(19)日本国特許庁(JP)　(12)**公表特許公報(A)**　(11)特許出願公表番号
特表2014-534382
(P2014-534382A)
(43)公表日　**平成26年12月18日(2014.12.18)**

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
F16C 17/04	**(2006.01)**	F16C	17/04	B	3J011
F16C 33/20	**(2006.01)**	F16C	33/20	A	
F16C 33/14	**(2006.01)**	F16C	33/14	A	
F16C 33/24	**(2006.01)**	F16C	33/24	A	
F16C 33/16	**(2006.01)**	F16C	33/16		

審査請求 未請求　予備審査請求 未請求　（全 29 頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2014-532299(P2014-532299)
(86)(22)出願日　平成24年8月31日(2012.8.31)
(85)翻訳文提出日　平成26年3月26日(2014.3.26)
(86)国際出願番号　PCT/EP2012/066950
(87)国際公開番号　WO2013/045202
(87)国際公開日　平成25年4月4日(2013.4.4)
(31)優先権主張番号　102011114413.0
(32)優先日　平成23年9月26日(2011.9.26)
(33)優先権主張国　ドイツ(DE)

(71)出願人　514075312
エーエスカー　ケラミクス　ゲゼルシャフト　ミット　ベシュレンクテル　ハフツング　ウント　コンパニー　コマンディトゲゼルシャフト
ドイツ連邦共和国，８７４３７　ケンプテン，マックスーシャイトハウフーシュトラーセ　２５
(74)代理人　100099759
弁理士　青木　篤
(74)代理人　100102819
弁理士　島田　哲郎
(74)代理人　100123582
弁理士　三橋　真二

最終頁に続く

(54)【発明の名称】流体アキシアル軸受

(57)【要約】
本発明は、スライドリング（１）、カウンタリング（２）、及びスライドリング（１）の弾性マウント部（３）を備えるアキシアル軸受に関し、スライドリング（１）は一体形成されており、安定した流体潤滑膜の発達を可能にする構造体を、その動作面上に有し、動作面のこの構造体は、動作面が３つ以上のエレベーション（６）を有するように生じ、その接触面（８）は更にカウンタリング（２）を備える。

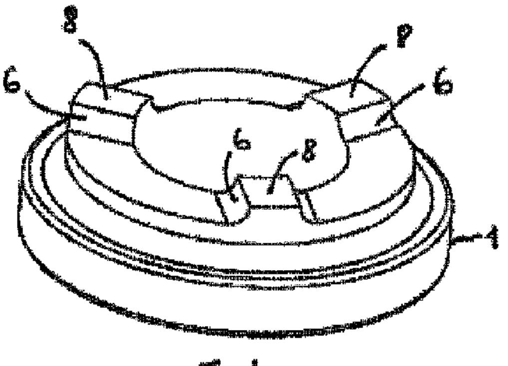

Fig. 4a

【特許請求の範囲】
【請求項１】
スライドリング（１）と、カウンタリング（２）と、前記スライドリングの弾性マウント部（３）とを備える、アキシアル軸受であって、前記スライドリング（１）は一部構成であり、前記スライドリング（１）の動作面において、安定した流体潤滑膜が構築されるのを可能とする構造体を有し、前記動作面は、該動作面が３つ以上のエレベーション（６）を有するような方式で構造化され、前記動作面の接触領域（８）は、前記カウンタリング（２）に向かって平坦である、アキシアル軸受。
【請求項２】
前記動作面の前記エレベーション（６）が、動作方向において段付きである、請求項１に記載のアキシアル軸受。
【請求項３】
前記動作面の前記エレベーション（６）の前記接触領域（８）の全体が、前記動作面（９）の５０％を超えず、有利には３０％を超えず、更に具体的には２０％を超えず、前記動作面は、前記接触領域に平行な面において突出している、請求項１又は２に記載のアキシアル軸受。
【請求項４】
前記動作面の前記エレベーション（６）の前記接触領域（８）の合計が、前記突出している動作面（９）の５～３０％であり、有利には１０～２０％である、請求項１～３のいずれか一項に記載のアキシアル軸受。
【請求項５】
前記エレベーション（６）が、前記動作面にわたって均一に分散されている、請求項１～４のいずれか一項に記載のアキシアル軸受。
【請求項６】
前記３つのエレベーション（６）がそれぞれ、互いに対して１２０°の角度で配置される、請求項１～５のいずれか一項に記載のアキシアル軸受。
【請求項７】
前記エレベーション（６）の高さが、０．１～１ｍｍである、請求項１～６のいずれか一項に記載のアキシアル軸受。
【請求項８】
前記スライドリング／カウンタリングの組み合わせのうちの少なくとも一方の軸受リングが、高分子材料から作製される、請求項１～７のいずれか一項に記載のアキシアル軸受。
【請求項９】
前記スライドリング（１）が、前記高分子材料から作製される、請求項８に記載のアキシアル軸受。
【請求項１０】
前記スライドリング（１）及び前記カウンタリング（２）の両方が、高分子材料から作製される、請求項８に記載のアキシアル軸受。
【請求項１１】
前記高分子材料が、熱可塑性材料、デュロプラスチック材料、及びエラストマーを含む群から選択される、請求項８～１０のいずれか一項に記載のアキシアル軸受。
【請求項１２】
前記高分子材料が、エポキシド樹脂類、ＰＴＦＥ、ポリイミド、ポリウレタン類、熱可塑性エラストマー類（ＴＰＥ）、ポリエーテルイミド、ポリフェニレンスルフィド、ポリエーテルエーテルケトン、及び液晶ポリマー類を含む群から選択される、請求項８～１１のいずれか一項に記載のアキシアル軸受。
【請求項１３】
前記高分子材料の弾性率が、少なくとも７ＧＰａである、請求項８～１２のいずれか一項に記載のアキシアル軸受。

