

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-148362

(P2016-148362A)

(43) 公開日 平成28年8月18日(2016.8.18)

(51) Int.Cl. F 1 16 C 27/02 (2006.01) F 1 16 C 27/02 A テーマコード(参考) 3 J 0 1 2

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2015-24442(P2015-24442)
 (22) 出願日 平成27年2月10日(2015.2.10)

(71) 出願人 000000099
 株式会社 I H I
 東京都江東区豊洲三丁目1番1号
 (74) 代理人 100175802
 弁理士 寺本 光生
 (74) 代理人 100064908
 弁理士 志賀 正武
 (74) 代理人 100167553
 弁理士 高橋 久典
 (72) 発明者 大森 直陸
 東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会
 社 I H I 内
 Fターム(参考) 3J012 AB03 BB01 CB05 DB06 DB07
 DB13 EB10

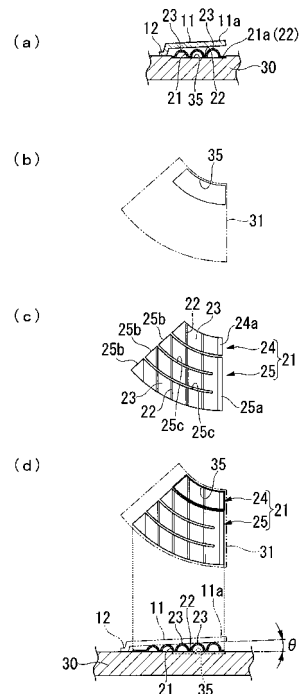
(54) 【発明の名称】 スラスト軸受

(57) 【要約】

【課題】 トップフォイル片がスラストカラーに接触するのを抑制して高負荷に耐え得るようにした、スラスト軸受を提供する。

【解決手段】 回転軸に設けられたスラストカラーに対向して配置されるスラスト軸受である。トップフォイルとバックフォイルとベースプレートとを備える。バックフォイルは、ベースプレートの周方向に配列された複数のバックフォイル片によって形成され、トップフォイルは、バックフォイル片の上にそれぞれ配設された複数のトップフォイル片によって形成されている。ベースプレートには、バックフォイルを支持する側の面におけるバックフォイル片の内周側端部を支持する部位に内周側凹み部が形成されている。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

回転軸に設けられたスラストカラーに対向して配置されるスラスト軸受であって、
前記スラストカラーに対向して配置されるトップフォイルと、
前記トップフォイルの前記スラストカラーに対向する面と反対側の面に対向して配置されて、該トップフォイルを支持するバックフォイルと、
前記バックフォイルの前記トップフォイル側と反対の側に配置されて、該バックフォイルを支持する円環板状のベースプレートと、を備え、
前記バックフォイルは、前記ベースプレートの周方向に配列された複数のバックフォイル片によって形成され、
前記トップフォイルは、前記バックフォイル片の上にそれぞれ配設された複数のトップフォイル片によって形成され、
前記ベースプレートには、前記バックフォイルを支持する側の面における前記バックフォイル片の内周側端部を支持する部位に内周側凹み部が形成されていることを特徴とするスラスト軸受。

10

【請求項 2】

前記バックフォイル片は、少なくとも周方向の一方の側が径方向にて複数の分割片に分割されており、前記分割片のうち最内周側の分割片が前記内周側凹み部に配置されていることを特徴とする請求項 1 記載のスラスト軸受。

20

【請求項 3】

前記バックフォイル片は、前記バックフォイルを支持する側の面における周方向の他方の側が前記分割片を径方向に一体化する連続辺とされていることを特徴とする請求項 2 記載のスラスト軸受。

【請求項 4】

前記ベースプレートには、前記バックフォイルを支持する側の面における前記バックフォイル片の外周側端部を支持する部位に外周側凹み部が形成されていることを特徴とする請求項 1 記載のスラスト軸受。

【請求項 5】

前記バックフォイル片は、少なくとも周方向の一方の側が径方向にて複数の分割片に分割されており、前記分割片のうち最内周側の分割片が前記内周側凹み部に配置され、前記分割片のうち最外周側の分割片が前記外周側凹み部に配置されていることを特徴とする請求項 4 記載のスラスト軸受。

30

【請求項 6】

前記バックフォイル片は、前記バックフォイルを支持する側の面における周方向の他方の側が前記分割片を径方向に一体化する連続辺とされていることを特徴とする請求項 5 記載のスラスト軸受。

【請求項 7】

前記内周側凹み部の深さが、前記外周側凹み部の深さより深く形成されていることを特徴とする請求項 4 ~ 6 のいずれか一項に記載のスラスト軸受。

40

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、スラスト軸受に関する。

【背景技術】**【0002】**

従来、高速回転体用の軸受として、回転軸に設けられたスラストカラーに対向して配置されるスラスト軸受が知られている。このようなスラスト軸受としては、フォイル式のスラスト軸受、すなわちスラストフォイル軸受がよく知られている。スラストフォイル軸受は、振動や衝撃によって発生する回転軸の動き(スラストカラーの軸方向変位と傾き)を吸

50

収できるように、軸受面が柔軟なフォイル(金属製薄板)によって形成されており、軸受面の下に軸受面を柔軟に支持するためのフォイル構造を有している。

【0003】

このようなスラストフォイル軸受の一形態として、円環板を周方向に分割して切り出した複数の円輪(円環)片形状のフォイル片(トップフォイル片)によって軸受面を形成し、これらトップフォイル片をそれぞれ波板状のフォイル片(パンプフォイル片)で支持した構造が知られている(例えば、特許文献1参照)。各々のトップフォイル片(厚さ100 μ m前後)はスラストカラーに対して傾斜角を有しており、これによってスラストカラーとトップフォイル片との間の軸受隙間は側面視くさび形に形成される。すなわち、スラストカラー(回転軸)の回転方向上流側から下流側に向かうに連れて軸受隙間が狭くなるように形成されている。従って、軸受隙間が広い側(上流側)から軸受隙間が狭い側(下流側)に向かってスラストカラーが回転すると、潤滑流体がくさびに流れ込み、負荷能力が発揮される。

10

【0004】

トップフォイル片は、スラストカラー(回転軸)の回転方向上流側の端辺のみがベースプレートに固定されており、軸受荷重が増加すると、この固定辺(上流側の端辺)を支点としてトップフォイル片は水平になるように傾斜を緩め、傾斜角が0.1°程度になったとき最大負荷能力を発生する。一方、パンプフォイル片は山の稜線がトップフォイル片の下流側端辺に平行になるように配置され、パンプフォイル片におけるスラストカラー(回転軸)の回転方向下流側の端辺のみがベース板に固定されている。すなわち、上流側の端辺は自由端となっている。

20

【0005】

パンプフォイル片がこのように配置され、固定されているのは、トップフォイル片に発生する流体潤滑膜の圧力が軸受隙間の狭い側(下流側)で高くなるためであり、該部位を高い剛性で支持することにより、負荷能力を高めるためである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開平10-331847号公報

【発明の概要】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところで、上記のスラストフォイル軸受構造では、トップフォイルの下流側端辺側で軸受隙間が最も狭くなっており、高負荷時にはサブミクロンに達することがある。従って、この下流側端辺側ではスラストカラーとの接触が起こり易くなっており、接触が起こると軸受寿命が低下し、最悪の場合焼き付きが生じてしまう。これを避けるには、トップフォイルの下流側端辺とスラストカラーとを常に平行にしておくのが望ましい。

【0008】

しかしながら、一般にスラストフォイル軸受では、その外周端側でのスラストカラーの周速が内周端側での周速に比べて速いため、外周端側では流体潤滑膜の圧力(膜圧)が高くなり、内周端側では周速が遅いため圧力(膜圧)が低くなる。このため、トップフォイルの外周端側はパンプフォイル側へ押し込まれてスラストカラーから離れる方向へ動くものの、内周端側はスラストカラーの側へ起き上がることにより、スラストカラーに近づいてしまう。その結果、トップフォイルの下流側端辺側では、内周端側における流体潤滑膜の膜厚が極端に薄くなり、高負荷に耐えられなくなる。

40

【0009】

そこで、従来のスラスト軸受では、例えば特許文献1に示されるようにパンプフォイルを径方向にて複数に分割している。そして、このように分割したパンプフォイルにおいて、(a)内周側に剛性の低いパンプフォイルを配置したり、(b)内周側のパンプフォイルの山の高さを低くすることにより、トップフォイル内周側の支持力を弱め、内周端側の

50

起き上がりを抑制することが考えられている。

【0010】

しかし、このようにパンプfoilを分割し調整してスラスト軸受を製造しようとしても、例えば(a)では、パンプfoilの内周側と外周側とでそれぞれの剛性を適切にコントロールするのが難しく、従ってパンプfoilの設計が困難である。また、(b)では、パンプfoilの山の高さを10 μ mレベルでコントロールする必要があるため製作が難しく、特に量産時での品質の確保が困難である。

【0011】

本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、トップfoil片がスラストカラーに接触するのを抑制して高負荷に耐え得るようにした、スラスト軸受を提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明のスラスト軸受は、回転軸に設けられたスラストカラーに対向して配置されるスラスト軸受であって、上記スラストカラーに対向して配置されるトップfoilと、上記トップfoilの上記スラストカラーに対向する面と反対側の面に対向して配置されて、該トップfoilを支持するバックfoilと、上記バックfoilの上記トップfoil側と反対の側に配置されて、該バックfoilを支持する円環板状のベースプレートと、を備え、上記バックfoilは、上記ベースプレートの周方向に配列された複数のバックfoil片によって形成され、上記トップfoilは、上記バックfoil片の上にそれぞれ配設された複数のトップfoil片によって形成され、上記ベースプレートには、上記バックfoilを支持する側の面における上記バックfoil片の内周側端部を支持する部位に内周側凹み部が形成されていることを特徴とする。

