

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6065917号
(P6065917)

(45) 発行日 平成29年1月25日(2017.1.25)

(24) 登録日 平成29年1月6日(2017.1.6)

(51) Int.Cl. F 1
F 1 6 C 27/02 (2006.01) F 1 6 C 27/02 A

請求項の数 7 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2014-542159 (P2014-542159)	(73) 特許権者	000000099 株式会社 I H I
(86) (22) 出願日	平成25年10月16日 (2013.10.16)		東京都江東区豊洲三丁目1番1号
(86) 国際出願番号	PCT/JP2013/078070	(74) 代理人	100175802 弁理士 寺本 光生
(87) 国際公開番号	W02014/061698	(74) 代理人	100064908 弁理士 志賀 正武
(87) 国際公開日	平成26年4月24日 (2014.4.24)	(74) 代理人	100167553 弁理士 高橋 久典
審査請求日	平成27年1月29日 (2015.1.29)	(72) 発明者	古野 晃久 東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会 社 I H I 内
(31) 優先権主張番号	特願2012-228892 (P2012-228892)	審査官	日下部 由泰
(32) 優先日	平成24年10月16日 (2012.10.16)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スラスト軸受

(57) 【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、前記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と反対の側に配置されて、前記バックフォ
 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、前記複数の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は、前記複数のバックフォイル片をそれぞれ支持すると共に前記周
 方向に配列された複数の支持領域を有し、
 前記支持領域は、第1境界線と、該第1境界線の前記スラストカラーの回転方向側に配
 置される第2境界線とによって区画される傾斜面を有し、
 前記傾斜面は、前記第1境界線から前記第2境界線に向かうに従ってその高さが増加し
 、且つ前記第1境界線から前記第2境界線まで連続的に形成され、
 前記バックフォイル片は、前記傾斜面内にのみ配置されているスラスト軸受。

【請求項 2】

10

20

前記第2境界線は、前記ベースプレートの半径方向に沿って形成され、
前記傾斜面は、前記第2境界線と直交する方向に傾斜している請求項1に記載のスラスト軸受。

【請求項3】

前記トップfoil片の、前記スラストカラーの回転方向側の端縁部は、その高さが一定に形成されている請求項1又は2に記載のスラスト軸受。

【請求項4】

前記トップfoil片は、前記スラストカラーの回転方向と反対の側の端縁部で前記ベースプレートに固定されている請求項1～3のいずれか一項に記載のスラスト軸受。

【請求項5】

前記バックfoil片は、複数の山部と複数の谷部とを交互に配置した波板状に形成されている請求項1～4のいずれか一項に記載のスラスト軸受。

【請求項6】

前記バックfoil片は、前記複数の山部の配列方向が前記傾斜面の傾斜方向に一致するように配置されている請求項5に記載のスラスト軸受。

【請求項7】

前記バックfoil片は、前記スラストカラーの回転方向側の端縁部で前記ベースプレートに固定されている請求項6に記載のスラスト軸受。

【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。

本願は、2012年10月16日に日本に出願された特願2012-228892号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

【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、foil式スラスト軸受がよく知られている。このfoil式スラスト軸受は、ベースとなる円環板形状の板材（ベースプレート）の上に、パンプfoilと呼ばれる薄い板材からなる波板が複数枚円環状に配置され、さらにその上に、トップfoilと呼ばれる薄板がパンプfoilと同枚数配置されて、構成される（例えば、特許文献1、特許文献2参照）。

【0003】

このような構成によってfoil式スラスト軸受は、スラスト軸受面（トップfoil）に対してスラストカラーが近接した状態で回転すると、スラストカラーとトップfoilとの間にくさび効果による空気膜（流体潤滑膜）を形成し、この空気膜によってスラストカラーを支持する。くさび効果とは、広い隙間から狭い隙間に向けて流体が流れると、狭い隙間において圧力が発生する現象である。このような効果、すなわち狭い隙間で発生した圧力により、スラスト軸受は荷重（スラストカラー）を支持する。

【0004】

したがって、foil式スラスト軸受において効率的にくさび効果を得るためには、スラストカラーとトップfoilとの間に広い隙間と狭い隙間を連続して形成するべく、スラストカラーの回転方向に対してトップfoilの高さを変化させる必要がある。このようにトップfoilの高さを変化させるため、従来では、スラストカラーの回転方向に沿ってパンプfoilの高さ（パンプ（山）の高さ）を変化させている。

また、下記特許文献3～6にも、スラストカラーを支持するスラスト軸受が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

10

20

30

40

50

【特許文献1】特表2008-513701号公報

【特許文献2】特表2008-501922号公報

【特許文献3】特開昭61-92316

【特許文献4】特開2002-349551

【特許文献5】特開昭63-195412

【特許文献6】特開昭59-187111

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、バンプフォイルは0.1mm程度の薄板からなるため、一山毎に山の高さを例えば数十 μ m変化させるような加工は難しく、たとえ加工できたとしてもコストが非常に高くなる場合がある。さらに、加工精度も低くなるため、トップフォイルの高さを設計通りに精度よく変化させるのが困難である。

10

【0007】

また、バンプフォイルの山の高さを変えることなく、これの上に配置するトップフォイルの押圧力によってバンプフォイルの山の潰し量を少しずつ変えることにより、トップフォイルの高さを変化させることも考えられる。しかし、その場合にも、トップフォイルの高さを設計通りに精度よく変化させるのが極めて困難である。

このようにトップフォイルの高さを精度よく変化させることができないと、量産性が低くなるためコストが高くなる。また、軸受負荷能力を予め設計するのが困難になるため、性能の評価が難しく、実用性が低くなる可能性がある。

20

【0008】

本発明は前記事情に鑑みてなされたもので、トップフォイルの高さを精度よく変化させることができ、これによって軸受負荷能力の事前の設計を可能にした、優れたスラスト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】