【請求項１４】
前記高分子材料が、追加の強化繊維、有利には炭素繊維又はアラミド繊維を含む、請求項８～１３のいずれか一項に記載のアキシアル軸受。
【請求項１５】
前記高分子材料が、追加の硬質材料の粒子、有利には炭化ケイ素、炭化ホウ素、酸化アルミニウム、及び／又は二酸化ケイ素の粒子を含み、炭化ケイ素の粒子が特に好ましい、請求項８～１４のいずれか一項に記載のアキシアル軸受。
【請求項１６】
前記硬質材料の含有量が、１～３０重量％である、請求項１５に記載のアキシアル軸受。
【請求項１７】
前記繊維及び前記硬質材料の合計含有量が、１重量％～４０重量％であり、特に好ましくは２０重量％～４０重量％である、請求項１４～１６のいずれか一項に記載のアキシアル軸受。
【請求項１８】
前記カウンタリング（２）の軸受面が研磨される、請求項１～１７のいずれか一項に記載のアキシアル軸受。
【請求項１９】
前記カウンタリング（２）が、緻密かつ微細に粒化された焼結セラミック、有利には酸化アルミニウム又は焼結炭化ケイ素（ＳＳｉＣ）から作製される、請求項１～１８のいずれか一項に記載のアキシアル軸受。
【請求項２０】
前記スライドリング（１）が、焼結セラミック、グラファイト、焼結カーバイド、金属、又は青銅から作製される、請求項１～１９のいずれか一項に記載のアキシアル軸受。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、媒質潤滑した流体アキシアル軸受に関し、これは非常に低い摩擦損失を生じ、かつ高い動作性能に適しており、かつ高分子材料から作製することができる。
【背景技術】
【０００２】
媒質潤滑したアキシアル軸受は、例えば、ポンプ羽根車の推進力を吸収する、シールのない磁気連結ポンプ駆動機構におけるシャフト軸受に使用される。この種のポンプに関して、媒質は封じ込めシェルとして既知のものによって静的にシールされている。したがって、動的なシャフトシールは存在しない。ポンプシャフトは、磁気連結によって（内部のポンプシャフト上の外部の駆動機構から、封じ込めシェルを通じた磁場によって）駆動される。この種のポンプは、耐久年数に対する最も高い要求を満たし、漏れ及びエネルギー効率の心配がなく、かつ高効率の循環ポンプでの使用が増加している。
【０００３】
この種のポンプでは、摩擦損失は、２つのラジアル軸受、より大きな程度では、アキシアルスラスト軸受でのみ発生し、それは、ポンプによって生じる圧力差を同時に補強しなければならない。動力損失の大半はしたがって、アキシアルスラスト軸受における、特に小規模性能クラス及び高速回転のポンプの事例におけるシステム起因の摩擦損失によるものである。
【０００４】
（先行技術）
媒質潤滑したアキシアルスラスト軸受を備える近代のポンプの種類において、酸化アルミニウムに対してグラファイトの組合せを含むスライドリング／カウンタリングの組合せが大半の構造体に使用されている。これらの組合せを用いて、１０年を超える一定の動作の長い耐久年数が約０．０５の摩擦係数を伴って達成され得る。

【０００５】
　しかしながら、省エネルギーの高効率ポンプに関して、これらの摩擦係数は高すぎであり、ポンプの性能の最高３０％が摩擦によって失われる場合がある。更に、量産用途に関してこれらの軸受の組合せのコストは、使用される２つの材料、すなわちグラファイト及びセラミック、が焼結材料であり、成形及び加熱の工程を伴うプロセスによって生産される必要があるため高くなり過ぎる。軸受の機能性を確実にするために、軸受面のうちの少なくとも１つは更にラップ加工又は研磨されなくてはならない。更に、流体構造を有さないので、並びに使用されているセラミックの及びグラファイトの非常に高い弾性率により、材料のこの組合せは、一部の用途で要求されているほどには静かに動作しない。典型的なグラファイト材料は２７ＧＰａの弾性率を有し、焼結セラミックは４００ＧＰａの弾性率を有する。
【０００６】
　トライボロジー条件を最適化し、かつドライ運転を回避するために、従来の設計のアキシアル摺動軸受は、２つ以上の潤滑溝が備わっている。これらの設計を用いてさえも、摩擦係数は、材料と無関係に０．０５以上である。
【０００７】
　更に、アキシアル軸受は流体力学的設計によってトライボロジー的に最適化され得ることが知られている。これはまた、新しいポンプ構造体においてグラファイト／セラミック軸受の組合せによって既に実現されている。０．０１という低さの摩擦係数が、動作面における微細構造化によって達成され得る。特に、楔状の隙間（平坦で傾斜した潤滑された楔）、及びキャッチ面を備える楔状の隙間はしたがって、微細構造において重要である。しかしながら、この問題解決において、使用される流体微細構造体は耐用年数を経て摩耗するということ、並びに低摩擦係数を得るために定期的に中断が必要とされるということは不利である。更に、耐用年数にわたって、並びに一連の生産内において、摩擦係数が頻繁に変動するということは、この問題解決に対して与えられた不利な点である。
【０００８】
　更に、段付き潤滑隙間は、幅が無限であると想定された場合、楔状隙間よりも高い軸受性能を有する場合がある。しかしながら、潤滑隙間の幅が有限である場合、この段において最も高い圧力が生じ、ここでは潤滑剤排出断面が大きく（側部の流れ）、これによって小さな幅の比率を備える軸受は、傾斜パッドの軸受にさえも劣るため、この理論的な利点は完全に失われる。（Ｇ．Ｒｏｔｈｌｅｙ，Ａｎ　ｏｖｅｒｖｉｅｗ　ｏｆ　ｔｈｅ　ｔｈｅｏｒｅｔｉｃａｌ　ａｎｄ　ｅｘｐｅｒｉｍｅｎｔａｌ　ｒｅｓｕｌｔｓ　ｏｆ　ｄｙｎａｍｉｃ　ｒａｄｉａｌ　ａｎｄ　ａｘｉａｌ　ｂｅａｒｉｎｇｓ　ｉｎ　ｔｈｅ　ｌａｍｉｎａｒ　ａｎｄ　ｔｕｒｂｕｌｅｎｔ　ｒａｎｇｅ，ａ　ｌｉｔｅｒａｔｕｒｅ　ｓｔｕｄｙ（層流及び乱流範囲における動的なラジアル軸受及びアキシアル軸受の理論的結果及び実験的結果の概要、文献研究），Ｌｉｔｅｒａｔｕｒｓｔｕｄｉｅ，Ｋｅｒｎｆｏｒｓｃｈｕｎｇｓｚｅｎｔｒｕｍ　Ｋａｒｌｓｒｕｈｅ，１９６９，７８頁）。段付き潤滑隙間に関して、Ｈａｍａｒｏｃｋらは「しかしながら、この軸受は枢動するパッドを用いたすべり軸受（傾斜パッドの軸受）と同様な展開及び用途を享受してこなかった。これまで、数学的に好まれる構成が無視されたのは、側部の漏れを考慮したとき、この軸受の相対的な利点に対する疑問によるものである。（Ｆｕｎｄａｍｅｎｔａｌｓ　ｏｆ　Ｆｌｕｉｄ　Ｆｉｌｍ　Ｌｕｂｒｉｃａｔｉｏｎ，２００４，２２９頁）」と述べている。
【０００９】
　現在まで、高分子系材料は媒質潤滑したポンプ軸受において、（特にコストの理由から）広く使用されていないが、ポンプの構成要素における高分子材料の割合は、各次世代のポンプと共に増えている。これらの材料に関するデメリットは、熱伝導率が悪いこと（＜１．０Ｗ／ｍ＊Ｋ）、圧力負荷下において寸法安定性が良くないこと、及び不十分な磨耗耐性である。約３０００回転／分の高速回転速度は主要周波数５０又は６０Ｈｚによるものであり、これは、軸受材料として高分子材料を使用していないことの大きな理由である

。その結果、高分子材料では分散が非常に難しい摩擦熱が多く生じる。更に、高分子材料は比較的低いガラス転移温度を有するため、比較的低い温度において、既に機械的に機能しない。更に、循環ポンプは、約１４０℃において加圧された水系において操作されることが多い。これらの条件下において、加水分解及び／又は機械的強度の損失によって、従来の多くの高分子材料は、機能しない。