20

【0013】

このスラスト軸受によれば、バックfoilを支持する側の面におけるバックfoil片の内周側端部を支持する部位に内周側凹み部を形成しているので、トップfoil片の外周端側がバックfoil片側に押し込まれてスラストカラーから離れる方向に動こうとし、内周端側がスラストカラー側へ起き上がるうとしても、バックfoil片の内周側端部が上記内周側凹み部内に沈んでいることでトップfoil片とバックfoil片との間に隙間が生じているため、この隙間が無くなるまではトップfoil片の内周端側をスラストカラー側へ押し返す力がバックfoil片に生じず、トップfoil片の内周端側の起き上がりが起こらない。従って、トップfoilの下流側端辺側では、内周端側における流体潤滑膜の膜厚が極端に薄くなることが防止される。

30

【0014】

上記スラスト軸受において、上記バックfoil片は、少なくとも周方向の一方の側が径方向にて複数の分割片に分割されており、上記分割片のうちの最内周側の分割片が上記内周側凹み部内に配置されていることが好ましい。

このようにすれば、バックfoil片の周方向の一方の側を径方向にて複数に分割しているので、内周側の分割された片と外周側の分割された片とがそれぞれ独立して動作するようになり、従って、トップfoil片がバックfoil片側へ押し込まれたときに生じるバックfoil片の変形が径方向において滑らかになる。よって、バックfoil片による支持力も内周側から外周側に向けてより滑らかに変化する。また、分割片のうちの最内周側の分割片が内周側凹み部内に配置されているので、バックfoil片の内周端側が上記内周側凹み部内に確実に沈み込み、従ってトップfoil片の内周端側で該トップfoil片とバックfoil片との間に確実に隙間が形成される。

40

【0015】

上記スラスト軸受において、上記バックfoil片は、上記バックfoilを支持する側の面における周方向の他方の側が上記分割片を径方向に一体化する連続辺とされていることが好ましい。

このようにすれば、バックfoil片の分割された各片が連続辺によって一体化されて

50

いるため、バックfoil片の取り扱いが容易になるとともに、バックfoil片のベースプレート上への固定が容易になる。

【0016】

上記スラスト軸受において、上記ベースプレートには、上記バックfoilを支持する側の面における上記バックfoil片の外周側端部を支持する部位に外周側凹み部が形成されていることが好ましい。

一般にスラスト軸受においては、トップfoil片の外周端で流体潤滑膜の圧力が周囲圧（例えば大気圧）と同じになるため、上記外周端の膜圧は、その他の外周側、すなわち外周端より内周側に入ったところに比べて低くなっている。従って、トップfoil片の外周端も内周端側と同様に、スラストカラー側へ起き上がり易くなっている。

そこで、バックfoilを支持する側の面の、バックfoil片の外周側端部を支持する部位に外周側凹み部を形成しているため、トップfoil片の外周端がスラストカラー側へ起き上がろうとしても、バックfoil片の外周側端部が上記外周側凹み部内に沈んでいることでトップfoil片とバックfoil片との間に隙間が生じているため、この隙間が無くなるまではトップfoil片の外周端側をスラストカラー側へ押し返す力がバックfoil片に生じず、トップfoil片の外周端側の起き上がりが起こらない。従って、トップfoilの下流側端辺側では、外周側側における流体潤滑膜の膜厚が極端に薄くなることも防止される。

【0017】

上記スラスト軸受において、上記バックfoil片は、少なくとも周方向の一方の側が径方向にて複数の分割片に分割されており、上記分割片のうちの最内周側の分割片が上記内周側凹み部内に配置され、上記分割片のうちの最外周側の分割片が上記外周側凹み部内に配置されていることが好ましい。

このようにすれば、バックfoil片の周方向の一方の側を径方向にて複数に分割しているため、内周側の分割された片と外周側の分割された片とがそれぞれ独立して動作するようになり、従って、トップfoil片がバックfoil片側へ押し込まれたときに生じるバックfoil片の変形が径方向において滑らかになる。よって、バックfoil片による支持力も内周側から外周側に向けてより滑らかに変化する。また、分割片のうちの最内周側の分割片が内周側凹み部内に配置されているため、バックfoil片の内周端側が上記内周側凹み部内に確実に沈み込み、従ってトップfoil片の内周端側で該トップfoil片とバックfoil片との間に確実に隙間が形成される。同様に、分割片のうちの最外周側の分割片が外周側凹み部内に配置されているため、バックfoil片の外周端側が上記外周側凹み部内に確実に沈み込み、従ってトップfoil片の外周端側で該トップfoil片とバックfoil片との間に確実に隙間が形成される。

【0018】

上記スラスト軸受において、上記バックfoil片は、上記バックfoilを支持する側の面における周方向の他方の側が上記分割片を径方向に一体化する連続辺とされていることが好ましい。

このようにすれば、バックfoil片の分割された各片が連続辺によって一体化されているため、バックfoil片の取り扱いが容易になるとともに、バックfoil片のベースプレート上への固定が容易になる。

【0019】

上記スラスト軸受において、上記内周側凹み部の深さが、上記外周側凹み部の深さより深く形成されていることが好ましい。

スラスト軸受の内周端側でのスラストカラーの周速が外周端側での周速に比べて遅いことによる、スラストカラー側へ起き上がり易くなるトップfoilの内周端側の部位は、トップfoilの外周端で流体潤滑膜の圧力が周囲圧（例えば大気圧）と同じになることによる、スラストカラー側へ起き上がり易くなるトップfoilの外周端側の部位より広い。従って、内周側凹み部の深さを外周側凹み部の深さより深く形成することで、内周側凹み部上でのトップfoil片とバックfoil片との間の隙間が外周側凹み部上での隙

10

20

30

40

50

間より大きくなるため、トップfoil片がスラストカラーに近づいてこれに接触することがより効果的に防止される。

【発明の効果】

【0020】

本発明のスラスト軸受にあっては、バックfoilを支持する側の面の、バックfoil片の内周側端部を支持する部位に内周側凹み部を形成しているため、トップfoil片の内周側端部の起き上がりを抑制して内周側端側における流体潤滑膜の膜厚が極端に薄くなることを防止することができる。従って、本発明のスラスト軸受によれば、トップfoil片がスラストカラーに近づいてこれに接触することを防止できるとともに、高負荷に耐え得る優れたものとなる。

10

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明に係るスラスト軸受が適用されるターボ機械の一例を示す模式図である。

【図2】本発明に係るスラスト軸受の第1実施形態を示す図であり、スラストカラーを挟んだ状態の要部を断面視したスラスト軸受の側面図である。

【図3】本発明に係るスラスト軸受の第1実施形態の平面図である。

【図4】本発明に係るスラスト軸受の第1実施形態を示す図であり、(a)は図3のA-A線矢視断面図、(b)はベースプレートの支持領域の平面図、(c)はパンプfoil片の平面図、(d)はパンプfoil片及びベースプレートの支持領域を説明するためにその平面図と側面図を対応させた説明図である。

20

【図5】本発明に係るスラスト軸受の第2実施形態を示す図であり、(a)はパンプfoil片の平面図、(b)はパンプfoil片及びベースプレートの支持領域を説明するため平面図である。

【図6】本発明に係るスラスト軸受の第3実施形態を示す図であり、(a)はスラスト軸受3の平面図、(b)はベースプレートの支持領域の平面図、(c)はパンプfoil片及びベースプレートの支持領域を説明するためにその平面図と側面図を対応させた説明図である。

【図7】本発明に係るスラスト軸受の第4実施形態のスラスト軸受の平面図である。

【図8】本発明に係るスラスト軸受の第4実施形態を示す図であり、(a)は図7のC-C線矢視断面図、(b)はベースプレートの支持領域の平面図と側面図とを対応させた説明図、(c)はパンプfoil片の平面図、(d)はパンプfoil片及びベースプレートの支持領域を説明するためにその平面図と側面図を対応させた説明図である。

30

【図9】本発明に係るスラスト軸受の変形例を示す図であり、(a)はパンプfoil片の平面図、(b)はパンプfoil片及びベースプレートの支持領域を説明するため平面図である。

【図10】本発明に係るスラスト軸受の第5実施形態を示す図であり、(a)はパンプfoil片の平面図、(b)はパンプfoil片及びベースプレートの支持領域を説明するため平面図である。

【図11】本発明に係るスラスト軸受の第6実施形態を示す図であり、(a)はスラスト軸受3の平面図、(b)はベースプレートの支持領域の平面図、(c)はパンプfoil片及びベースプレートの支持領域を説明するためにその平面図と側面図を対応させた説明図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、図面を参照して本発明のスラスト軸受を詳しく説明する。なお、以下の図面においては、各部材を認識可能な大きさとするため、各部材の縮尺を適宜変更している。

図1は、本発明のスラスト軸受が適用されるターボ機械の一例を模式的に示す側面図であり、図1中符号1は回転軸、2は回転軸の先端部に設けられたインペラ、3は本発明に係るスラスト軸受である。

【0023】

50

回転軸 1 には、インペラ 2 が形成された側にスラストカラー 4 が固定されており、このスラストカラー 4 には、このスラストカラー 4 を挟持するようにして一对のスラスト軸受 3 が配置されている。