【0009】

本発明の第1の態様では、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は、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、この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と反対の側に配置されて、この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、を備える。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ている。前記トップフォイルは、前記複数の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。前記ベースプレートは、前記複数のバックフォイル片をそれぞれ支持すると共に前記周方向に配列された複数の支持領域を有している。前記支持領域は、第1境界線と、該第1境界線の前記スラストカラーの回転方向側に配置される第2境界線とによって区画される傾斜面を有している。この傾斜面の高さが前記第1境界線から前記第2境界線に向かうに従って増加している。この傾斜面は、前記第1境界線から前記第2境界線まで連続的に形成されている。また、前記バックフォイル片は、前記傾斜面内にのみ配置されている。

30

40

【0010】

本発明の第1の態様によれば、バックフォイル片を支持するベースプレートの各支持領域に、第1境界線から第2境界線に向かうに従って高さが増加する傾斜面を形成しているので、この傾斜面上にバックフォイル片を介してトップフォイル片を配設していることにより、トップフォイル片の高さを傾斜面に沿って精度よく変化させることができる。また、その際にバックフォイル片については、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、したがって加工コストを抑えることができる。

【0011】

本発明の第2の態様では、上記第1の態様において、前記第2境界線は、前記ベースブ

50

レート半径方向に沿って形成されている。また、前記傾斜面は、前記第2境界線と直交する方向に傾斜している。

本発明の第2の態様によれば、傾斜面の加工を容易に行うことができるとともに、この傾斜面に対応してバックfoil片の加工も容易に行うことができる。

【0012】

本発明の第3の態様では、上記第1又は第2の態様において、前記トップfoil片の、前記スラストカラーの回転方向側の端縁部は、その高さが一定に形成されている。

本発明の第3の態様によれば、くさび効果によって発生する圧力をより高めることができ、したがってスラスト軸受の軸受負荷能力をより高めることができる。

【0013】

本発明の第4の態様では、上記第1から第3のいずれか一つの態様において、前記トップfoil片は、前記スラストカラーの回転方向と反対の側の端縁部で前記ベースプレートに固定されている。

本発明の第4の態様によれば、スラストカラーの回転方向側におけるトップfoil片の端縁部は、バックfoilを介してベースプレートから離れた状態となるので、スラストカラーとの間が狭くなり、したがって良好なくさび効果が得られる。

【0014】

本発明の第5の態様では、上記第1から第4のいずれか一つの態様において、前記バックfoil片は、複数の山部と複数の谷部とを交互に配置した波板状に形成されている。

本発明の第5の態様によれば、バックfoil片によってトップfoil片を弾性的に支持することができる。

【0015】

本発明の第6の態様では、上記第5の態様において、前記バックfoil片は、前記複数の山部の配列方向が前記傾斜面の傾斜方向に一致するように配置されている。

本発明の第6の態様によれば、バックfoil片の複数の山部の高さを同一に形成することで、トップfoil片の高さをベースプレートの傾斜面に合わせて変化させることができる。したがって、バックfoil片の加工を容易にすることができる。

【0016】

本発明の第7の態様では、上記第6の態様において、前記バックfoil片は、前記スラストカラーの回転方向側の端縁部で前記ベースプレートに固定されている。

本発明の第7の態様によれば、バックfoil片の谷部の形成方向に沿って例えば溶接でバックfoil片をベースプレートに固定することができ、固定を容易に行うことができる。

【発明の効果】

【0017】

本発明のスラスト軸受によれば、ベースプレートの各支持領域に傾斜面を形成し、この傾斜面上にバックfoil片を介してトップfoil片を配設することにより、トップfoil片の高さを傾斜面に沿って精度よく変化させている。このため、加工を容易にしてスラスト軸受の量産性を向上させ、そのコストの低減化を図ることができる。また、スラスト軸受の軸受負荷能力を予め精度良く設計することができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【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2A】本発明の第1実施形態に係るスラスト軸受を示す、一部を断面視した平面図である。

【図2B】図2Aの2B-2B線矢視断面図である。

【図3A】本発明の第1実施形態に係るスラスト軸受のベースプレートの斜視図である。

【図3B】本発明の第1実施形態に係るスラスト軸受の要部分解斜視図である。

【図4A】本発明の第2実施形態に係るスラスト軸受の要部側断面図である。

【図4B】本発明の第2実施形態に係るスラスト軸受のベースプレートの斜視図である。

10

20

30

40

50

【図 4 C】本発明の第 2 実施形態に係るスラスト軸受の変形例の要部側断面図である。

【図 5 A】本発明の第 3 実施形態に係るスラスト軸受の要部側断面図である。

【図 5 B】本発明の第 3 実施形態に係るスラスト軸受のベースプレートの斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

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。なお、本明細書および図面において、実質的に同一の機能、構成を有する要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略し、また本発明に直接関係のない要素は図示を省略する。

10

【0020】

(第 1 実施形態)

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る。図 1 中符号 1 は回転軸、符号 2 は回転軸の先端部に設けられたインペラ、符号 3 は本発明に係るスラスト軸受を示している。

【0021】

回転軸 1 には、インペラ 2 が形成された位置の近くにスラストカラー 4 が固定されている。このスラストカラー 4 を挟持するようにして一対のスラスト軸受 3 が配置されている。

また、インペラ 2 は静止部材であるハウジング 5 内に配置されており、ハウジング 5 との間にはチップクリアランス 6 が形成されている。

20

また、回転軸 1 には、スラストカラー 4 より回転軸 1 の中央寄りに、ラジアル軸受 7 が設けられている。

【0022】

図 2 A、2 B、3 A、3 B は、このような構成のターボ機械に適用された第 1 実施形態におけるスラスト軸受 3 A (3) を示す図である。図 2 A はスラスト軸受 3 A (3) の一部を断面視した平面図であり、図 2 B は図 2 A の 2 B - 2 B 線矢視断面図である。また、図 3 A はベースプレートの斜視図であり、図 3 B はスラスト軸受 3 A (3) の要部分解斜視図である。