【００１０】

金属の製造材料から作製されたアキシアル軸受構成の製造方法は、国際公開第２００９／１３５１２０（Ａ２）号、米国特許第５，５６７，０５７号、及び米国特許出願公開第２００４／００５７６４２（Ａ１）号に記載されている。これらの解決策では、スライドリングは１つ片で作成されているのではなく、区分を有するいくつかの個々の部品から作製されている。国際公開第２００９／１３５１２０（Ａ２）号は、ペレット区分を備える解決策を説明し、米国特許第５，５６７，０５７号は、傾斜パッドとして既知のものを用いた解決策を説明し、米国特許出願公開２００４／００５７６４２（Ａ１）号は、更なる区分の解決策を説明する。これらの製造は、高負荷及び大型シャフト寸法には好適であり、高分子材の使用時でさえも流体力学的性能を可能にする。しかしながら、約２０ｍｍ未満の小さなシャフト寸法を有するポンプに関しては、利用可能な設置空間が小さいこと、及び有意な製造コストにより、実現することができない。

【００１１】

米国特許出願公開第２００６／００３４５５６（Ａ１）号は、波形化した表面の上に流体構造を備える金属材料による、アキシアル軸受構造体を説明する。グラファイト又は高分子材料の実施形態であると仮定すると、耐用年数にわたって安定である低摩擦係数が可能でないということは、この解決策の不利な点である。凹部の先端部において少し磨耗しただけで、流体力学的効果は変化し、数百ｍｍ移動しただけで、通常の混合摩擦に遷移する可能性がある。

【００１２】

国際公開特許第２００７／０８１６３９（Ａ２）号及び同第２００６／０８３７５６（Ａ２）号において、アキシアル軸受構造が提案されており、これはまた、高分子材料に適しており、高分子のスライドリングにおいて磨耗が存在したときでさえも可能な、安定した流体効果を有する。したがって、ポケットは、軸受リングの摺動面の下に組み込まれる。スライドリングの動作面（これは負荷のない状況においては平坦である）は、ポケットの方向における弾性変形によって、波形を形成し、その結果、流体潤滑膜の形成が望ましい。しかしながら、幾何学的理由により、この実施形態は、大きな直径のシャフトにのみ適している。小さな直径のシャフトに関して、高分子材料の弾性変形性は、機能に必要な波形を構築するには十分ではない。この軸受技法はしたがって、約３０ｍｍ超のシャフト径を有する、より大きなポンプにのみ使用することができる。更に、非常に複雑なポケット形状の作製は、製造という観点から非常に複雑であり、小バッチの製造及び特別仕様のポンプのみに適している。

【００１３】

ドイツ特許第１９７１９８５８（Ａ１）号において、アキシアル軸受のコーティングとしてトライボロジー的に有効な充填剤を備える樹脂組成物の配合が提案されているが、流体潤滑膜を安定化させるためのアキシアル軸受の好適な構造的実施形態に関しては説明されていない。０．０５の摩擦係数は、本明細書に使用される平坦なサンプル片によって得られている。摩擦損失及びこれらの摩擦係数において生じる摩擦熱により、高分子の摩擦軸受は、高い圧力が加えられたポンプ軸受において使用することができない。

【００１４】

国際公開第９７／２６４６２号は、高性能な高分子材料（有利なことに焼結ポリイミドプラスチック）のアキシアル軸受／ラジアル軸受の組み合わせ実施形態を説明している。しかしながら、アキシアル軸受における安定した流体潤滑膜は、提案されているアキシアルの平坦な構造体と共に構築することができない。軸受のこの構造を用いて、高分子摺動軸受及び高度に圧力が掛けられたポンプ軸受の使用はまた、結果として生じる摩擦損失及

び摩擦熱のため、可能ではない。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【００１５】

したがって、本発明の目的は、先行技術の不利な点を回避し、かつ低摩擦損失を有し、長期の耐用年数を超える磨耗耐性を持ち、高分子材料からの作製に適しており、一部構成軸受の形態で構造的に単純な設計であり、特に２０ｍｍ以下の小型～中型シャフト直径に適している、流体アキシアル軸受を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【００１６】

上記の目的は請求項１に記載のスライドリング、カウンタリング、及び弾性マウント部を備えるアキシアル軸受によって達成される。本発明に係るアキシアル軸受の好ましいもの、すなわち具体的に適した実施形態は、従属請求項２～２０に示されている。

【００１７】

本発明の目的物はすなわち、スライドリング、カウンタリング、及びスライドリングの弾性マウント部を備えるアキシアル軸受であって、スライドリングは一部式であり、その動作面は安定した流体潤滑膜が構築されるのを可能にする構造体を有し、動作面の構造体は、動作面が３つ以上のエレベーションを有する方式で達成され、カウンタリングに向かう接触領域は平坦である、アキシアル軸受である。

【００１８】

本発明に係るアキシアル軸受は、流体潤滑膜の安定した構築を可能にし、非常に低い摩擦損失及び殆ど磨耗がないことによって特徴付けられる。

【００１９】

本発明に係るアキシアル軸受の更なる利点は、コスト効率良く製造され得る高分子軸受材料の使用が可能なことである。これによって、軸受の製造は、ポンプ用途で標準としてこれまで使用されてきた焼結グラファイト材料の置き換えを可能にする。これらの方法により、約２０ｍｍ以下の小さなシャフト径を有する、高い圧力が加えられたポンプにおけるアキシアル軸に初めて高分子材料を使用することを可能にする。これらのポンプ構造の大きな設置スペースにより、高分子部分の軸受及び先行技術で既知の特別な構造体は使用することができない。

【００２０】

単一ディスクアキシアル軸受（すなわち、一部構成構造体のスライドリングを備えるアキシアル軸受）のような単純かつコンパクトな設計において、経済的、構造的単純性、及び複雑な解決策が見出されるという更なる利点が存在し、これはまた、より大きなポンプにおいてでさえ、例えば区分軸受、高価な摩擦材料（例えば焼結セラミック及びグラファイト）など、従来の複雑な構造体を置き換えることができる。

【００２１】

従来技術による平坦なスライドリング又は潤滑溝が備わっているスライドリングを備える、グラファイト又は焼結セラミックから作製された従来のアキシアル軸受と比較して、本発明によるアキシアル軸受の摩擦による動力損失は、少なくとも１／５に低減される。０．０１未満の摩擦係数は、本発明に係るアキシアル軸受によって達成することができる一方で、グラファイト又は焼結セラミックから作製された従来のアキシアル軸受では、達成可能な摩擦係数は０．０５以上である。

【００２２】

本発明に係るアキシアル軸受を用いて、約２０ｍｍまでの小さなシャフト直径を有する、高圧下のポンプ軸受に関して、著しく０．０５よりも小さい、更には０．０１よりも小さい摩擦係数を達成することができる一方で、大きな直径を有するアキシアル軸受に関して（これに関しては摩擦係数は約０．０１であり、これは例えばセグメント軸受を用いるなど、多大な構造的努力によってのみこれまで可能であった）、単一ディスクアキシアル軸受形態の著しく低減された構造的努力により、０．０１以下の非常に低い摩擦係数が達

成でき得る。

【００２３】

本発明に係るアキシアル軸受から放出される摩擦熱もまた、従来技術による平坦なスライドリングを有する、又は潤滑溝が備わっているスライドリングを有するグラファイト若しくは焼結セラミックの従来の軸受のものと比較して、１／５に低減される。スライドリングの高い熱放散能力はしたがって、もはや完全に必要ではなく、高分子材料のガラス転移温度を超えることは回避される。これは、説明してきた軸受に関して高分子材料を使用することが功を奏するための必要要件を示す。