また、インペラ 2 は静止側となるハウジング 5 内に配置されており、ハウジング 5 との間にチップクリアランス 6 を有している。

また、回転軸 1 には、スラストカラー 4 より中央側に、ラジアル軸受 7 が設けられている。

【 0 0 2 4 】

「第 1 実施形態」

図 2、図 3、図 4 (a) ~ (d) は、このような構成のターボ機械に適用されたスラスト軸受 3 の第 1 実施形態を示す図であり、図 2 はスラストカラー 4 を挟んだ状態の要部を断面視したスラスト軸受 3 の側面図である。また、図 3 はスラスト軸受 3 A (3) の平面図、図 4 (a) は図 3 の A - A 線矢視断面図、図 4 (b) はベースプレートの支持領域 3 1 の平面図、図 4 (c) はパンプfoil片 2 1 の平面図、図 4 (d) はパンプfoil片 2 1 及びベースプレートの支持領域 3 1 を説明するためにその平面図と側面図を対応させた説明図である。

10

【 0 0 2 5 】

図 2 に示すようにこの第 1 実施形態では、スラスト軸受 3 A (3) はスラストカラー 4 を挟んでその両側にそれぞれ配置されている。これら一对のスラスト軸受 3 A (3)、スラスト軸受 3 A (3) は、共に同じ構成となっており、回転軸 1 に固定された円環板状のスラストカラー 4 に対向して配置された円環状 (円筒状) のもので、回転軸 1 に外挿されて設けられている。

20

【 0 0 2 6 】

スラスト軸受 3 A (3) は、スラストカラー 4 に対向して配置されたトップfoil片 1 0 と、このトップfoil片 1 0 の、スラストカラー 4 に対向する面と反対側の面に対向して配置されたバックfoil片 2 0 と、このバックfoil片 2 0 の、トップfoil片 1 0 側と反対の側に配置された円環板状のベースプレート 3 0 と、を備えて構成されている。本実施形態では、一对のスラスト軸受 3 A (3)、スラスト軸受 3 A (3) の、それぞれのベースプレート 3 0 間に、二点鎖線で示す円筒状の軸受スペーサ 4 0 が挟持されており、ベースプレート 3 0、ベースプレート 3 0 は締結ボルト 4 1 によって軸受スペーサ 4 0 を介して連結されている。また、一方のベースプレート 3 0 は、その外面が締結ボルト 4 1 によってハウジング 5 に固定されており、従って一对のスラスト軸受 3 A (3)、スラスト軸受 3 A (3) は、スラストカラー 4 を挟んだ状態で締結ボルト 4 1 によってハウジング 5 に固定されている。

30

【 0 0 2 7 】

ベースプレート 3 0 は、図 3 に示すように厚さ数 mm 程度の円環板状で金属製のもので、その外周部に上記締結ボルト 4 1 を挿通するための貫通孔 4 2 を複数 (本実施形態では 8 個) 形成している。このベースプレート 3 0 には、スラストカラー 4 側の面に、バックfoil片 2 0 やトップfoil片 1 0 を支持するための支持領域が設けられている。本実施形態では、後述するようにバックfoil片 2 0、トップfoil片 1 0 がいずれも複数枚 (6 枚) のバックfoil片 2 1、トップfoil片 1 1 によって形成されており、従ってベースプレート 3 0 は、その内周部を周方向に 6 つに分けて 6 つの支持領域 3 1 を形成している。なお、本実施形態ではこれら 6 つの支持領域 3 1 は設計上の領域であり、隣り合う支持領域 3 1、支持領域 3 1 間には特に境界線等は設けられていない。

40

【 0 0 2 8 】

ただし、本実施形態では、これら支持領域 3 1 には後述するバックfoil片 (パンプfoil片) の内周側端部を支持する部位に、図 4 (b)、(d) に示すように内周側凹み部 3 5 が形成されている。内周側凹み部 3 5 は、ベースプレート 3 0 のスラストカラー 4 側の面に形成されたもので、スラストカラー 4 側の面から数十 μ m 程度掘り込まれたことで形成されている。本実施形態では、内周側凹み部 3 5 は平面視円弧状で帯状に形成され

50

ている。このような内周側凹み部 35 の形成は、研削等によって行われるが、エッチング等の他の加工法によって行うこともできる。

【0029】

ベースプレート 30 の各支持領域 31 には、図 2 に示したようにそれぞれバックfoil片 21、トップfoil片 11 がこの順に配置され、支持されている。

図 3 に示すようにバックfoil 20 は、ベースプレート 30 の周方向に配列された 6 枚のバックfoil片 21 によって形成されている。これらバックfoil片 21 は、ベースプレート 30 の各支持領域 31 上にそれぞれ配置され、これによってベースプレート 30 の周方向に配列されている。また、これらバックfoil片 21 は、後述するトップfoil片 11 より僅かに小さく形成され、従って図 3 に示すようにベースプレート 30 上にてスラストカラー 4 側に露出することなく、トップfoil片 11 に覆われている。

10

【0030】

これらバックfoil片 21 からなるバックfoil 20 は、foil (薄板) で形成されてトップfoil 10 (トップfoil片 11) を弾性的に支持する。このようなバックfoil 20 としては、例えば、パンプfoil、特開 2006-57652 号公報や特開 2004-270904 号公報などに記載されているスプリングfoil、特開 2009-299748 号公報などに記載されているバックfoilなどが用いられる。なお、特開 2006-57652 号公報や特開 2004-270904 号公報に記載されているスプリングfoil、特開 2009-299748 号公報に記載されているバックfoilは、ラジアル軸受に用いられるfoilであるが、これらを平面状に展開して円環板状に形成すれば、スラスト軸受に用いられるfoilとなる。

20

【0031】

本実施形態では、図 3、図 4 (a)、(c)、(d) に示すようにバックfoil 20 がパンプfoilからなり、従ってバックfoil片 21 はパンプfoil片からなっている。パンプfoil片 21 (バックfoil片) は、厚さ数百 μm 程度のfoil (金属製薄板) がプレス成形によって波板状に成形されたもので、図 4 (c) に示すように全体が扇形の頂点側を切り欠いて内周側、外周側をそれぞれ円弧状とした、略台形状に形成されている。

【0032】

このように波板状に成形されたパンプfoil片 21 は、図 4 (a)、(d) に示すようにベースプレート 30 に接する谷部 22 と、トップfoil片 11 に接する山部 23 とが交互に配置されて形成されている。谷部 22 は、パンプfoil片 21 (バックfoil片 21) の最底部を形成しており、山部 23 の頂部 (稜線) は、パンプfoil片 21 (バックfoil片 21) の最頂部を形成している。ここで、パンプfoil片 21 は、図 3 に示す回転軸 1 の回転方向下流側の端辺 21a が、パンプfoil片 21 の固定辺 (パンプfoil固定辺) となっている。谷部 22 及び山部 23 は、図 4 (c) に示すようにパンプfoil片 21 の固定辺 (端辺 21a) と直交する方向に配列されている。すなわち、谷部 22、山部 23 の配列方向は、上記固定辺と直交する方向に形成されており、従って谷部 22、山部 23 は、上記固定辺と平行に延在するように形成されている。

30

【0033】

これら谷部 22 及び山部 23 は、それぞれほぼ等ピッチで形成されている。また、山部 23 の高さは、上記固定辺 21a と反対の側から固定辺 21a 側に向かって、すなわち図 3 中に矢印で示す回転軸 1 (スラストカラー 4) の回転方向の下流側に向かうに連れて、図 4 (a)、(d) に示すように所定の高さずつ高くなるように形成されている。

40

【0034】

パンプfoil片 21 は、本実施形態では図 4 (c) に示すように全体が 2 つのパーツ、すなわちパンプfoil片 21 の内周側端部となる第 1 パーツ 24 と、外周端側となる第 2 パーツ 25 とからなっている。第 1 パーツ 24 は、図 4 (d) に示すようにパンプfoil片 21 がベースプレート 30 の支持領域 31 上に配置された際に、上記内周側凹み部 35 内に全体が入って沈み込むように該内周側凹み部 35 より一回り小さく形成されて

50

いる。内周側凹み部 3 5 内に配置された第 1 パーツ 2 4 は、回転軸 1 の回転方向下流側の端面 2 4 a がベースプレート 3 0 にスポット溶接（点付溶接）されて固定されており、端面 2 4 a と反対の側が自由端となっている。このように第 1 パーツ 2 4 は内周側凹み部 3 5 内に配置されるため、その支持領域 3 1 上への位置決めが容易になっている。

【 0 0 3 5 】

第 2 パーツ 2 5 は、その周方向の一方の側、すなわち回転軸 1 の回転方向上流側が、径方向にて 3 つに等分割され、他方の側となる端面 2 5 a が、径方向にて連続する連続辺とされている。このように端面 2 5 a と反対の側が 3 つに分割されたことで、第 2 パーツ 2 5 は、3 つの帯状の分割片 2 5 b と端面 2 5 a とによって構成されている。なお、第 1 パーツ 2 4 の端面 2 4 a と第 2 パーツ 2 5 の端面 2 5 a とにより、図 3 に示した端面 2 1 a、すなわち固定辺 2 1 a が形成されている。また、第 1 パーツ 2 4 は、第 2 パーツ 2 5 の分割片 2 5 b と径方向の幅が同じに形成されている。従って、これら第 1 パーツ 2 4 と第 2 パーツ 2 5 とからなるポンプfoil片 2 1 は、見掛け上、回転軸 1 の回転方向上流側、すなわち周方向の一方の側が 4 つの分割片に分割された形状となっている。そして、これら分割片のうちの内周側の分割片、つまり第 1 パーツ 2 4 が、内周側凹み部 3 5 内に配置されている。