この第 1 実施形態のスラスト軸受 3 A (3) は、図 1 においてスラストカラー 4 よりもインペラ 2 寄りの位置に配置された軸受である。なお、本実施形態では、図 1 においてインペラ 2 寄りの位置に配置されたスラスト軸受 3 A (3)、及び図 1 においてスラストカラー 4 を挟んでその反対側、すなわちラジアル軸受 7 寄りの位置に配置されたスラスト軸受 3 は、同一の構成要素をそれぞれ備えている。ただし、ラジアル軸受 7 寄りのスラスト軸受 3 は、スラスト軸受 3 A (3) の構成が図 1 における左右方向で逆となった構成を備えている。

30

【0023】

図 2 A、2 B に示すように本実施形態のスラスト軸受 3 A (3) は、回転軸 1 に固定された円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)の軸受であり、回転軸 1 を取り囲むように設けられている。このスラスト軸受 3 A は、図 2 B、図 3 B に示すようにスラストカラー 4 に対向して配置されるトップフォイル 10 と、このトップフォイル 10 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フォイル 20 と、このバックフォイル 20 の、前記トップフォイル 10 と反対の側に配置された円環板状のベースプレート 30 と、を備えて構成されている。

40

【0024】

ベースプレート 30 は、図 3 A に示すように金属製の円環板状の部材である。ベースプレート 30 のスラストカラー 4 に対向する面には、バックフォイル 20 やトップフォイル 10 を支持するための支持領域が形成されている。本実施形態では、後述するようにバックフォイル 20 が複数枚(6枚)のバックフォイル片 21 によって形成され、トップフォイル 10 が複数枚(6枚)のトップフォイル片 11 によって形成されている。したがって

50

ベースプレート30は、その表面領域を周方向に6分割(6つに等分割)して形成されると共にベースプレート30の周方向に配列されている6つの支持領域31を有している。すなわち、図3Bに示すように各支持領域31はそれぞれ、バックフォイル片21、トップフォイル片11を支持するように構成されている。各支持領域31は、平面視で略台形状に形成されている。

【0025】

また、図3A、3Bに示すように各支持領域31の全体には、図3A中に矢印Qで示すスラストカラー4(回転軸1)の回転方向に沿って高さが増加する傾斜面32が、それぞれ形成されている。すなわち、傾斜面32の高さ(回転軸1の軸方向での高さ)が、スラストカラー4の回転方向に向かうに従い増加している。なお、本発明において「回転方向に沿って傾斜面の高さが増加する」とは、円環板状のベースプレート30の周方向に沿って漸次高さが増加することのみを意味するのではなく、回転方向にほぼ向かうような方向、例えばベースプレート30の接線方向などに向かうに従い漸次高さが増加することも意味している。

10

【0026】

本実施形態では、隣り合う支持領域31間の境界線31aはベースプレート30の半径方向に沿って形成されている。より詳細には、図3Aに示すように、隣り合う支持領域31の間には回転軸1の軸方向に平行な境界面33が設けられており、境界面33を介して隣り合う支持領域31が接続されている。本実施形態での境界面33は軸方向に平行するように形成されているが、これに限定されず、軸方向と所定の角度を形成するように配置されていてもよい。境界面33のスラストカラー4寄りの縁部には一方の支持領域31との境界線31a(第2境界線)が設けられ、境界面33の、境界線31aと逆側の縁部には他方の支持領域31との境界線31b(第1境界線)が設けられている。傾斜面32は、境界線31a、31bによって区画されている。各支持領域31においては、境界線31aは、境界線31bのスラストカラー4の回転方向側(回転方向進行側)に配置されている。

20

境界線31aは、回転軸1の中心軸に垂直な平面内に位置している。すなわち、境界線31aの高さ(上記中心軸方向での高さ)は、その長手方向において同一となっている。

【0027】

傾斜面32は、それぞれの傾斜面32が形成される支持領域31における、スラストカラー4の回転方向側(回転方向進行側)の境界線31a(第2境界線)と直交する方向に傾斜している。すなわち、図3A中矢印Pで示すように、このスラストカラー4の回転方向Q側の境界線31aより、この境界線31aと直交する方向に高さが漸次低くなるように傾斜している。したがって、各境界線31aが形成された箇所では、隣り合う支持領域31のうち一方の支持領域31と他方の支持領域31との間に、段差が形成されている。なお、前記の矢印P方向は、図2Aに示した矢印2B-2Bを結ぶ線の方に一致しており、したがって図2Bは、矢印P方向に沿う断面を矢印P方向と直交する方向で見た断面図である。

30

傾斜面32は、境界線31aと直交する方向に傾斜している。このため、傾斜面32内のいずれかの位置において、境界線31aと平行な直線を想定した場合、この直線の高さは、その長手方向において同一となっている。

40

また、傾斜面32は、境界線31bから境界線31aに向かうに従いその高さが増加するように形成されている。また、傾斜面32は、境界線31bから境界線31aまで連続的に形成されており、傾斜角度が急激に変化する凹部や凸部等がその傾斜面内に設けられていない。本実施形態の傾斜面32は、境界線31bから境界線31aまで一定の傾斜角度を有するように形成されている。なお、傾斜面32は、ベースプレート30の径方向から見たときに、境界線31bから境界線31aまでの範囲で全体的に凹状又は凸状に僅かに湾曲するように傾斜されていてもよい。

【0028】

境界線31a、31bはベースプレート30の径方向に沿って形成されている。さらに

50

、本実施形態の境界線 3 1 a、3 1 b は、ベースプレート 3 0 の中心（回転軸 1 の中心）を通る径線上（又はこの径線の近傍）に位置している。そのため、本実施形態の各支持領域 3 1 は、内周側円弧と内周側円弧よりも長い外周側円弧とが一对の径線によって接続された略台形状に形成されている。支持領域 3 1 における内周側円弧と境界線 3 1 a との接続部では、この内周側円弧の接線と境界線 3 1 a とが互いに略直交している。同様に、支持領域 3 1 における外周側円弧と境界線 3 1 a との接続部では、この外周側円弧の接線と境界線 3 1 a とが互いに略直交している。