【００２４】

流体の楔状隙間を備えるアキシアル軸受と比較して、本発明に係るアキシアル軸受の摩擦による動力損失は、著しく低減され、高稼働性能に対しても安定している。高分子材料及びグラファイトを用いた本発明者らの試験において、０．０１～０．０２の摩擦係数が、流体楔状隙間を備える一部の事例で既に達成されたが、それらは長期間の動作時間にわたって安定していなかった。アキシアル軸受のスライドリングの、本発明に係る構造化により、０．０１よりも著しく小さい摩擦係数（これは長期間の耐用年数にわたって摩擦挙動の非常に安定した最適化を可能する）を達成することができる。

【００２５】

段付き潤滑隙間は理論的可能な流体構造体として既知であるが、楔状の隙間構造体と比較して、最も低い摩擦係数を達成することに関して有利であるということが証明されるということは期待されていなかった。なぜならば、段付き潤滑隙間は、側面の流量（側面の漏れ）が考慮された場合、不利であるという技術的な先入観が存在したからである。

【００２６】

更に、比較的低い弾性率及び磨耗に対する低い耐性を有する高分子材料からのスライドリングの低い接触領域に与えられた高い表面圧力は、非常に高い磨耗率となると予想されたが、驚いたことにこれは当てはまらない。

【００２７】

本発明に係るスライドリングの流体構造体に関して、潤滑ポケット（つまり、接触領域のくぼみ）の概念は完全に撤回される。むしろ本発明に係るアキシアル軸受のスライドリングは、いくつかのエレベーションのみ（３つ以上、３つのみが好ましい）を有する。驚くべきことに、好ましくは、推定される動作領域の５０％以下を減少させることによって、非常に安定した流体潤滑膜が、驚くべきことに高分子材料を用いて作製され得る。

【００２８】

比較可能な発明において、高い統計的安定性かつ耐用年数の安定性を備える、非常に低い摩擦係数が、本発明に係る流体構造体を介して達成され得る。これらの安定した非常に低い摩擦係数は、従来技術において既知のものなど、従来の流体構造体を用いて達成することはできない。これは、例えばグラファイト又はセラミックに関して従来の軸受材料に関して当てはまる。

【００２９】

更に、小サイズの一部構成軸受リングのこの設計の決定的な利点は、幾何学的理由に関して、段付き高さが比較的高くすることができるという事実である。例えば、小さな軸受リングの楔状／キャッチ面の構造体に関して、段付き高さを０．５ｍｍにする一方で、段付き高さを約０．０５ｍｍにすることが可能であった。これは小さな楔状角度によるものであり、これは楔状面の機能に不可欠である。

【００３０】

スライドリングの動作面の、本発明に係る構造体のエレベーションの広範囲な段の高さにわたって、最も小さい摩擦係数を示すことが可能であった。したがって、スライドリングの動作面の構造体は、耐用年数にわたって数十ｍｍ単位において有意な磨耗に対して耐性を有することができるのに対して、より低い高さの段を有する別の実施形態、例えば楔状／キャッチ面の構造体などは、数百ｍｍのみ耐性があるだけである。

【００３１】

流体の楔状隙間構造体を備えるアキシアル軸受と比較して、この説明された構造体もまた、二方向性効果の利点も有する（図２を参照）。対向する楔状隙間の解決策を用いてもこれは原則、可能であるが、有意に大きい外周が必要とされ、これは小さな直径のシャフトには利用可能ではない。

【００３２】

本発明に係るアキシアル軸受は、数分という非常に短い動作時間の後、有意に０．０１よりも小さいという、非常に安定した摩擦係数によって特徴付けられる。従来のトライボロジーの組み合わせは、数時間の慣らし運転期間を必要とする。

【００３３】

高分子材料がスライドリング又はカウンタリングに使用されるとき、低い弾性率及び流体的に生じた潤滑フィルムにより、最小限の動作ノイズが生じるということは、本発明に係るアキシアル軸受の更なる利点である。試験条件下において、これらの組み合わせは、磨耗せず、かつ非常に平滑かつ静かに動作する。

【００３４】

本発明に係るアキシアル軸受は、特に、小型～中型のシャフト直径のシャフトを有するポンプにポリマー系材料のアキシアル軸受リングが使用されることを可能にする。これまで、これらのタイプのポンプにおけるアキシアル軸受は、焼結セラミック、焼結カーバイド若しくはグラファイトから主に作製されていた。

【００３５】

本発明に係る軸受リングは、熱可塑性射出成形方法によって、高分子材料から製造することができ、その後の機械的仕上げを必要とすることがないため、コストの大きい製造プロセスを回避することができる。特に、従来の軸受材料の熱プロセス及び機械加工は高い製造コストにつながる。

【００３６】

適したセラミック充填剤による高分子材料の有利な強化は、反対側の動作面の中程度～高程度の粗さの研磨粒子等の重要な境界条件下においてでさえも、磨耗による材料の除去を有意に低減することができ、よって軸受の寿命を増加させる。

【００３７】

驚くべきことに、材料に適切な方式における軸受構成の設計の組み合わせ、すなわち適した基本となる高分子材料の選択と（及び、所望に応じて高分子材料と協調して強化材料）、カウンタリングの表面のプロセスとの組み合わせを介して、グラファイト軸受の特徴的なトライボロジーの値が得られるだけでなく、特に摩擦係数、磨耗、及び摩擦挙動の安定性に関して有意に超える。