10

【 0 0 3 6 】

第 2 パーツ 2 5 における 3 つの帯状の分割片 2 5 b 間には、それぞれスリット 2 5 c が形成されている。これらスリット 2 5 c は、本実施形態では第 2 パーツ 2 5 の外周が形成する円と同心円の一部を形成する円弧状に形成されている。これらスリット 2 5 c の幅は、径方向に隣り合う分割片 2 1 b が互いに干渉することなく、独立して動けるような寸法に設定されている。このような幅のスリット 2 5 c によって第 2 パーツ 2 5 の一方の側が 3 つの帯状の分割片 2 5 b に分割されていることにより、これら 3 つの帯状の分割片 2 5 b はそれぞれ独立して動くようになっている。また、第 1 パーツ 2 4 と第 2 パーツ 2 5 との間には、上記スリット 2 5 c とほぼ同じ幅の隙間が設けられている。これにより、第 1 パーツ 2 4 も上記分割片 2 5 b と同様に自由端側が独立して動くようになっている。

20

【 0 0 3 7 】

なお、本実施形態では、ポンプfoil片 2 1 は第 1 パーツ 2 4 および第 2 パーツ 2 5 において、特に内周側と外周側との間で剛性を変えることなく全てがほぼ均一な剛性に形成されている。また、同じ列上にある山部 2 3 の頂部の高さも、ほぼ同じに形成されている。これにより、ポンプfoil片 2 1 の設計や製作が容易になっている。

30

【 0 0 3 8 】

また、ポンプfoil片 2 1 は、回転軸 1 の回転方向下流側の端面 2 4 a、端面 2 5 a が、図 3 に示すように後述するトップfoil片 1 1 における回転軸 1 の回転方向下流側の端面 1 1 a と、平面視した状態でほぼ一致する位置に配置されている。なお、第 2 パーツ 2 5 の端面 2 5 a も、この端面 2 5 a を形成する谷部 2 2 の形成方向に沿って、ベースプレート 3 0 にスポット溶接（点付溶接）され、固定されている。

ただし、ベースプレート 3 0 への端面 2 4 a や端面 2 5 a の固定については、スポット溶接以外にも、例えばネジ止めなどによって行うことができる。

40

【 0 0 3 9 】

トップfoil片 1 0 も、ベースプレート 3 0 の周方向に配列された 6 枚のトップfoil片 1 1 によって形成されている。これらトップfoil片 1 1 は、厚さ数百 μm 程度の金属製の薄板（foil）により、扇形の頂点側を切り欠いて内周側、外周側をそれぞれ円弧状とした、略台形状に形成されている。すなわち、ポンプfoil片 2 1 とほぼ同じ形状で、周方向に少し長い形状に形成されている。このような形状のトップfoil片 1 1 は、ベースプレート 3 0 の各支持領域 3 1 上にてポンプfoil片 2 1 を覆ってそれぞれ配置され、ベースプレート 3 0 の周方向に等間隔で配列されて全体として略円環板状に配置されたことにより、トップfoil片 1 0 を形成している。

【 0 0 4 0 】

なお、トップfoil片 1 1 は支持領域 3 1 より一回り小さく形成されるとともに、パ

50

ンプfoil片21より僅かに大きく形成されている。これによってトップfoil片11は、互いに干渉することなく、また、ンプfoil片21をスラストカラー4側に露出させることなく、その上面を覆った状態で各支持領域31に配置されている。ただし、本発明はこれに限定されることなく、トップfoil片11をンプfoil片21と同じ大きさに形成してもよく、あるいは、ンプfoil片21より小さく形成してもよい。

【0041】

また、このトップfoil片11は、回転軸1（スラストカラー4）の回転方向上流側の端辺を固定辺12としており、この固定辺12によってベースプレート30に固定されている。すなわち、この固定辺12は、図4（a）に示したようにンプfoil片21から離間して配置されて、スポット溶接（点付溶接）によってベースプレート30に固定されている。

10

【0042】

また、このトップfoil片11は、図3に示すように回転軸1（スラストカラー4）の回転方向上流側に固定部13を有しており、この固定部13によってベースプレート30に固定されている。本実施形態では、この固定部13でのベースプレート30への固定は、上記固定辺12でのスポット溶接（点付溶接）によってなされている。なお、この固定片12のベースプレート30への固定についても、スポット溶接以外に、例えばネジ止めなどを行うこともできる。固定部13は、回転軸1（スラストカラー4）の回転方向上流側に設けられていれば、面状であっても直線状であってもよいが、本実施形態ではある程度の幅を有する直線状に形成された、固定辺12となっている。

20

【0043】

また、このトップfoil片11は、図4（a）に示すようにその固定辺12側が曲げ加工されており、これによってンプfoil片21の山部23の高さ分の段差を吸収できるように立ち上げられ、固定辺12より端辺11a側が山部23上に載せられている。一方、端辺11a（トレーリングエッジ）側は、固定されることなく単にンプfoil片21の山部23上に支持された自由端となっている。

【0044】

本実施形態ではンプfoil片21を、上記したようにその谷部22及び山部23がンプfoil片21の固定辺21aと直交する方向に配列するように配置している。従って、このンプfoil片21上に載置されることでトップfoil片11は、上記山部23の配列方向に沿って固定辺12側からンプfoil片21の固定辺21a側に向かうに連れて、漸次ベースプレート30の内面から遠ざかるようにンプfoil片21の山部23によって設定された初期傾斜角で傾斜して配置されている。

30

【0045】

ここで、初期傾斜角とは、荷重がゼロのときのベースプレート30に対するトップfoil片11の傾斜角である。また、傾斜角とは、図4（d）に示すようにンプfoil片21の山部23の高さ増加量によって決まる角度（傾斜角、勾配）である。従って、荷重が増すとンプfoil片21の山部23がベースプレート30側に押し込まれ、全体が平坦化することにより、傾斜角は初期傾斜角より小さくなる。

40

【0046】

次に、このような構成からなるスラスト軸受3A（3）の作用について説明する。

本実施形態では、図2に示したようにスラスト軸受3Aをスラストカラー4の両側に設けている。このようにスラストカラー4の両側に設けることにより、スラスト方向の移動量を極力抑えることができる。すなわち、スラスト移動量を小さくすることにより、図1に示したチップクリアランス6を狭くすることができ、これによってターボ機械としての流体性能を向上することができる。

【0047】

スラスト方向の移動量を極力抑えるため、両スラスト軸受3Aはスラストカラー4に対して大きな隙間が生じないように近接して設置される。これにより、両スラスト軸受3A

50

のトップフォイル片 1 1 (トップフォイル 1 0) はスラストカラー 4 に対して若干押し付けられた状態になる。

【 0 0 4 8 】

このような状態で回転軸 1 が回転し、スラストカラー 4 が回転を始めると、スラストカラー 4 とトップフォイル片 1 1 は擦れ合いつつ、両者の間に形成されたくさび形の空間に周囲流体が押し込まれる。そして、スラストカラー 4 が一定の回転速度に達すると、両者の間に流体潤滑膜が形成される。この流体潤滑膜の圧力によってトップフォイル片 1 1 (トップフォイル 1 0) はバンプフォイル片 2 1 (バックフォイル 2 0) 側へ押し付けられ、スラストカラー 4 はトップフォイル片 1 1 との接触状態を脱し、非接触で回転するようになる。

10

【 0 0 4 9 】

スラスト荷重が加わると、トップフォイル片 1 1 はさらにバンプフォイル片 2 1 側へ押され、トップフォイル片 1 1 の傾斜角 は浅く (小さく) なる。その際、スラスト軸受 3 A (3) ではその外周側でのスラストカラー 4 の周速が内周側での周速に比べて速いため、周速が遅い内周側ではトップフォイル片 1 1 がスラストカラー 4 側へ起き上がり易くなっている。

【 0 0 5 0 】

しかし、本実施形態では、ベースプレート 3 0 の内周側、すなわちバンプフォイル片 2 1 の内周側端部を支持する部位に内周側凹み部 3 5 が形成され、この内周側凹み部 3 5 内にバンプフォイル片 2 1 の内周側端部を構成する第 1 パーツ 2 4 が配置されているので、トップフォイル片 1 1 の内周側端部がスラストカラー 4 側へ起き上がるとしても、バンプフォイル片 2 1 の内周側端部 (第 1 パーツ 2 4) が上記内周側凹み部 3 5 内に沈んでいることでトップフォイル片 1 1 とバンプフォイル片 2 1 との間に隙間が生じているため、この隙間が無くなるまではトップフォイル片 1 1 の内周側端部をスラストカラー 4 側へ押し返す力がバックフォイル片 2 1 に生じない。従って、トップフォイル片 1 1 の内周側端部の起き上がりが起こらない。

20

【 0 0 5 1 】

また、トップフォイル片 1 1 の内周側端部がバンプフォイル片 2 1 側へ押し込まれて上記の隙間が無くなったとしても、外周側端部に比べれば隙間の分だけバンプフォイル片 2 1 によるバネ反力が弱くなっており、従ってトップフォイル片 1 1 の内周側端部は起き上がり難くなる。

30

よって、スラスト荷重がさらに増して流体潤滑膜の膜厚がさらに薄くなったとしても、トップフォイル片 1 1 はスラストカラー 4 に接触し難くなり、結果としてより高いスラスト荷重を受けることが可能になる。