なお、本実施形態での境界線 3 1 a、3 1 b は、ベースプレート 3 0 の中心を通る径線上に位置しているが、この径線に平行しつつ、この径線から離間した位置に設けられていてもよい。また、境界線 3 1 b は、ベースプレート 3 0 の中心を通る径線と所定の角度を形成するように配置されていてもよい。

10

【0029】

図 2 A、図 3 B に示すようにバックfoil 2 0 は、ベースプレート 3 0 の周方向に配列された 6 枚のバックfoil 片 2 1 によって形成されている。これらバックfoil 片 2 1 は、ベースプレート 3 0 の各支持領域 3 1 上にそれぞれ配置され、したがって傾斜面 3 2 上に配置され、これによってベースプレート 3 0 の周方向に配列されている。バックfoil 片 2 1 は、傾斜面 3 2 内に配置されている。また、これらバックfoil 片 2 1 は、後述するトップfoil 片 1 1 より平面視において僅かに小さく形成されている。したがって図 2 A に示すように、バックfoil 片 2 1 はベースプレート 3 0 上にスラストカラー 4 に対して露出することなく、トップfoil 片 1 1 に覆われている。

20

【0030】

これらバックfoil 片 2 1 からなるバックfoil 2 0 は、foil（薄板）で形成されており、トップfoil 1 0（トップfoil 片 1 1）を弾性的に支持する。このようなバックfoil 2 0 としては、例えば、バンプfoil、特開 2 0 0 6 - 5 7 6 5 2 号公報や特開 2 0 0 4 - 2 7 0 9 0 4 号公報などに記載されているスプリングfoil、特開 2 0 0 9 - 2 9 9 7 4 8 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 2 0 0 6 - 5 7 6 5 2 号公報や特開 2 0 0 4 - 2 7 0 9 0 4 号公報に記載されているスプリングfoil、特開 2 0 0 9 - 2 9 9 7 4 8 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。

30

【0031】

本実施形態では、図 2 B、図 3 B に示すようにバックfoil 2 0 がバンプfoil からなり、したがってバックfoil 片 2 1 はバンプfoil 片からなっている。バックfoil 片 2 1（バンプfoil 片）は、foil（金属製薄板）が波板状に成形され、図 2 A に示すように全体がトップfoil 片 1 1 より僅かに小さい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バックfoil 片 2 1 は、図 2 B、図 3 B に示すようにベースプレート 3 0 に接する複数の谷部 2 2 と、トップfoil 片 1 1 に接する複数の山部 2 3（バンプ）とが交互に配置されて形成されている。これら谷部 2 2 及び山部 2 3 は、支持領域 3 1 の傾斜面 3 2 の傾斜方向に沿って、すなわち図 3 A 中の矢印 P 方向で示す傾斜方向に沿って配列されている。つまり、谷部 2 2、山部 2 3 の配列方向は、傾斜面 3 2 の傾斜方向（矢印 P で示す傾斜方向）に一致している。

40

【0033】

これら谷部 2 2 と山部 2 3 とは、傾斜方向に亘ってほぼ同じピッチで形成され、また、山部 2 3 の高さは均一に形成されている。したがって、山部の高さを変化させる必要があった従来構造に比べて、その加工が容易になっている。

また、バックfoil 片 2 1 は、スラストカラー 4 の回転方向側の端縁部 2 1 a、すなわち端縁部 2 1 a となる谷部 2 2 の形成方向に沿って、ベースプレート 3 0 にスポット溶接されて固定されている。その際、図 3 B に示すようにバックfoil 片 2 1 の端縁部 2

50

1 a は、全体が連続する一つの谷部 2 2 によって形成されているため、この谷部 2 2 全体を容易にベースプレート 3 0 に溶接することができる。したがって、バックfoil片 2 1 は、溶接による固定が容易に行える。

なお、ベースプレート 3 0 への端縁部 2 1 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の一般的な機械的固定方法によって行うことができる。

また、本実施形態では、バックfoil片 2 1 の、境界線 3 1 a 寄りに位置する端縁部 2 1 a がベースプレート 3 0 に固定されているが、これに限定されず、バックfoil片 2 1 の、境界線 3 1 b 寄りに位置する端縁部がベースプレート 3 0 に固定されていてもよい。

【0034】

バックfoil片 2 1 は、略台形状に形成された支持領域 3 1 や傾斜面 3 2 と相似形に形成されている。そのため、本実施形態のバックfoil片 2 1 は、内周側円弧と外周側円弧が一对の径線によって接続された略台形状に形成されている。バックfoil片 2 1 における内周側円弧と端縁部 2 1 a との接続部では、この内周側円弧の接線と端縁部 2 1 a とが互いに略直交している。同様に、バックfoil片 2 1 における外周側円弧と端縁部 2 1 a との接続部では、この外周側円弧の接線と端縁部 2 1 a とが互いに略直交している。

【0035】

トップfoil 1 0 も、図 2 A、図 3 B に示すようにベースプレート 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、金属製の薄板（foil）によって支持領域 3 1 とほぼ同じ形状、すなわち扇形からその頂点を含む部分を除いた、上底（径方向内側の辺）、下底（径方向外側の辺）をそれぞれ円弧状とする略台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 上にバック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円環板状に配置されたことにより、トップfoil 1 0 を形成している。

【0036】

なお、トップfoil片 1 1 は図 2 A に示すように支持領域 3 1 より僅かに小さく形成されるとともに、バックfoil片 2 1 より僅かに大きく形成されている。これによって複数のトップfoil片 1 1 は、互いに干渉することなく配置されている。また、トップfoil片 1 1 は、バックfoil片 2 1 をスラストカラー 4 に対して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 3 1 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、バックfoil片 2 1 をトップfoil片 1 1 と同じ大きさに形成してもよく、あるいは、トップfoil片 1 1 より大きく形成してもよい。