【図面の簡単な説明】

【００３８】

図面を用いて本発明を更に詳細に説明する。

【図１ａ】駆動シャフトのアキシアルマウント部のための、従来技術に係る軸受構成の斜視図を示す。

【図１ｂ】駆動シャフトのアキシアルマウント部のための、従来技術に係る軸受構成の斜視図を示す。

【図２ａ】スライドリング１の展開した断面図として流体構造体の比較を示し、図２ａ及び２ｂは、従来技術を示し、図２ｃは本発明を示す。

【図２ｂ】スライドリング１の展開した断面図として流体構造体の比較を示し、図２ａ及び２ｂは、従来技術を示し、図２ｃは本発明を示す。

【図２ｃ】スライドリング１の展開した断面図として流体構造体の比較を示し、図２ａ及び２ｂは、従来技術を示し、図２ｃは本発明を示す。

【図３ａ】スライドリング１の展開した断面図を示し、図３ａ及び３ｂは、従来技術を示し、図３ｃは本発明を示す。

【図３ｂ】スライドリング１の展開した断面図を示し、図３ａ及び３ｂは、従来技術を示し、図３ｃは本発明を示す。

【図３ｃ】スライドリング１の展開した断面図を示し、図３ａ及び３ｂは、従来技術を示し、図３ｃは本発明を示す。
【図４ａ】本発明に係るスライドリング上のエレベーションの構成の斜視図を示す。
【図４ｂ】本発明に係るスライドリング上のエレベーションの構成の斜視図を示す。
【図５ａ】本発明に係るスライドリングの接触領域の斜視図、又はエレベーションの様々な可能な形状の斜視図をそれぞれ示す。
【図５ｂ】本発明に係るスライドリングの接触領域の斜視図、又はエレベーションの様々な可能な形状の斜視図をそれぞれ示す。
【図５ｃ】本発明に係るスライドリングの接触領域の斜視図、又はエレベーションの様々な可能な形状の斜視図をそれぞれ示す。
【図６】本発明に係る、スライドリングの弾性マウント部の断面図を示す。
【図７ａ】本発明に係るスライドリングの好ましい実施形態を示す。
【図７ｂ】本発明に係るスライドリングの好ましい実施形態を示す。
【図７ｃ】本発明に係るスライドリングの好ましい実施形態を示す。
【図８ａ】図７ａ～７ｃに示されているスライドリングの平面図を示す。
【図８ｂ】図７ａ～７ｃに示されているスライドリングの平面図を示す。
【図９】実施例１及び比較例の摩擦係数の測定の時間曲線を示す。
【発明を実施するための形態】
【００３９】
図１ａ及び図１ｂは、磁気駆動のポンプにおいて、アキシアルに駆動シャフトを実装するための、従来技術に係る軸受構成の斜視図（展開図）を示す。スライドリング（回転リング）１は、エストラマーの台座３を介してロータ４（磁気）と非正極に接続されている。カウンタリング（静的リング）２は、（例えば、締まりばめを介して）周囲のハウジングと静的に接続され、同時にシャフト５のラジアル軸受に対して機能する。したがって、スライドリング１は、カウンタリング２に対するシャフトの回転速度で回転する。
【００４０】
スライドリングとカウンタリングとの間の表面圧力は、シャフト５に実装されるポンプ羽根車（遠心性ホイール、又はコンプレッサホイール）のアキシアルスラストによるものである。この羽根車は、軸受構成の外に配置され、同様に図１には示されていない。摩擦トルクは、スライドリングにおいてブレーキトルクとして進化し、したがって必要な駆動力を増加させる。
【００４１】
シャフト５のラジアル軸受はまた、ブレーキトルクにつながり、しかしながら、これは比較的僅かな半径方向力のため、回転ポンプにおいてわずかである。
【００４２】
図２ａ～２ｃは、説明される用途に関する流体構造体の比較をスライドリング１の展開断面図として示す。平坦なカウンタリング２も示されている。従来技術によると、例えばこの構造体は単純な楔状隙間（図２ａ）として、又はキャッチ面を備える楔状隙間（図２ｂ）として実施されている。示されている実施形態では、これらの構造体は回転方向においてのみトライボロジー的に有効である。反対方向に移動する楔状隙間の事例において、これらの構造体はまた回転の双方向においても有効であるが、しかしながら、それらはほぼ２倍の設置スペース、すなわち軸受表面の周方向の長さをそれぞれ必要とする。
【００４３】
これと比較して、段付きエレベーション６（図２ｃ）を備える本発明に係る構造体は非常にコンパクトであり、比較的大きい可能な接触領域及び双方向の回転を備えて使用され得る。小さな接触領域は流体効果を促進することができる。他方では、小さな接触領域はまた、高比面荷重（圧力）をもたらす。比較的低い弾性率及び圧縮強度を備える高分子材料の場合では、圧力負荷容量は、小さな接触領域の場合には大きく限定されるため、より高い圧力負荷容量を備える用途には、より大きな接触領域が妥当であり、また段付きエレベーションを備える本発明に係る構造体によって可能である。

【００４４】
図３ａ～３ｃは、スライドリング１の展開した断面図として（平坦なカウンタリング２も示されている）、約０．０５ｍｍの材料の摩耗の影響を示し、この磨耗は使用条件にもよるが、１年未満の動作の後にポンプの耐用年数にわたって既に生じている可能性がある。磨耗量７は、各事例において細い斜めの線によって印されている。０．０５ｍｍの磨耗において、従来技術に係る図３ａ及び３ｂにおける流体構造体は、完全に磨耗され、よってその結果、摩擦係数を減少させる流体潤滑の効果はもはや存在しない。したがって、この構造体は特に高分子の軸受にはあまり適していない。
【００４５】
他方では、３つ以上のエレベーションを備える本発明に係る構造体（図３ｃ）は、磨耗量がより大きい場合においてさえも保持され、これは流体的に効果的である。
【００４６】
図４ａ及び４ｂは、スライドリング上の支持面（接触領域）８を備えるエレベーション６の構成の斜視図である。最少で３つ（図４）の、又は任意のより３つ以上の個々の接触領域が、周辺（図４ｂにおける５つの個々の接触領域）にわたって固定されてもよい。同じ寸法の個々の支持表面によって、アキシアル圧力は３つ超の接触領域を備える構造体によって、より大きな面積にわたって分散することができ、これによって、特定の表面圧力が低減され得る。
【００４７】
図５ａ～５ｃは、例として、異なる可能な形状のエレベーション６の、すなわち個々の支持表面（接触領域）８のそれぞれの斜視図を示す。この領域は、多角形として表されてもよく、又は本明細書に示されているように擬似的な矩形の四角形（図５ａ）として、円形として（図５ｂ）として、又は例えば流量のために最適化されている非対照若しくは非円形形状（図５ｃ）として表すことができる。
【００４８】
図６は、スライドリング１のマウント部の断面図を示し、これは当該技術において典型であるように、エストラマーの台座３を介してロータと非正極に接続されている。スライドリング１自体は、シャフト５の上にはなく、したがって、シャフトとの直角形成からわずかに逸脱するように位置付けられてもよい。スライドリング１は、エストラマーの台座及び角度公差により、カウンタリングの径方向に沿って均一に圧力がかけられる。これらの方法により、形状位置公差は、有利なことに均一化され、安定した流体効果が促進される。この弾性的なマウント部は、軸受及びシーリング技術において慣習的であるように、弾力的要素を介しても可能である。
【００４９】
図６は、単純な予備組立及び信頼性のある位置決めを可能にする特に有利な実施形態を示す。
【００５０】
図７ａ～７ｃは、３つの擬似矩形支持表面（接触領域）を備えるスライドリング１の好ましい実施形態を示し、これは断面図（図７ａ）、平面図（図７ｂ）及び斜視図（図７ｃ）において、互いに１２０°の角度において各事例において配置されている。支持表面８を備えるエレベーション６の高さは例えば、安定した流体動作に対して決定的な負の影響を有することなく、０．１～１ｍｍと様々であってもよい。この構造体は、高分子材料を射出成形することによって、非常に単純かつコスト効果を実現することができる。外径における成形は機能的に意味がなく、これは図６に示されているようにエストラマーの台座の形状によるものである。リングから、接触領域を備えるエレベーションまでの遷移する半径ＲＩは、成形によるものであり、これはまた機能的には意味はない。
【００５１】
図７ａ～７ｃに示された例は、５０Ｎのアキシアル負荷に適している。
【００５２】
図８ａ及び８ｂは、図７ａ～７ｃのスライドリングの平面図を示し、ここでは動作面９

（これは図８ａにおける接触領域８に平行な面において突出している）及び接触領域（支持表面）８は、図８ｂにおいて、斜線で示されている。

【００５３】

外側周辺部において、図に示されているスライドリングは、頂部及び底部にそれぞれ保護ベベルを有し、これらは必ずしも必要であるということではない（具体的には図４及び７を参照のこと）。これらの保護ベベルは、図においていくつかの追加線によって示されている。