【 0 0 5 2 】

また、バンプフォイル片 2 1 における、回転軸 1 の回転方向上流側を径方向にて 4 つ (複数) に分割しているため、内周側の第 1 パーツ 2 4 と外周側の分割片 2 5 b とがそれぞれ独立して動作するため、トップフォイル片 1 1 がバンプフォイル片 2 1 側へ押し込まれたときに生じるバンプフォイル片 2 1 の変形が径方向において滑らかになり、従ってバンプフォイル片 2 1 (バックフォイル片 2 1) による支持力も内周側から外周側に向けてより滑らかに変化する。

40

【 0 0 5 3 】

本実施形態のスラスト軸受 3 A (3) においては、ベースプレート 3 0 におけるバックフォイル 2 0 (バンプフォイル 2 0) を支持する側の面の、バンプフォイル片 2 1 の内周側端部を支持する部位に内周側凹み部 3 5 を形成しているため、トップフォイル片 1 1 の内周側端部の起き上がりを抑制して内周側における流体潤滑膜の膜厚が極端に薄くなることを防止することができる。従って、このスラスト軸受 3 A (3) によれば、トップフォイル片 1 1 がスラストカラー 4 に近づいてこれに接触することを防止できるとともに、高負荷に耐え得る優れたものとなる。

【 0 0 5 4 】

50

「第2実施形態」

次に、本発明のスラスト軸受の第2実施形態について、図5(a)、(b)を参照して説明する。なお、図5(a)はパンプfoil片50の平面図、図5(b)はパンプfoil片50及びベースプレートの支持領域31を説明するため平面図である。第2実施形態のスラスト軸受が第1実施形態のスラスト軸受3A(3)と主に異なるところは、図5(a)、(b)に示すように、パンプfoil片50として、第1パーツ24と第2パーツ25とからなることなく、単一のパーツからなるものを用いている点である。

【0055】

すなわち、本実施形態のパンプfoil片50は、周方向の一方の側となる回転軸1の回転方向上流側が径方向にて4つ(複数)に等分割され、他方の側となる端辺51(固定端)が径方向にて連続する連続辺とされている。このように端辺51と反対の側が4つに分割されたことで、パンプfoil片50は、4つの帯状の分割片52と固定辺51(連続辺)とによって構成されている。なお、このパンプfoil片50にも、谷部22、山部23が形成されているのは、上記パンプfoil片21と同様である。

10

【0056】

4つの帯状の分割片52間には、上記パンプfoil片21の第2パーツ25と同様に、それぞれスリット53が形成されている。これらスリット53により、4つの分割片52はそれぞれ独立して動くようになっている。そして、本実施形態でも、図5(b)に示すようにベースプレート30の内周側、すなわちパンプfoil片50の内周側端部を支持する部位に、内周側凹み部35が形成されている。この内周側凹み部35内には、パンプfoil片50の内周側端部を構成する、最内周側の分割片52が配置されている。従って、この最内周側の分割片52は、ほぼ全体が内周側凹み部35内に沈み込んだ状態になっている。

20

【0057】

本実施形態のスラスト軸受3にあっても、パンプfoil片50の内周側端部を支持する部位に内周側凹み部35を形成しているため、トップfoil片11の内周側端部の起き上がりを抑制して内周側における流体潤滑膜の膜厚が極端に薄くなることを防止することができる。従って、このスラスト軸受3によれば、トップfoil片11がスラストカラー4に近づいてこれに接触することを防止できるとともに、高負荷に耐え得る優れたものとなる。

30

【0058】

また、パンプfoil片50の周方向の一方の側を径方向に分割して分割片52としているので、各分割片52がそれぞれ独立して動作するようになり、従って、トップfoil片11がパンプfoil片50側へ押し込まれたときに生じるパンプfoil片50の変形が径方向において滑らかになる。よって、パンプfoil片50による支持力も内周側から外周側に向けてより滑らかに変化する。

【0059】

また、分割片のうち最内周側の分割片52が内周側凹み部35内に配置されているので、パンプfoil片50の内周側端部が内周側凹み部35内に確実に沈み込み、従ってトップfoil片11の内周側端部で該トップfoil片11とパンプfoil片50との間に確実に隙間が形成され、トップfoil片11がスラストカラー4に接触することが確実に防止される。

40

【0060】

また、パンプfoil片50の分割片52が連続辺となる端辺51によって一体化されているため、パンプfoil片50の取り扱いが容易になるとともに、パンプfoil片50のベースプレート30上への固定が容易になる。

【0061】

「第3実施形態」

次に、本発明のスラスト軸受の第3実施形態について説明する。

第3実施形態のスラスト軸受3B(3)が第2実施形態のスラスト軸受と主に異なる

50

ころは、図6(a)~(c)に示すように、ベースプレート30の支持領域31に傾斜面32を形成した点と、パンプfoil片50の山部23の高さを全て同一にした点である。なお、図6(a)はスラスト軸受3B(3)の平面図、図6(b)はベースプレートの支持領域31の平面図、図6(c)はパンプfoil片50及びベースプレートの支持領域31を説明するためにその平面図と側面図を対応させた説明図である。

【0062】

本実施形態では、図6(a)に示すように支持領域31における、上記パンプfoil片50、トップfoil片11を支持する領域全体を、トップfoil片11の固定辺12側から下流側の端辺11a側に向かうに連れて高さが増加する傾斜面32としている。すなわち、傾斜面32を、図6(c)に示すように端辺11aに対して直交する方向に傾斜させて形成している。

10

【0063】

また、パンプfoil片50については、第2実施形態と同様に、4つの分割片52が連続辺となる端辺51によって一体化されたものを用いている。従って、このパンプfoil片50も、第1実施形態と同様に、ベースプレート30に接する谷部22と、トップfoil片11に接する山部23とを交互に配置した波板状に形成している。ただし、本実施形態では、図6(c)に示すように、山部23の高さを全て同一に形成している。

【0064】

また、谷部22及び山部23については、第1実施形態、第2実施形態と同様に、トップfoil片11の固定辺12と交差する方向に配列させている。すなわち、谷部22、山部23の配列方向を上記固定辺12と交差する方向とし、傾斜面32の傾斜方向に一致させている。これにより、パンプfoil片50の山部23は、その高さがベースプレート30の傾斜面32の傾斜方向に沿って、すなわち回転軸1の回転方向の下流側に向かうに連れて、所定の高さずつ高くなっている。つまり、第1実施形態、第2実施形態と見掛け上同一になっている。従って、このパンプfoil片50上に配置されるトップfoil片11は、その傾斜角が、第1実施形態、第2実施形態と同様に形成される。本実施形態では、この傾斜角は図6(c)に示すように傾斜面32の傾斜角によって決まる。

20

【0065】

また、本実施形態でも、図6(c)に示すようにベースプレート30の内周側、すなわちパンプfoil片50の内周側端部を支持する部位に、内周側凹み部35が形成されている。この内周側凹み部35内には、パンプfoil片50の内周側端部を構成する、最内周側の分割片52が配置されている。従って、この最内周側の分割片52は、ほぼ全体が内周側凹み部35内に沈み込んだ状態になっている。

30

【0066】

ただし、本実施形態では、内周側凹み部35の底面はベースプレート30の傾斜面32と平行に形成され、従ってこの内周側凹み部35の底面も傾斜面となっている。これにより、内周側凹み部35内に沈み込んだパンプfoil片50の最内周側の分割片52も、その山部23の高さが回転軸1の回転方向の下流側に向かうに連れて、所定の高さずつ高くなっている。

40

【0067】

本実施形態のスラスト軸受3B(3)にあっても、パンプfoil片50の内周側端部を支持する部位に内周側凹み部35を形成しているため、トップfoil片11の内周側端部の起き上がりを抑制して内周側凹み部35における流体潤滑膜の膜厚が極端に薄くなることを防止することができる。従って、このスラスト軸受3B(3)によれば、トップfoil片11がスラストカラー4に近づいてこれに接触することを防止できるとともに、高負荷に耐え得る優れたものとなる。

【0068】

また、ベースプレート30の各支持領域31に傾斜面32を形成し、パンプfoil片21の山部23の高さを全て同一にするとともに、該山部23の配列方向を傾斜面32の

50

傾斜方向に一致させているので、この傾斜面 3 2 上にバンブfoil片 5 0 を介してトップfoil片 1 1 を配設することにより、トップfoil片 1 1 の高さを傾斜面 3 2 に沿って精度よく変化させることができる。すなわち、トップfoil片 1 1 に所定の傾斜角を付与することができる。また、その際にバンブfoil片 5 0 については、山部 2 3 の高さを変化させることなく一定の高さに作製すればよく、従ってその加工コストを抑えることができる。よって、このスラスト軸受 3 B (3) によれば、加工を容易にして量産性を向上し、コストの低減化を図ることができる。また、加工が容易になってバラツキが少なくなるため、設計時に予測した軸受性能 (例えば軸受負荷能力) が得やすくなる。

【 0 0 6 9 】

なお、この第 3 実施形態では、バンブfoil片として第 2 実施形態のバンブfoil片 5 0 を用いているが、これに代えて、第 1 実施形態のバンブfoil片 2 1 を用いることもできる。