【0037】

また、このトップfoil片 1 1 は、スラストカラー 4 の回転方向と反対の側の端縁部 1 1 a（リーディングエッジ）にて、ベースプレート 3 0 にスポット溶接で直接固定されている。これにより、端縁部 1 1 a は固定端となっている。一方、スラストカラー 4 の回転方向側の端縁部 1 1 b（トレーディングエッジ）は、図 2 B に示すように固定されることなく単にバックfoil片 2 1 の山部 2 3 上に支持された自由端となっている。なお、ベースプレート 3 0 へのトップfoil片 1 1 の端縁部 1 1 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の一般的な機械的固定方法によって行うことができる。

本実施形態の端縁部 1 1 a は、傾斜面 3 2 のうち、その高さが最も低くなる境界線 3 1 b の近傍に固定されている（図 2 B、3 A 参照）。なお、これに限定されず、一の傾斜面 3 2 に配置されているトップfoil片 1 1 の端縁部 1 1 a が、隣り合う他の傾斜面 3 2 のうちその高さが最も高くなる境界線 3 1 a の近傍に固定されていてもよい。

【0038】

端縁部 1 1 b は、図 2 A に示すように本実施形態では隣り合う支持領域 3 1 間の境界線 3 1 a と平行に配置されており、したがってベースプレート 3 0 の傾斜面 3 2 上の同じ高

10

20

30

40

50

さ位置にバックfoil片21を介して配置されている。また、バックfoil片21はその複数の山部23の配列方向が傾斜面32の傾斜方向に一致しており、したがって山部23はその長さ方向において高さが一定になっている。よって、端縁部11bは、ベースプレート30の傾斜面32上の同じ高さ位置に配置され、さらに高さが一定に形成されたバックfoil片21の山部23上に支持されていることにより、その高さが一定になっている。言い替えれば、端縁部11bの高さは、その長手方向において同一となっている。すなわち、端縁部11bは、トップfoil片11において最も高さが高くなるように位置し、したがってスラストカラー4の非回転時において、端縁部11bはスラストカラー4に対して最も近接するように配置されている。

【0039】

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。

回転軸1が高速で回転すると、スラストカラー4とスラスト軸受3A(3)の軸受面であるトップfoil片11(トップfoil10)との間に、くさび効果による空気膜(流体潤滑膜)が形成される。すなわち、トップfoil片11は、山部23の高さが一定に形成されて配置されたバックfoil片21を介して、支持領域31に形成された傾斜面32上に配置されている。そのため、トップfoil片11の高さは、傾斜面32の傾斜に沿って端縁部11aから端縁部11bに向かって漸次高くなっている。

【0040】

したがって、スラストカラー4とトップfoil片11との間の隙間は、端縁部11aからスラストカラー4(回転軸1)の回転方向側となる端縁部11bに向かって漸次狭くなり、そのため特に端縁部11bにおいてくさび効果による圧力が発生し、空気膜(流体潤滑膜)が形成される。このようなくさび効果によって空気膜が形成されることにより、スラスト軸受3A(3)は荷重(スラストカラー4)を安定して支持する。

【0041】

本実施形態のスラスト軸受3A(3)にあつては、バックfoil片21(バンブfoil片)を支持するベースプレート30の各支持領域31に、スラストカラー4の回転方向に沿って高さが増加する傾斜面32を形成している。このため、この傾斜面32上にバックfoil片21を介してトップfoil片11を配設することにより、トップfoil片11の高さを傾斜面32に沿って精度よく変化させることができる。また、その際にバックfoil片21については、山部23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、したが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3A(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、軸受負荷能力を予め精度良く設計することができる。

【0042】

また、傾斜面32を、ベースプレート30の半径方向に沿って形成された境界線31aと直交する方向に傾斜させているので、傾斜面32の加工を容易に行うことができる。また、この傾斜面32の形状に対応してバックfoil片21(バンブfoil片)の加工も容易に行うことができる。すなわち、ベースプレート30の周方向に沿って漸次高さが増加するように傾斜面を形成する場合、この傾斜面は平面でなく曲面(湾曲面)となり、その加工が難しくなる。また、このような曲面からなる傾斜面に対応してバンブfoil片を形成しようとする、山部と谷部を互いに平行に形成するのではなく、山部や谷部のピッチがベースプレート30の内周側で狭く、外周側で広がるように形成する必要があり、やはりその加工が難しくなる。これに対して本実施形態では、傾斜面32が平面となり、バンブfoil片の山部や谷部も同一ピッチで互いに平行に形成すればよいことから、その加工が容易になる。

【0043】

ただし、本発明では、ベースプレート30の周方向に沿って漸次高さが増加するように傾斜面を形成してもよく、その場合に、バンブfoil片を、その山部や谷部のピッチがベースプレート30の内周側で狭く、外周側で広がるように形成してもよい。その場合

10

20

30

40

50

にも、ベースプレート 30 に傾斜面 32 を形成したことで、バンプfoil (バンプfoil片) の山部の高さを一山毎に変化させるような加工を行う必要が無い場合、従来技術に比べれば加工が容易になり、コストを抑えることができる。

【0044】

また、トップfoil片 11 の、スラストカラー 4 の回転方向側の端縁部 11b の高さを一定に形成しているため、くさび効果によって発生する圧力をより高めることができ、したがって軸受荷能力をより高めることができる。すなわち、くさび効果によって最も高い圧力を発生する、トップfoil片 11 において高さが高い部位 (スラストカラー 4 との隙間を最も狭くする部位) を、端縁部 11b 全体 (ベースプレート 30 の径方向に亘る範囲) としているため、端縁部 11b の一部のみが高くなっている場合などに比べ、発生する圧力を高めることができる。

10

【0045】

また、トップfoil片 11 を、スラストカラー 4 の回転方向と反対の側の端縁部 11a でベースプレート 30 に固定しているため、スラストカラー 4 の回転方向側の端縁部 11b がバックfoil片 21 (バックfoil 20) を介してベースプレート 30 から浮いた状態となり、スラストカラー 4 との間が狭くなる。したがって、端縁部 11b において前記したように良好なくさび効果が得られる。