【００５４】

図９は、本発明に係る実施例１及び比較例の摩擦係数の測定の時間曲線を示す。

【００５５】

本発明に係るアキシアル軸受は、スライドリング、カウンタリング、及びスライドリングの弾性マウント部を含む。スライドリングは、一部構成で作製され（単一ディスク軸受として既知であるもの）、かつその動作面において（すなわちカウンタリングを備える接触領域において）安定した流体潤滑膜が構築されるのを可能にする構造体を有する。動作面は、それが３つ以上の（３つが有利である）エレベーションを有するような方法で構造され、カウンタリングを備える、エレベーションの接触領域は平坦である。

【００５６】

動作面におけるエレベーションは、有利なことに動作方向において段付きである。

【００５７】

エレベーションの接触領域全体は、有利なことに、接触領域に平行な面において突出しているため、スライドリングの動作面に対して（すなわち、スライドリング（図８を参照）の軸受表面（動作面）の内径と外径との間の合計表面に対して）最大で５０％に達する。更に、動作面のエレベーションの合計接触領域は有利なことに、３０％を超えず、具体的には、突出した動作面の２０％を超えないことが好ましい。

【００５８】

スライドリングの合計接触領域は有利なことに、突出している動作面の５～３０％（具体的には好ましくは１０～２０％）を構成する。

【００５９】

エレベーションは有利なことに、動作面にわたって均一に分散される。これらのエレベーションが互いに１２０°の角度で配置されるのが特に好ましい。

【００６０】

スライドリングは例えば、スライドリングがロータと非正極に接続されることによって、エストラマーの台座を介して弾性的に実装されてもよい。軸受及びシール技術において慣習的であるように、他の弾性要素を介した弾性実装も可能である。

【００６１】

本発明にかかるアキシアル軸受において、スライドリング／カウンタリングの組み合わせのうちの少なくとも一方の軸受リングは、有利なことに高分子材料から作製される。シャフトと共に回転する軸受リングは、スライドリングと呼ばれる。シャフトにしっかりと接続されている定置式軸受リングは、カウンタリングと呼ばれる。

【００６２】

回転するスライドリングは有利なことに、高分子材料から作製される。

【００６３】

定置式カウンタリングは、焼結セラミック、グラファイト、焼結カーバイド、金属、又は青銅など、従来の軸受材料から作製されてもよい。別の方法としては、カウンタリングは高分子材料から作製されてもよい。

【００６４】

カウンタリングの軸受表面は有利なことに、非常に高い表面品質（すなわち粗さ値が低い）を有するべきである。カウンタリングの粗さ値を減少させることによって、摩擦係数及び磨耗が顕著に減少され得るということを示すことが可能であった。カウンタリングが研磨表面を有する場合、これは特に好ましい。

【００６５】
しかしながら、カウンタリングの動作面に関して（例えば、ラップ加工又はホーニング加工のみが行なわれている表面を備える場合）、０．１未満の摩擦係数を得るということと、同時に、低磨耗を有することは可能であり、よってカウンタリングの動作面において、より高い粗さ値を有する本発明に係るアキシアル軸受でさえも、より長い動作時間にわたって安定している。
【００６６】
カウンタリングの表面は有利なことに、低多孔性及び高硬度、並びに熱伝導率を有する。高硬度及び熱伝導率は、圧力及び／又は回転速度により、軸受構造体の磨耗耐性及び最大負荷容量に対して決定要因である。これらの方法により、流体潤滑膜を構築し、安定化させ、生じる摩擦熱を同様に分散させることが可能である。
【００６７】
したがって、本発明に係るアキシアル軸受の好ましい実施形態では、カウンタリングは、例えば酸化アルミニウムからの、高密度の微細粒化された焼結セラミックから作製される。焼結炭化ケイ素（ＳＳｉＣ）からの構造体は特に有利である。好適な炭化ケイ素材料は、ＥＳＫ Ｃｅｒａｍｉｃｓ ＧｍｂＨ ＆ Ｃｏ．ＫＧから、ＥＫａｓｉｃ（登録商標）Ｆの名称で入手可能であり、これは熱伝導率＞１２０Ｗ／ｍ＊Ｋを有する。
【００６８】
カウンタリングの軸受表面は有利なことに、平坦性からほとんど逸脱することなく作製されるべきである。平坦性からの逸脱が大きい場合、又はカウンタ軸受上に溝が存在する場合、流体潤滑膜は安定性が損なわれる恐れがある。
【００６９】
更なる可能な実施形態では、スライドリング並びにカウンタリングは両方とも高分子材料から作製される。軸受システムの全体的なコストは、これらの方法により更に低減することができる。カウンタ軸受の要求されている高い表面品質は、熱可塑性射出成形を介して直接得ることができる。これらの方法により、十分高い表面品質が高分子の射出成形プロセスにおいて成形時に既に達成することができるため、焼結材料若しくは焼結金属の場合に必要となる費用のかかるプロセス工程（ラップ加工及び／又は研磨など）が省略され得る。
【００７０】
更に可能な本発明に係るアキシアル軸受の実施形態では、スライドリングは焼結セラミック、グラファイト、焼結カーバイド、金属、又は青銅等の従来の軸受用金属から作製されてもよい。これは、強い研磨又は腐食条件のために高分子材料がもはや使用することができない用途条件にとって有利である。
【００７１】
好ましい実施形態では、本発明に係るアキシアル軸受のスライドリングは３つのエレベーションを有し（図７を参照）、各事例において、互いに１２０°の角度において配置される。３つのエレベーションは、有利なことに動作方向において段付きである。平坦な支持表面は「矩形」形状を有する（図７を参照）。全体として構造体が高い形状公差／位置公差にあったとしても、本発明にかかるアキシアル軸受の動作挙動は、平坦なカウンタ軸受における３つの支持表面のこの構造体によって安定化される。
【００７２】
支持表面を備えるエレベーションの高さは、有利なことに０．１～１ｍｍである。より大きな高さが可能であるが、通常は必要とされない。
【００７３】
軸受リングが熱可塑性材料から作製された場合、軸受リングの流体構造体は有利なことに、熱可塑性成形時に追加のプロセス工程を有することなく、対応する射出成形を介して組み込まれ得る。
【００７４】
３つ超の支持表面を実施することも可能である。これらの方法によって、支持表面上の

圧力は、支持表面の合計面積に比例して減少され、これは特に、アキシアル負荷が高い場合に有利である。

【００７５】

スライドリングの３つ以上の個々の支持表面は、例えば多角形として、円形、又は非円形領域（図５を参照）として任意の方法で作製されてもよい。円形の接触領域を用いてさえも、非常に低い摩擦係数を得ることができる。

【００７６】

個々の支持表面の寸法は、軸受の寸法の幾何学的要件により生じる。個々の支持表面の合計として、合計面積は、軸受材料の圧力吸収能力を表面圧力が超えないように設計することが有利である。

【００７７】

使用条件下において、化学的安定性及び熱的安定性が高く、並びに弾性変形によって高い表面圧力を吸収する高い弾性率の高分子は、スライドリング及び／又はカウンタリングに適している。

【００７８】

ポリエーテルイミド、ポリフェニレンスルフィド及びポリエーテルエーテルケトン、液晶ポリマー（ＬＣＰ）は、ポンプ技術における広範な領域の用途に適した熱可塑性材料の例であるが、他の高分子材料が使用されてもよい。

【００７９】

熱可塑性材料は別として、デュロプラスチック（duroplastic）材料、例えばエポキシ樹脂又は焼結プラスチック（ＰＴＦＥ又はポリイミド）が使用されてもよい。ポリウレタン又は熱可塑性エラストマー（ＴＰＥ）などのエラストマーにおける実施は、機械的応力が低い場合、同様に可能である。