【 0 0 7 0 】

「第 4 実施形態」

次に、本発明のスラスト軸受の第 4 実施形態について説明する。

第 4 実施形態のスラスト軸受 3 C (3) が第 1 実施形態のスラスト軸受 3 A (3) と主に異なるところは、図 7、図 8 (a) ~ (d) に示すように、ベースプレート 3 0 のバンブfoil片 6 0 を支持する側の面の、バンブfoil片 6 0 の外周側端部を支持する部位に外周側凹み部 3 6 が形成されている点と、バンブfoil片 6 0 が 3 つのパーツからなっている点である。なお、図 7 はスラスト軸受 3 C (3) の平面図、図 8 (a) は図 7 の C - C 線矢視断面図、図 8 (b) はベースプレートの支持領域 3 1 の平面図と側面図とを対応させた説明図、図 8 (c) はバンブfoil片 6 0 の平面図、図 8 (d) はバンブfoil片 6 0 及びベースプレートの支持領域 3 1 を説明するためにその平面図と側面図を対応させた説明図である。

【 0 0 7 1 】

図 8 (b) に示すようにベースプレート 3 0 には、内周側凹み部 3 5 に加えて外周側凹み部 3 6 を形成している。このように外周側凹み部 3 6 を形成するのは、以下の理由による。

トップfoil 1 0 (トップfoil片 1 1) の外周側では、その外周端で流体潤滑膜の圧力が周囲圧 (例えば大気圧) と同じになるため、この外周側端部での流体潤滑膜の膜圧は、その他の外周側 (外周端から内寄りに入ったところ) に比べて低くなる。このため、トップfoil 1 0 (トップfoil片 1 1) はその内周端だけでなく、外周端でも起き上がりが生じ、この外周端も局所的に摩耗するおそれがある。

【 0 0 7 2 】

そこで、本実施形態では、上記したように外周側凹み部 3 6 を形成している。外周側凹み部 3 6 は、内周側凹み部 3 5 と同様にベースプレート 3 0 のスラストカラー 4 側の面に形成されたもので、スラストカラー 4 側の面から数十 μm 程度掘り込まれたことで形成されている。ただし、本実施形態では、図 8 (b) に示す内周側凹み部 3 5 の深さ d_1 が外周側凹み部 3 6 の深さ d_2 より深く形成されている。これは、スラスト軸受 3 の内周端側でのスラストカラー 4 の周速が外周端側での周速に比べて遅いことによる、スラストカラー 4 側へ起き上がり易くなるトップfoil片 1 1 の内周端側の部位が、トップfoil片 1 1 の外周端で流体潤滑膜の圧力が周囲圧 (例えば大気圧) と同じになることによる、スラストカラー 4 側へ起き上がり易くなるトップfoil片 1 1 の外周端側の部位より広いためである。

【 0 0 7 3 】

すなわち、内周側凹み部 3 5 の深さ d_1 を外周側凹み部 3 6 の深さ d_2 より深く形成することにより、内周側凹み部 3 5 上でのトップfoil片 1 1 とバンブfoil片 6 0 との間の隙間を外周側凹み部 3 6 上での隙間より大きくすることができ、トップfoil片 1 1 がスラストカラー 4 に近づいてこれに接触することをより効果的に防止することができるからである。ただし、製造工程を簡略化するため、内周側凹み部 3 5 の深さ d_1

と外周側凹み部 3 6 の深さ d 2 とを同じに形成することもできる。

【 0 0 7 4 】

また、本実施形態では、パンプfoil 6 0 は図 8 (c) に示すように全体が 3 つのパーツ、すなわちパンプfoil 片 6 0 の内周側端部となる第 1 パーツ 6 1 と、外周側端部となる第 2 パーツ 6 2 と、これら内周側端部と外周側端部との間の中間部を構成する第 3 パーツ 6 3 と、からなっている。第 1 パーツ 6 1 は、図 8 (d) に示すようにパンプfoil 片 6 0 がベースプレート 3 0 の支持領域 3 1 上に配置された際に、内周側凹み部 3 5 内に全体が入って沈み込むように内周側凹み部 3 5 より一回り小さく形成されている。内周側凹み部 3 5 内に配置された第 1 パーツ 6 1 は、回転軸 1 の回転方向下流側の端面 6 1 a がベースプレート 3 0 にスポット溶接 (点付溶接) されて固定されており、端面 6 1 a と反対の側が自由端となっている。このように第 1 パーツ 6 1 は内周側凹み部 3 5 内に配置されるため、第 1 パーツ 6 1 は支持領域 3 1 上への位置決めが容易になっている。

10

【 0 0 7 5 】

第 2 パーツ 6 2 は、パンプfoil 片 6 0 がベースプレート 3 0 の支持領域 3 1 上に配置された際に、外周側凹み部 3 6 内に全体が入って沈み込むように外周側凹み部 3 6 より一回り小さく形成されている。外周側凹み部 3 6 内に配置された第 2 パーツ 6 2 は、回転軸 1 の回転方向下流側の端面 6 2 a がベースプレート 3 0 にスポット溶接 (点付溶接) されて固定されており、端面 6 2 a と反対の側が自由端となっている。このように第 2 パーツ 6 2 は外周側凹み部 3 6 内に配置されるため、第 2 パーツ 6 2 も支持領域 3 1 上への位置決めが容易になっている。

20

【 0 0 7 6 】

第 3 パーツ 6 3 は、その周方向の一方の側、すなわち回転軸 1 の回転方向上流側が、径方向にて 2 つに等分割され、他方の側となる端面 6 3 a が、径方向にて連続する連続辺とされている。このように端面 6 3 a と反対の側が 2 つに分割されたことで、第 3 パーツ 6 3 は、2 つの帯状の分割片 6 3 b と端面 6 3 a とによって構成されている。また、第 1 パーツ 6 1、第 2 パーツ 6 2 は、第 3 パーツ 6 3 の分割片 6 3 b と径方向の幅が同じに形成されている。従って、これら第 1 パーツ 6 1 と第 2 パーツ 6 2 と第 3 パーツ 6 3 とからなるパンプfoil 片 6 0 は、見掛け上、回転軸 1 の回転方向上流側、すなわち周方向の一方の側が 4 つの分割片に分割された形状となっている。そして、これら分割片のうちの最内周側の分割片、つまり第 1 パーツ 6 1 が内周側凹み部 3 5 内に配置され、最外周側の分割片、つまり第 2 パーツ 6 2 が外周側凹み部 3 6 内に配置されている。

30

【 0 0 7 7 】

第 3 パーツ 6 3 における 2 つの帯状の分割片 6 3 b 間には、スリット 6 3 c が形成されている。スリット 6 3 c は、本実施形態では第 2 パーツ 6 2 の外周が形成する円と同心円の一部を形成する円弧状に形成されている。スリット 6 3 c の幅は、2 つの分割片 6 3 b が互いに干渉することなく、独立して動けるような寸法に設定されている。このような幅のスリット 6 3 c によって第 3 パーツ 6 3 の一方の側が 2 つの帯状の分割片 6 3 b に分割されていることにより、これら 2 つの帯状の分割片 6 3 b はそれぞれ独立して動くようになっている。また、第 1 パーツ 6 1 と第 3 パーツ 6 3 との間にはスリット 6 3 c とほぼ同じ幅の隙間が設けられており、第 2 パーツ 6 2 と第 3 パーツ 6 3 との間にもスリット 6 3 c とほぼ同じ幅の隙間が設けられている。これにより、第 1 パーツ 6 1、第 2 パーツ 6 2 は、第 3 パーツ 6 3 の分割片 6 3 b と同様に自由端側が独立して動くようになっている。

40

なお、本実施形態でも、パンプfoil 片 6 0 には谷部 2 2 及び山部 2 3 が、第 1 実施形態のパンプfoil 片 2 1 と同様に形成されている。

【 0 0 7 8 】

本実施形態のスラスト軸受 3 C (3) にあっては、パンプfoil 片 6 0 の内周側端部を支持する部位に内周側凹み部 3 5 を形成してトップfoil 片 1 1 の内周端側の起き上がりを抑制するとともに、パンプfoil 片 6 0 の外周側端部を支持する部位に外周側凹み部 3 6 を形成してトップfoil 片 1 1 の外周端側の起き上がりを抑制しているため、トップfoil 片 1 1 がスラストカラー 4 に近づいてこれに接触することを防止すること

50

ができ、これによって軸受寿命の低下や焼き付きを防止することができる。また、内周端側や外周端側における流体潤滑膜の膜厚が極端に薄くなることのないため、高負荷に耐え得る優れたものとなる。

【0079】

「変形例」

第4実施形態ではパンプfoil片60の第1パーツ61と第2パーツ62とを、その径方向の幅が同じになるように形成したが、例えば図9(a)、(b)に示すように、第1パーツ61と第2パーツ62とを異なる形状に形成してもよい。図9(a)に示すように本例のパンプfoil片60は、第1パーツ64が第3パーツ63と同様に、2つの分割片64bとこれらを連続させる端面64aとによって形成されている。

10

【0080】

従って、このパンプfoil片60は、第1パーツ64、第2パーツ62、第3パーツ63からなることにより、見掛け上、回転軸1の回転方向上流側が5つの分割片に等分割された形状となっている。これにより、5つの分割片の径方向の幅は、図8(c)に示したパンプfoil片60の分割片の径方向の幅に比べて狭くなっている。

また、本例では、図9(b)に示すように内周側凹み部35は第1パーツ64全体が入るように、図8(d)に示した内周側凹み部35に比べて径方向の幅が広がっている。一方、外周側凹み部36は、図8(d)に示した外周側凹み部36に比べて径方向の幅が狭くなっている。