【0046】

また、バックfoil片 21 を、その山部 23 及び谷部 22 の配列方向が傾斜面 32 の傾斜方向に一致するように配置しているため、山部 23 の高さを同一に形成することにより、トップfoil片 11 の高さをベースプレート 30 の傾斜面 32 に合わせて変化させることができる。したがって、バックfoil片 21 はその山部 23 の高さを同一に形成すればよい場合、バックfoil片 21 の加工を容易にすることができる。

20

【0047】

また、バックfoil片 21 を、スラストカラー 4 の回転方向側の端縁部 21a でベースプレート 30 に固定しているため、バックfoil片 21 の谷部 22 の形成方向 (ベースプレート 30 の径方向) に沿って例えばスポット溶接でベースプレート 30 に固定することができ、したがってその固定を容易に行うことができる。

【0048】

スラスト軸受 3 では、トップfoil片 11 から作用する荷重により、バックfoil片 21 (バンプfoil片) の山部 23 が傾斜面 32 に沿う方向に拡がり、各山部 23 が上記方向にスライドすることで柔軟なバネ特性が発揮される。ここで、山部 23 (谷部 22) のスライドが傾斜面 32 との抵抗等により制限されると、山部 23 が適切にスライドすることが難しくなり、軸受のバネ定数が過度に上昇する可能性がある。この場合、厚さ数 μm で形成される流体潤滑膜の変化にトップfoil片が適切に追従できず、衝撃等により流体潤滑膜が破断し、スラストカラーとトップfoil片が接触する可能性がある。この接触により、軸受の正常な動作が妨げられる可能性がある。

30

本実施形態の傾斜面 32 は、境界線 31b から境界線 31a まで連続的に形成されており、傾斜角度が急激に変化する凹部や凸部等がその傾斜面内に設けられていない。また、バックfoil片 21 は、このような傾斜面 32 内に配置されている。そのため、トップfoil片 11 から荷重を受けたときの、山部 23 のスライドに対する傾斜面 32 の抵抗を低減することができ、低い荷重に対しても山部 23 は柔軟にスライドすることができる。よって、軸受のバネ定数が過度に上昇することを防止し、トップfoil片 11 は流体潤滑膜の変化に適切に追従でき、良好な流体潤滑膜を常に維持することが可能となる。すなわち、軸受の正常な動作が維持できる。

40

【0049】

(第2実施形態)

次に、本発明のスラスト軸受 3 の第2実施形態について説明する。

第2実施形態のスラスト軸受 3B (3) 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 4A、4B に示すように、ベースプレート 40 に傾斜面と平坦面と

50

を形成した点である。なお、図 4 A は図 2 B に対応した位置での側断面図であり、図 4 B はベースプレート 4 0 の斜視図である。

【 0 0 5 0 】

図 4 B に示すように本実施形態のベースプレート 4 0 は、第 1 実施形態のベースプレート 3 0 と同様に 6 つの支持領域 3 1 を有し、各支持領域 3 1 に、スラストカラー 4 (回転軸 1) の回転方向に沿って高さが増加する傾斜面 4 1 が形成されている。また、隣り合う支持領域 3 1 間の境界線 3 1 a は、本実施形態においてもベースプレート 4 0 の半径方向に沿って形成されている。ただし、第 1 実施形態では、支持領域 3 1 全体に傾斜面 3 2 を形成していたのに対し、本実施形態では、支持領域 3 1 の一部、すなわちスラストカラー 4 の回転方向と反対の側 (境界線 3 1 b 寄りの位置) にのみ、傾斜面 4 1 を形成している。また、スラストカラー 4 の回転方向側 (回転方向進行側、境界線 3 1 a 寄りの位置) には、平坦面 4 2 が形成されている。すなわち、本実施形態の支持領域 3 1 には、傾斜面 4 1 と平坦面 4 2 とがそれぞれ形成されている。

10

【 0 0 5 1 】

平坦面 4 2 は、図 4 A に示すように傾斜面 4 1 の最も高い位置 (スラストカラー 4 の回転方向進行側での端部) から、スラストカラー 4 (回転軸 1) の回転方向側の境界線 3 1 a まで続く平面であり、傾斜面 4 1 と異なりベースプレート 4 0 の裏面と平行な面である。すなわち、平坦面 4 2 は、偏った負荷のない正常な状態において、スラストカラー 4 の外面 (回転軸 1 の回転軸に垂直な面) に対して平行に配置されるように形成された面である。よって、平坦面 4 2 も、回転軸 1 の軸方向に垂直となるように配置されている。これら傾斜面 4 1 と平坦面 4 2 との間の境界線 4 3 (第 2 境界線) は、図 4 B に示すようにベースプレート 4 0 の径方向に沿って形成されている。なお、本実施形態の境界線 4 3 は、ベースプレート 4 0 の中心を通る経線上 (又はその近傍) に設けられているが、これに限られず、この経線から離間した位置に設けられていてもよい。

20

また、傾斜面 4 1 は、境界線 4 3 と直交する方向に高さが漸次低くなるように傾斜している (図 4 B の矢印 P 参照)。したがって、本実施形態でも、各境界線 3 1 a が形成された箇所、すなわち境界線 3 1 a を挟んで隣り合う一方の支持領域 3 1 と他方の支持領域 3 1 との間に、段差が形成されている。

傾斜面 4 1 は、境界線 4 3 と直交する方向に傾斜している。このため、傾斜面 4 1 内のいずれかの位置において、境界線 4 3 と平行な直線を想定した場合、この直線の高さは、その長手方向において同一となっている。

30

【 0 0 5 2 】

傾斜面 4 1 は、境界線 3 1 b と境界線 4 3 とによって区画され、境界線 3 1 b から境界線 4 3 に向かうに従いその高さが増加するように形成されている。また、傾斜面 4 1 は、境界線 3 1 b から境界線 4 3 まで連続的に形成されており、傾斜角度が急激に変化する凹部や凸部等がその傾斜面内に設けられていない。本実施形態の傾斜面 4 1 は、境界線 3 1 b から境界線 4 3 まで一定の傾斜角度を有するように形成されている。なお、傾斜面 4 1 は、ベースプレート 4 0 の径方向から見たときに、境界線 3 1 b から境界線 4 3 までの範囲で全体的に凹状又は凸状に僅かに湾曲するように傾斜されていてもよい。