【００８０】

炭素繊維又はアラミド繊維等の強化繊維の追加を有する高分子材料を使用することは有利である。これらの材料はまた、ポリマーマトリックス複合体材料と呼ばれ、高い弾性率を有する。所与の圧力において、弾性率が増加するにつれて、弾性変形は減少し、これによって、そこから生じる軸受リングの圧力吸収用量及びアキシアル軸受の圧力耐性が増加する。炭素繊維は、それらの摺動性能に対する支持及びカウンタ軸受の低い摩耗性のために特に好ましい。

【００８１】

従来技術で既知のように、繊維充填剤の含有量及び仕様は、対応する設計にとって剛性及び強度の値が最適となるように変更される。

【００８２】

弾性率（すなわち本発明に係るアキシアル軸受に使用される高分子材料の剛性）は有利なことに、少なくとも７ＧＰａである。試験によって、長期間にわたって安定である流体潤滑膜がこのような高分子材料によって構築され得るか決定することが可能であった。

【００８３】

更に、高分子材料は、炭化ケイ素、炭化ホウ素、酸化アルミニウム及びシリカなとの硬質材料で強化されるのが好ましい。これらの方法によって、高分子材料の表面硬さは、高い接触圧力下でさえも流体潤滑膜が安定化されている限り、増加されてもよい。これらの粒子を強化することによって、乾燥した操作条件下において及び軸受が始動する時において、摩耗耐性も増強される。軸受が始動する時に、摺動表面の接触によって、短時間の間に混合摩擦が生じ、軸受が強化されていない場合、大きな摩耗へとつながる場合がある。

【００８４】

高分子材料は、補強繊維の代わり、又は好ましくは強化材料と組合せて、硬質材料粒子で強化されてもよい。

【００８５】

炭化ケイ素粒子は有利なことに、高分子材料の摩耗耐性を増加させるための硬質材料粒子として使用される。ＳｉＣ充填剤は＞９．５Ｍｏｈの硬度を有し、これによって天然で

生じる研磨材料（ダイアモンドを除く）よりも硬度である。更に、ほぼ全ての液体ポンプ媒体において、ＳｉＣは非常に良好な耐食性を有し、これは既知のポリマーマトリックス材料の安定性をはるかに超えている。

【００８６】

ＳｉＣ充填剤の実施形態の更なる利点は、ＳｉＣの＞１２０Ｗ／ｍ＊Ｋの非常に高い熱伝導率であり、この結果、得られる摩擦熱は、複合材料中においてでさえも効果的に消散する。

【００８７】

粗く粒化されたセラミック充填剤はプロセス時に非常に研磨性であり、カウンタリングとのトライボロジー的な接触時において（in tribocontact）、それらの低い粒径によって、研磨の影響がもはや無いように、１μｍ未満の最も微細な粒を使用するのが有利である。

【００８８】

硬質材料の含有量は、粒子の理論的パッキング密度の限界まで、広範囲から選択され得る。高分子材料の良好な機械的特性を依然として可能にする、合理的な有用範囲は、１重量％～３０重量％である。

【００８９】

硬質材料の含有用及び仕様、並びに繊維と硬質材料の混合比は、対応する設計の最適な硬度、剛性、及び強度値となるように、当該技術分野で既知のとおり、様々なである。繊維及び硬質材料の合計含有量は有利なことに、１重量％～４０重量％であり、特に好ましくは２０重量％～４０重量％である。

【００９０】

炭素繊維及びサブミクロンのＳｉＣ粒子の充填剤の組合せを備える高分子材料は、本発明にかかるアキシアル軸受にとって特に有利であるということが判明している。

【００９１】

本発明に係るアキシアル軸受、酸化アルミニウム若しくは炭化ケイ素等のセラミック材料から作製されたカウンタリングと組み合わされた、これらの高分子／ＳｉＣ／炭素繊維材料（組み込まれた炭素繊維及びＳｉＣを備えるポリマーマトリックス材料）の摩耗耐性は、グラファイト材料のものよりもはるかに良い。

【００９２】

研磨負荷等の望ましくない境界条件下でさえも、これは当てはまる。材料試験において、流体効果を使用することなく、このクラスの材料の高い摩耗耐性を実証することが可能だった。

【００９３】

潤滑特性及び機械的特性を最適化するために、追加の添加材、例えば潤滑剤、オイル、ＰＴＦＥ、グラファイト、及び六方晶系窒化ホウ素が高分子材料で使用されてもよい。

【００９４】

本発明に係るアキシアル軸受は、温水循環ポンプ、飲料水用ポンプ、内燃エンジン及び電気駆動用冷却水循環ポンプ、凝縮冷却回路のコンプッサポンプ、冷却制御盤の冷却水循環ポンプ、水力ユニット、及びレーザ機器に使用され得る。

【００９５】

本発明に係るアキシアル軸受はまた、酸及びアルカリ、溶剤、オイル、及び低粘度の脂肪など腐食媒体での用途で使用されてもよい。

【００９６】

更に、本発明に係るアキシアル軸受はまた、オイル、脂肪、又は他の潤滑媒体を用いて恒久的な潤滑が確実にされる限りにおいて、電気モータ（特に小型モータ）におけるアキシアルマウント部にも好適である。

【００９７】

更に、本発明に係るアキシアル軸受は、変速機におけるスラスト軸受として既知のものとして使用されてもよい。装填事例はここでは、ポンプ軸受におけるものと類似であり、

潤滑媒体を用いた恒久的な潤滑もまた本書では確実にされる。

【００９８】

実施例、比較例、参照例

（実施例１）

軸受は図１に示されているように作製される。幾何学的詳細において、スライドリングは動作方向において３つの段付きエレベーションを備えて、図７に示されているように作製した。エレベーションからエレベーションの底部までの遷移における半径は１ｍｍであったが、これは軸受の流体設計には関係していない。スライドリングの外径は２１ｍｍであり、内径は１０．５ｍｍである。摺動表面の内径も１０．５ｍｍであり、外径は１７ｍｍである。スライドリングの高さは、外側において３ｍｍであり、内側において５ｍｍである。合計高さ、すなわち支持表面を備えるエレベーションを含む内側高さは６ｍｍであり、段の高さ（エレベーションの高さ）は１ｍｍである。支持表面は「矩形」形状を有する（図７を参照）。段の幅（エレベーションの幅）は３．２５ｍｍであり、段の長さ（動作方向におけるエレベーションの長さ）は２．５ｍｍである。段の付いたエレベーションは、突出した動作面（すなわち摺動表面、すなわち摺動表面の外径と内径との間の領域）の１７％を構成する。

【００９９】

カウンタリングは、研磨された表面を備える焼結Al_2O_3材料から作製する。

【０１００】

スライドリングは、強化用の炭素繊維及び微細なＳｉＣ粒子（寸法＜１μｍ）を備える高分子材料のポリフェニレンスルフィド（ＰＰＳ）（総量の３５重量％）から作製する。

【０１０１】

図１による構成において、摩擦係数は試験スタンド上のドラッグトルクを介して測定する（この試験スタンドはこの目的のために作製されたものである）。

【０１０２】

試験構成は、リング・オン・リング構成に対応する。

【０１０３】

媒質はサーモスタットを介して一定温度に保持した。摩擦トルクは、正確な負荷測定セルを介して記録し、線摩耗パスの変位は機械的な変位変換器を介して検出した。測定された値は時間分解能を用いて記録した。測定値は、モータ駆動の開始を起点としてそれ以後の記録を取る。

