4C] & US 2016/0195128 A1, [0044]-[0093], FIG.1-4C & JP 2015-59630 A & EP 3048317 A1 & KR 10-2016-0054591 A & CN 105683598 A	1-4
Y	JP 58-191319 A (糸賀　康) 1983.11.08, 第2ページ右下欄第11-14行、第4図 (ファミリーなし)	1-4

☑　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	国際調査報告の発送日
０５．０６．２０１７	１３．０６．２０１７

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　３Ｊ　４６５４
尾形　元
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３２８

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	US 2004/0096130 A1 (HONEYWELL INTERNATIONAL INC.) 2004.05.20, [0039], [0044], FIG.3-5A & WO 2004/046571 A1	2-3
A	日本国実用新案登録出願59-122747号(日本国実用新案登録出願公開61-036726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（トヨタ自動車株式会社）1986.03.07,（ファミリーなし）	1-4