境界線 4 3 は、回転軸 1 の中心軸に垂直な平面内に位置している。すなわち、境界線 4 3 の高さ (上記中心軸方向での高さ) は、その長手方向において同一となっている。

40

本実施形態の傾斜面 4 1 は、平面視で、内周側円弧と内周側円弧よりも長い外周側円弧とが一对の径線によって接続された略台形状に形成されている。傾斜面 4 1 における内周側円弧と境界線 4 3 との接続部では、この内周側円弧の接線と境界線 4 3 とが互いに略直交している。同様に、傾斜面 4 1 における外周側円弧と境界線 4 3 との接続部では、この外周側円弧の接線と境界線 4 3 とが互いに略直交している。

【 0 0 5 3 】

本実施形態のスラスト軸受 3 にあっては、支持領域 3 1 の傾斜面 4 1 におけるスラストカラー 4 の回転方向側に隣り合うように、平坦面 4 2 を形成している。すなわち、傾斜面 4 1 のその高さが最も高い部位に平坦面 4 2 を接続して形成していることにより、図 4 A

50

に示すように特にスラストカラー 4 の回転時に、トップフォイル片 1 1 の高さが最も高くなる箇所が平坦面 4 2 に相当する比較的広い面積を有する。

したがって、スラストカラー 4 (回転軸 1) の回転初期時において空気膜 (流体潤滑膜) が形成されるまでの間に、トップフォイル片 1 1 の一部分のみがスラストカラー 4 に接触して損耗するのを防止することができる。また、ピーク荷重 (最大荷重) が発生する面積を広く取ることで、ピーク荷重を下げることができ、スラスト軸受 3 の総荷重負荷能力を高めることができる。

また、第 1 実施形態に比べて傾斜面 4 1 の範囲を狭くすることにより、加工を容易にすることができる。

【 0 0 5 4 】

この第 2 実施形態においては、以下に説明する変形例が考えられる。図 4 C は、本発明の第 2 実施形態に係るスラスト軸受の変形例の要部側断面図である。図 4 C は、図 2 B (図 4 A) に対応した位置での側断面図である。

この変形例でのバックフォイル片 2 1 は、傾斜面 4 1 内に配置されている。トップフォイル片 1 1 は、平面視でバックフォイル片 2 1 よりも僅かに大きく形成されており、バックフォイル片 2 1 を覆うように配置されている。

上述したように、本実施形態での傾斜面 4 1 は、境界線 3 1 b から境界線 4 3 まで連続的に形成されており、傾斜角度が急激に変化する凹部や凸部等がその傾斜面内に設けられていない。バックフォイル片 2 1 はこのような傾斜面 4 1 内に配置されているため、トップフォイル片 1 1 から荷重を受けたときの、山部 2 3 のスライドに対する傾斜面 4 1 の抵抗を低減することができ、低い荷重に対しても山部 2 3 は柔軟にスライドすることができる。よって、軸受のパネ定数が過度に上昇することを防止し、トップフォイル片 1 1 は流体潤滑膜の変化に適切に追従でき、良好な流体潤滑膜を常に維持することが可能となる。すなわち、軸受の正常な動作が維持できる。

なお、本実施形態及び本変形例の端縁部 1 1 a は、傾斜面 4 1 のうち、その高さが最も低くなる境界線 3 1 b の近傍に固定されている (図 4 A ~ 4 C 参照)。ベースプレート 4 0 への端縁部 1 1 a の固定は、スポット溶接や、ネジ止めなどの一般的な機械的固定方法によって行うことができる。なお、一の支持領域 3 1 に配置されているトップフォイル片 1 1 の端縁部 1 1 a が、隣り合う他の支持領域 3 1 の平坦面 4 2 における境界線 3 1 a の近傍に固定されていてもよい。

【 0 0 5 5 】

(第 3 実施形態)

次に、本発明のスラスト軸受 3 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 3 C (3) が第 2 実施形態のスラスト軸受 3 B (3) と異なるところは、図 5 A、5 B に示すように、ベースプレート 5 0 に形成される平坦面と傾斜面との間の位置関係を、ベースプレート 5 0 の周方向において第 2 実施形態での位置関係とは逆にした点である。なお、図 5 A は図 2 B に対応した位置での側断面図であり、図 5 B はベースプレート 5 0 の斜視図である。

【 0 0 5 6 】

図 5 B に示すように本実施形態のベースプレート 5 0 は、第 1 実施形態のベースプレート 3 0 と同様に 6 つの支持領域 3 1 を有し、各支持領域 3 1 に、スラストカラー 4 (回転軸 1) の回転方向に沿って高さが増加する傾斜面 5 1 が形成されている。また、隣り合う支持領域 3 1 間の境界線 3 1 a は、本実施形態においてもベースプレート 5 0 の半径方向に沿って形成されている。第 1 実施形態では、支持領域 3 1 全体に傾斜面 3 2 を形成していたのに対し、本実施形態では、支持領域 3 1 の一部、すなわちスラストカラー 4 の回転方向側 (回転方向進行側) にのみ、傾斜面 5 1 が形成されている。一方、支持領域 3 1 の、スラストカラー 4 の回転方向と反対の側には、平坦面 5 2 が形成されている。

【 0 0 5 7 】

平坦面 5 2 は、図 5 A に示すように傾斜面 5 1 の最も低い位置から、スラストカラー 4 (回転軸 1) の回転方向と反対の側の境界線 3 1 b まで続く平面であり、第 2 実施形態の