20

【0081】

上述したように、スラスト軸受3の内周端側でのスラストカラー4の周速が外周端側の周速に比べて遅いことによる、スラストカラー4側へ起き上がり易くなるトップfoil片11の内周端側の部位は、トップfoil片11の外周端で流体潤滑膜の圧力が周囲圧(例えば大気圧)と同じになることによる、スラストカラー4側へ起き上がり易くなるトップfoil片11の外周端側の部位より広い。

【0082】

従って、本例のスラスト軸受3にあっては、内周側凹み部35の径方向の幅を外周側凹み部36より広くし、パンプfoil片60の第1パーツ64とこれに支持されるトップfoil片11との間の隙間をより広い範囲に形成したので、トップfoil片11の内周端側がスラストカラー4に近づいてこれに接触することをより効果的に防止することができる。

30

【0083】

「第5実施形態」

次に、本発明のスラスト軸受の第5実施形態について、図10(a)、(b)を参照して説明する。なお、図10(a)はパンプfoil片50の平面図、図10(b)はパンプfoil片50及びベースプレートの支持領域31を説明するため平面図である。第5実施形態のスラスト軸受が第4実施形態のスラスト軸受3C(3)と主に異なるところは、図10(a)、(b)に示すように、パンプfoil片として図5(a)に示したパンプfoil片50を用いている点である。

【0084】

すなわち、図10(a)、(b)に示す本実施形態のパンプfoil片50も、周方向の一方の側となる回転軸1の回転方向上流側が径方向にて4つ(複数)に等分割され、他方の側となる端面51(固定辺)が径方向にて連続する連続辺とされている。このように端面51と反対の側が4つに分割されたことで、パンプfoil片50は、4つの帯状の分割片52と固定辺51(連続辺)とによって構成されている。

40

【0085】

そして、本実施形態でも、図10(b)に示すようにベースプレート30の外周端側、すなわちパンプfoil片50の外周側端部を支持する部位に、外周側凹み部36が形成されている。この外周側凹み部36内には、パンプfoil片50の外周側端部を構成する、最外周側の分割片52が配置されている。従って、この最外周側の分割片52は、ほ

50

ば全体が外周側凹み部 3 6 内に沈み込んだ状態になっている。

【 0 0 8 6 】

本実施形態のスラスト軸受 3 にあっても、パンプfoil片 5 0 の内周側端部を支持する部位に内周側凹み部 3 5 を形成してトップfoil片 1 1 の内周端側の起き上がりを抑制するとともに、パンプfoil片 5 0 の外周側端部を支持する部位に外周側凹み部 3 6 を形成してトップfoil片 1 1 の外周端側の起き上がりを抑制しているので、トップfoil片 1 1 がスラストカラー 4 に近づいてこれに接触することを防止することができ、これによって軸受寿命の低下や焼き付きを防止することができる。また、内周端側や外周端側における流体潤滑膜の膜厚が極端に薄くなることのないため、高負荷に耐え得る優れたものとなる。

10

【 0 0 8 7 】

また、第 2 実施形態と同様に、パンプfoil片 5 0 の周方向の一方の側を分割片 5 2 としているので、パンプfoil片 5 0 による支持力も内周側から外周側に向けてより滑らかに変化するようになる。さらに、パンプfoil片 5 0 の分割片 5 2 が連続辺となる端辺 5 1 によって一体化されているため、パンプfoil片 5 0 の取り扱いが容易になるとともに、パンプfoil片 5 0 のベースプレート 3 0 上への固定が容易になる。

【 0 0 8 8 】

「第 6 実施形態」

次に、本発明のスラスト軸受の第 6 実施形態について説明する。

第 6 実施形態のスラスト軸受 3 D (3) が第 5 実施形態のスラスト軸受と主に異なるところは、図 1 1 (a) ~ (c) に示すように、ベースプレート 3 0 の上記支持領域 3 1 に傾斜面 3 2 を形成した点と、パンプfoil片 2 1 の山部 2 3 の高さを、全て同一にした点である。なお、図 1 1 (a) はスラスト軸受 3 D (3) の平面図、図 1 1 (b) はベースプレートの支持領域 3 1 の平面図、図 1 1 (c) はパンプfoil 5 0 片及びベースプレートの支持領域 3 1 を説明するためにその平面図と側面図を対応させた説明図である。

20

【 0 0 8 9 】

本実施形態では、図 6 (a) ~ (c) に示した第 3 実施形態と同様に、図 1 1 (a) に示す支持領域 3 1 における、パンプfoil片 5 0 、トップfoil片 1 1 を支持する領域全体を、トップfoil片 1 1 の固定辺 1 2 側から下流側の端辺 1 1 a 側に向かうに連れて高さが増加する傾斜面 3 2 としている。すなわち、傾斜面 3 2 を、図 1 1 (c) に示すように端辺 1 1 a に対して直交する方向に傾斜させて形成している。

30

【 0 0 9 0 】

また、パンプfoil片 5 0 については、第 5 実施形態と同様に、4 つの分割片 5 2 が連続辺となる端辺 5 1 によって一体化されたものを用いている。従って、このパンプfoil片 5 0 も、ベースプレート 3 0 に接する谷部 2 2 と、トップfoil片 1 1 に接する山部 2 3 とを交互に配置した波板状に形成している。また、図 1 1 (c) に示すように、山部 2 3 の高さを全て同一に形成している。そして、谷部 2 2 、山部 2 3 の配列方向をトップfoil片 1 1 の固定辺 1 2 と交差する方向とし、傾斜面 3 2 の傾斜方向に一致させている。これにより、パンプfoil片 5 0 の山部 2 3 は、その高さがベースプレート 3 0 の傾斜面 3 2 の傾斜方向に沿って、すなわち回転軸 1 の回転方向の下流側に向かうに連れて、所定の高さずつ高くなっている。

40

【 0 0 9 1 】

また、ベースプレート 3 0 には、パンプfoil片 5 0 の内周側端部を支持する部位に内周側凹み部 3 5 が形成され、外周側端部を支持する部位に外周側凹み部 3 6 が形成されている。内周側凹み部 3 5 内には、パンプfoil片 5 0 の最内周側の分割片 5 2 が配置され、外周側凹み部 3 6 内には、パンプfoil片 5 0 の最外周側の分割片 5 2 が配置されている。従って、最内周側の分割片 5 2 はほぼ全体が内周側凹み部 3 5 内に沈み込んだ状態になっており、最外周側の分割片 5 2 はほぼ全体が外周側凹み部 3 6 内に沈み込んだ状態になっている。

【 0 0 9 2 】

50

ただし、本実施形態では、内周側凹み部 3 5 の底面、外周側凹み部 3 6 の底面のいずれも、ベースプレート 3 0 の傾斜面 3 2 と平行に形成されている。従って、内周側凹み部 3 5 の底面、外周側凹み部 3 6 の底面は共に傾斜面となっている。これにより、内周側凹み部 3 5 内に沈み込んだパンプfoil片 5 0 の最内周側の分割片 5 2、外周側凹み部 3 6 内に沈み込んだパンプfoil片 5 0 の最外周側の分割片 5 2 は、いずれも山部 2 3 の高さが回転軸 1 の回転方向の下流側に向かうに連れて、所定の高さずつ高くなっている。なお、本実施形態においても、内周側凹み部 3 5 の深さを外周側凹み部 3 6 の深さより深く形成するのが好ましい。

【0093】

本実施形態のスラスト軸受 3 D (3) にあっても、パンプfoil片 5 0 の内周側端部を支持する部位に内周側凹み部 3 5 を形成してトップfoil片 1 1 の内周端側の起き上がりを抑制するとともに、パンプfoil片 5 0 の外周側端部を支持する部位に外周側凹み部 3 6 を形成してトップfoil片 1 1 の外周端側の起き上がりを抑制しているので、トップfoil片 1 1 がスラストカラー 4 に近づいてこれに接触することを防止することができ、これによって軸受寿命の低下や焼き付きを防止することができる。また、内周側や外周側における流体潤滑膜の膜厚が極端に薄くなることのないため、高負荷に耐え得る優れたものとなる。

10

【0094】

また、ベースプレート 3 0 の各支持領域 3 1 に傾斜面 3 2 を形成し、パンプfoil片 2 1 の山部 2 3 の高さを全て同一にするとともに、該山部 2 3 の配列方向を傾斜面 3 2 の傾斜方向に一致させているので、この傾斜面 3 2 上にパンプfoil片 5 0 を介してトップfoil片 1 1 を配設することにより、トップfoil片 1 1 の高さを傾斜面 3 2 に沿って精度よく変化させることができる。また、その際にパンプfoil片 5 0 については、山部 2 3 の高さを変化させることなく一定の高さに作製すればよく、従ってその加工コストを抑えることができる。よって、このスラスト軸受 3 D (3) によれば、加工を容易にして量産性を向上し、コストの低減化を図ることができる。また、加工が容易になってバラツキが少なくなるため、設計時に予測した軸受性能（例えば軸受負荷能力）が得やすくなる。

20

【0095】

なお、この第 6 実施形態では、パンプfoil片として第 5 実施形態のパンプfoil片 5 0 を用いているが、これに代えて、第 4 実施形態のパンプfoil片 6 0 を用いることもできる。また、図 9 (a) に示したパンプfoil片 6 0 を用い、ベースプレート 3 0 の内周側凹み部 3 5、外周側凹み部 3 6 を、図 9 (b) に示したように形成することもできる。

30

【0096】

また、本発明は上記実施形態に限定されることなく、本発明の主旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能である。

例えば、上記実施形態ではバックfoil片 2 0 やトップfoil片 1 0 をそれぞれ 6 つのバックfoil片 2 1 (パンプfoil片 2 1)、トップfoil片 1 1 で構成し、従ってベースプレート 3 0 の支持領域 3 1 もこれに合わせて 6 つ形成 (設定) したが、バックfoil片 2 1 (パンプfoil片 2 1) やトップfoil片 1 1 は、複数であれば 5 つ以下でも 7 つ以上であってもよい。その場合に、支持領域 3 1 の数についても、バックfoil片 2 1 (パンプfoil片 2 1) やトップfoil片 1 1 の数に合わせるのももちろんである。

40

【0097】

また、上記実施形態では、パンプfoil片を複数の分割片と連続辺 (固定辺) とによって形成し、または複数のパーツに分けることで見掛け上複数の分割片と固定辺とによって形成したが、分割片の数としては、4 つや 5 つに限定されることなく、2 つ以上であればいくつに分割してもよい。また、各分割片の径方向の幅についても、全て同じにすることなく、分割片ごとに変えてもよい。例えば、図 9 (a) に示したパンプfoil片 6 0

50

において、第1パーツ64を2つの分割片64bで形成することなく1つの分割片とし、第3パーツ63も2つの分割片63bで形成することなく1つの分割片としてもよい。

【0098】

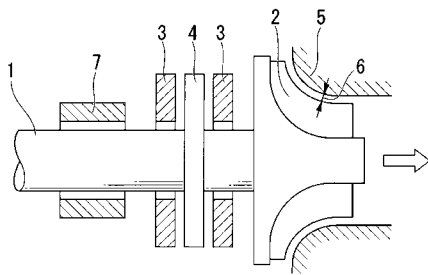
また、トップfoil片やパンプfoil片の形状、支持領域上へのトップfoil片やパンプfoil片の配置、傾斜面の傾斜方向など、上記実施形態以外にも種々の形態を採用することが可能である。

【符号の説明】

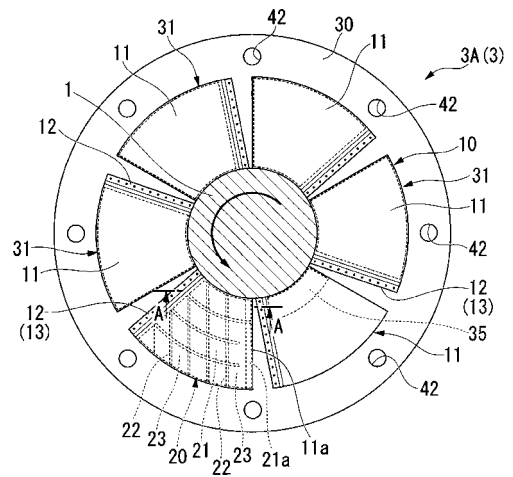
【0099】

1...回転軸、3、3A、3B、3C、3D...スラスト軸受、4...スラストカラー、10...トップfoil、11...トップfoil片、11a...端辺、20...バックfoil(パンプfoil)、21、50、60...バックfoil片(パンプfoil片)、21a、51...端辺(固定辺)、21b、52...分割片、22...谷部、23...山部、30...ベースプレート、31...支持領域、32...傾斜面、35...内周側凹み部、36...外周側凹み部

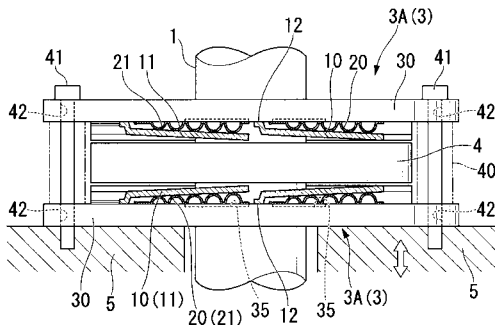
【図1】



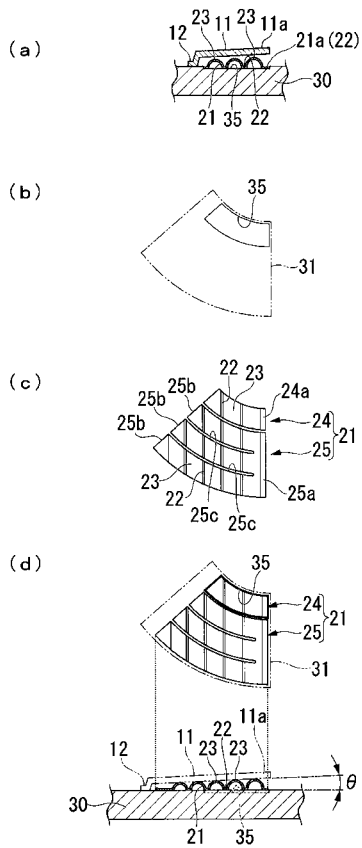
【図3】



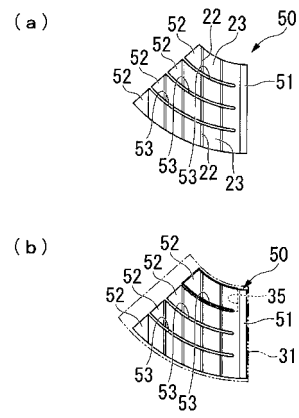
【図2】



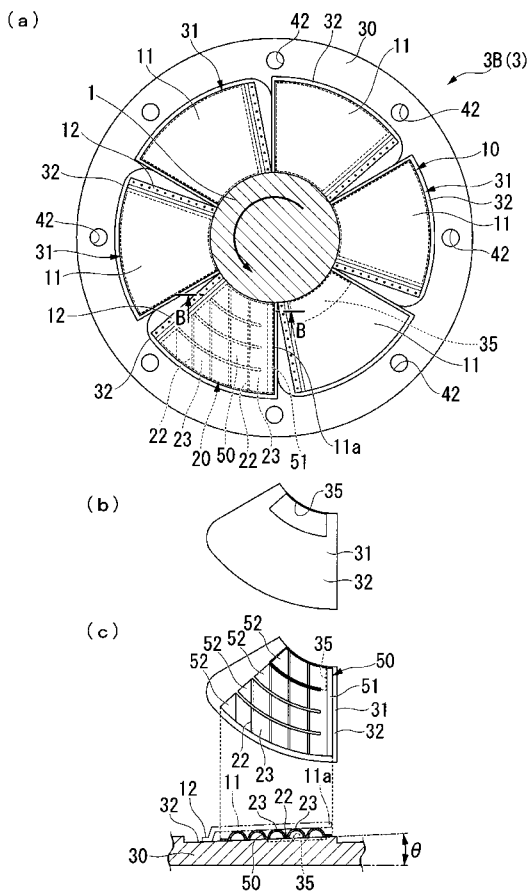
【 図 4 】



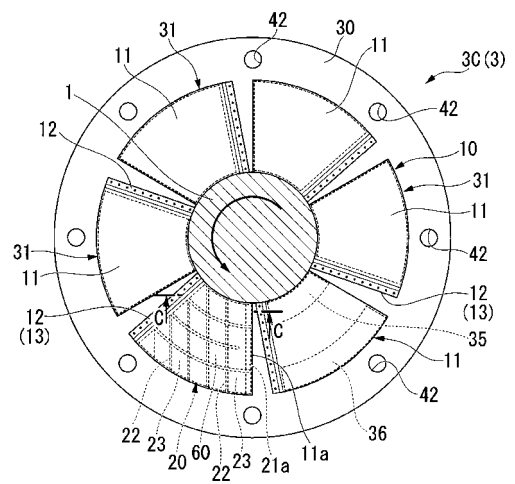
【 図 5 】



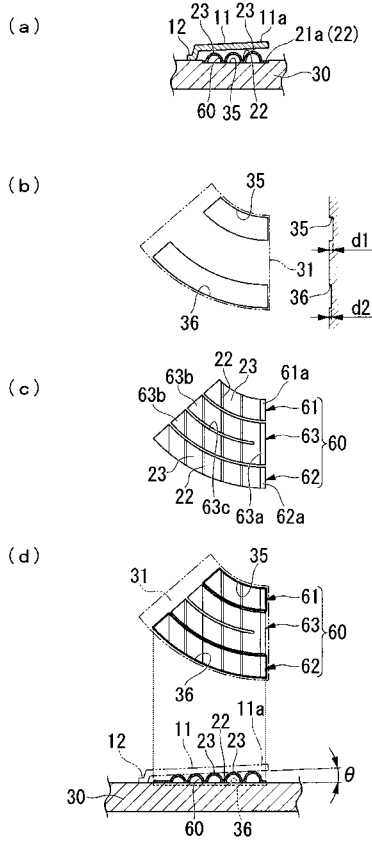
【 図 6 】



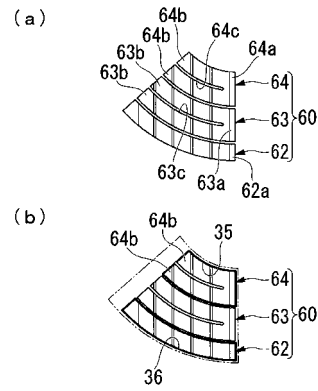
【 図 7 】



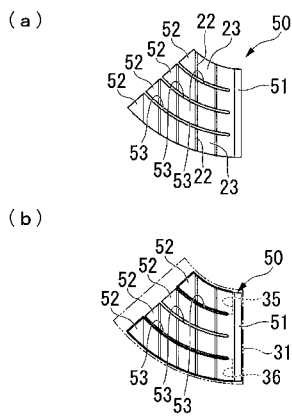
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 11 】