10

20

30

40

50

平坦面 4 2 と同様に、傾斜面 5 1 と異なりベースプレート 5 0 の裏面と平行な面である。すなわち、偏った負荷のない正常な状態において、スラストカラー 4 の外面（回転軸 1 の中心軸に垂直な面）に対して平行に配置されるように形成された面である。これら傾斜面 5 1 と平坦面 5 2 との間の境界線 5 3 は、図 5 B に示すように境界線 3 1 a と平行に形成されている。また、傾斜面 5 1 は、第 1 実施形態と同様に、境界線 3 1 a と直交する方向に高さが漸次低くなるように傾斜している。したがって、本実施形態でも、各境界線 3 1 a が形成された箇所、すなわち境界線 3 1 a を挟んで隣り合う一方の支持領域 3 1 と他方の支持領域 3 1 との間に、段差が形成されている。

【 0 0 5 8 】

本実施形態のスラスト軸受 3 にあっては、支持領域 3 1 の傾斜面 5 1 におけるスラストカラー 4 の回転方向と反対の側に接続して、平坦面 5 2 を形成しているの、第 1 実施形態に比べて傾斜面 5 1 の範囲を狭くでき、加工を容易にすることができる。

また、本実施形態では、バックfoil片 2 1 の、スラストカラー 4 の回転方向と反対の側の端縁部となる谷部 2 2 を例えば境界線 5 3 と平行に形成することにより、スラストカラー 4 の回転方向側でなく、回転方向と反対の側の端縁部 2 1 b の谷部 2 2 を平坦面 5 2 上に固定してもよい。この場合、バックfoil片 2 1 の谷部 2 2 の形成方向に沿って例えばスポット溶接でベースプレート 5 0 に固定することができ、その固定を容易に行うことができる。

【 0 0 5 9 】

また、このようにすれば、バックfoil片 2 1 を固定する部位とトップfoil片 1 1 を固定する部位とを、共にスラストカラー 4 の回転方向と反対の側の平坦面 5 2 上に揃えて固定することができ、したがってバックfoil片 2 1 とトップfoil片 1 1 とを、これらの相対的位置関係が設計通りとなるように精度良く配置することができる。

【 0 0 6 0 】

以上、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施形態について説明したが、本発明は前記複数の実施形態には限定されない。すなわち、前記複数の実施形態において示した各構成部材の諸形状や組み合わせ等は一例であって、本発明の主旨を逸脱しない範囲において設計要求等に基づき、構成の付加、省略、置換、及びその他の変更が可能である。

例えば、前記実施形態ではベースプレートの支持領域を 6 つ形成し、これら支持領域にそれぞれバックfoil片（バンプfoil片）、トップfoil片を配置したが、支持領域については複数であれば、5 つ以下でも、7 つ以上であってもよい。その場合、バックfoil片（バンプfoil片）やトップfoil片の数は支持領域の数に応じて変更される。

【 0 0 6 1 】

また、ベースプレートの支持領域に平坦面を形成する場合、第 2 実施形態や第 3 実施形態のように傾斜面の一方の側にのみ平坦面を形成するのに代えて、傾斜面の両側、すなわちスラストカラー 4 の周方向での両側に、平坦面をそれぞれ形成してもよい。

さらに、支持領域上へのトップfoil片やバックfoil片（バンプfoil片）の配置、傾斜面の傾斜方向、支持領域間の境界線の長さ方向、平坦面と傾斜面との間の境界線の長さ方向など、前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 】

【 0 0 6 2 】

- 1 回転軸
- 3、3 A、3 B、3 C スラスト軸受
- 4 スラストカラー
- 1 0 トップfoil
- 1 1 トップfoil片
- 1 1 a 端縁部
- 2 0 バックfoil
- 2 1 バックfoil片（バンプfoil片）

10

20

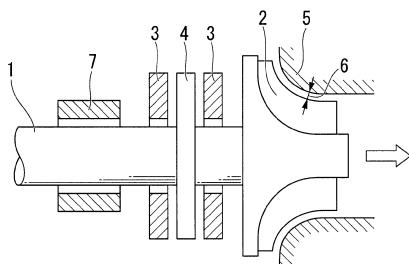
30

40

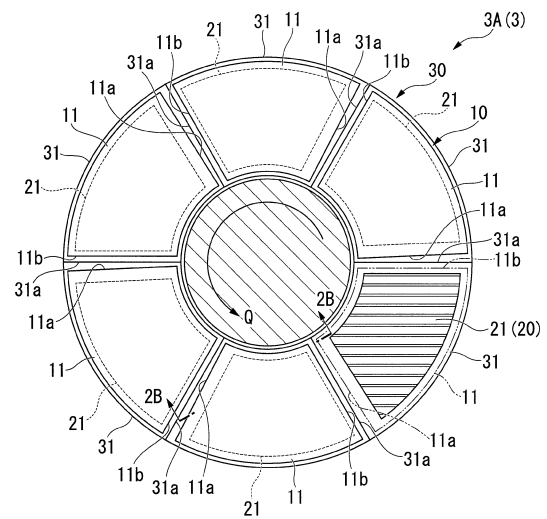
50

- 2 2 谷部
- 2 3 山部
- 3 0 ベースプレート
- 3 1 支持領域
- 3 1 a 境界線 (第 2 境界線)
- 3 1 b 境界線 (第 1 境界線)
- 3 2 傾斜面
- 4 0 ベースプレート
- 4 1 傾斜面
- 4 2 平坦面
- 4 3 境界線 (第 2 境界線)
- 5 0 ベースプレート
- 5 1 傾斜面
- 5 2 平坦面

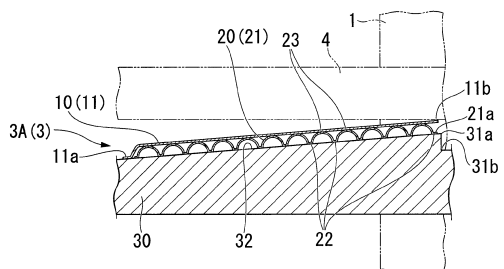
【図 1】



【図 2 A】



【図 2 B】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭63-195412(JP,A)
特開2003-148461(JP,A)
特表2003-507682(JP,A)
特表2008-513701(JP,A)
実開昭60-185720(JP,U)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F16C 27/02