【０１０４】

１時間の慣らし運転の後、摩擦係数は１時間当たりの平均を測定した。この摩擦係数は、スライドリング／カウンタリングの組合せのシステムの摩擦の値を示す。

【０１０５】

１時間の慣らし運転及び熱平衡の後に、経路／時間曲線の勾配から、単位時間当たりの線摩耗パスとして、摩耗を測定した。

【０１０６】

ｐｖ値は、一定に保持され、以下で設定した：ｐ＝０．５ＭＰａ及びｖ＝１．９ｍ／秒。

【０１０７】

非常にわずかなトルク（０．００２以下）を精確に分解することができるように、駆動側を空気軸受上に実装した。更に、重量によって支持がもたらされるため（空気軸受によるラジアル軸受のみが必要とされるということを意味する）、アキシアルマウント部は省略されてもよい。

【０１０８】

軸受上の具体的な負荷は、３０００ＲＰＭでありアキシアルスラストは５０Ｎであった。水（５０℃）を媒質として使用した。あるいは、水と、グリコールの含有量の５０容積％以下のグリコールとの混合物を使用してもよい。

【０１０９】

軸受の構造体及び材料の組合せによって、上記のシステム境界条件において０．００４の低摩擦係数、平均偏差０．００１が測定された。

【０１１０】

試験中、この低摩擦係数は１０分という非常に短い慣らし運転時間の後に既に到達されており、１６８時間の全体の測定時間にわたって安定したままであった（図９を参照。2時間の動作時間のみがここで示されている）。

【０１１１】

（実施例２）

実施例１を繰り返した。しかしカウンタリングは、ラップ加工された表面（R_a＝０．４μｍ）を備える焼結Al_2O_3材料として作製した。実験の結果を表１に示す。

【０１１２】

（実施例３）

実施例１を繰り返した。しかしカウンタリングは、微細にホーニング加工した表面を備える焼結Al_2O_3材料として作製した。実験の結果を表１に示す。

【０１１３】

（実施例４）

実施例１を繰り返した。しかしながら、カウンタリングは、研磨表面を備える焼結ＳｉＣ材料（ＥＳＫ Ｃｅｒａｍｉｃｓ ＧｍｂＨ ＆ Ｃｏ．ＫＧのＥＫａｓｉｃ（登録商標）Ｆ）として作製した。実験の結果は表１に示す。

【０１１４】

（実施例５～７）

実施例１を繰り返した。しかしながら、支持表面を備えるエレベーションの高さは、実施例１のように１ｍｍではなく、表２に示すように様々であった。

システムの測定した摩擦係数を表２に列挙する。

【０１１５】

（実施例８～１０）

実施例１を繰り返した。しかしながら、３つの支持表面の形状は様々であった。各事例において、段の幅３．２５ｍｍ（摺動表面の幅と対応する）、実施例１の段の長さ２．５ｍｍの代わりに、段の長さ１．５ｍｍ、及び周方向において５ｍｍを実現させ（実施例１２及び１３）、これによって支持表面は、実施例１の矩形と類似の形状を有する。更に、各事例において２．５ｍｍの直径を有する３つの円形の支持表面を備えるスライドリングを試験した（実施例１４）。実施例１のように、各事例の段の高さは１ｍｍだった。

測定した摩擦係数を表３に記す。

【０１１６】

（実施例１１～１４）

実施例１を繰り返した。しかしながら、炭素繊維を加えていない、２０重量％以下のＳｉＣ充填剤によって強化されているポリエーテルイミドをスライドリング用の高分子材料として使用した。使用したＳｉＣ充填剤は、実施例１と同じであった。ここで得られた特徴的なトライボロジーのデータは、実施例１と比較して（特に摩擦係数に関して）幾分劣っているように評価されているが、それにもかかわらず、それらは例えばグラファイト材料のものよりも低い。線摩耗及び摩擦係数の結果を表４に示す。

【０１１７】

表４は、本明細書にかかるアキシアル軸受における高分子材料の摩耗耐性が、ＳｉＣ充填剤を用いて強化することによっていかに増加しているかということを示している。

【０１１８】

（実施例１５）

実施例１を繰り返した。しかしながら、ＬＣＰ（液晶ポリマー）のスライドリングは、炭素繊維を強化せず、トライボロジー的添加剤としてグラファイトを用いて作製した。測定した摩擦係数は０．０１であり、線摩耗は１．３μｍ／時である。

【０１１９】

比較例

アキシアル軸受を図１に従って作製した。図１に従って、スライドリングの幾何学的な実施形態の詳細は、潤滑溝を備える、平坦な単一ディスクのスライドリングとした。スライドリングの材料としてグラファイトを使用した。

【０１２０】

カウンタリングは、研磨表面を備える焼結Al_2O_3材料から作製した。

【０１２１】

摩擦係数は実施例１と同様に測定した。

ここではまた、軸受上の具体的な負荷は、３０００ＲＰＭでありアキシアルスラストは５０Ｎであった。水（５０℃）を媒質として使用した。

【０１２２】

１時間後、この実験における平均摩擦係数は０．０５である。

【０１２３】

１時間のより長い慣らし運転時間の後でのみ、この摩擦係数に到達するのは可能であった（図９を参照）。

【０１２４】

参照実施例

実施例１を繰り返した。しかしながら、ＳｉＣ充填剤又は炭素繊維のいずれかも加えていないポリエーテルイミドをスライドリング用の高分子材料として使用した。特徴的なトライボロジー的データを表４に列挙する。実施例２～５よりも摩擦係数は高く、線摩耗も非常に高い。

【０１２５】

【表１】

表１：

	カウンタリングの表面	線摩耗［μｍ／時］	摩擦係数μ
実施例２	酸化アルミニウム，ラップ加工済	２０	０．０８７
実施例３	酸化アルミニウム，微細にホーニング加工済	６．４	０．０６０
実施例１	酸化アルミニウム，微細に研磨済	０	０．００４
実施例４	ＳｉＣ（ＥＫａｓｉｃ（登録商標）Ｆ），微細に研磨済	０	０．００３

【０１２６】

【表２】

表２：

	段の高さ［ｍｍ］	摩擦係数μ
実施例１	１	０．００４
実施例５	０．５	０．００６
実施例６	０．２５	０．００８
実施例７	０．１	０．００９

【０１２７】

【表３】

表３：

	接触領域	摩擦係数μ
実施例８	矩形、段の長さ１．５ｍｍ	０．００８
実施例１	矩形、段の長さ２．５ｍｍ	０．００４
実施例９	矩形、段の長さ５ｍｍ	０．００７
実施例１０	円形、直径２．５ｍｍ	０．００４

【０１２８】
【表４】

表４：

	含有量［重量％］	線摩耗［μｍ／時］	摩擦係数μ
参照実施例	０	１４６９	０．０８０
実施例１１	５	４．５	０．０１４
実施例１２	１０	３．８	０．０２０
実施例１３	１５	０．９	０．０１４
実施例１４	２０	０	０．０１６

【図１ａ】

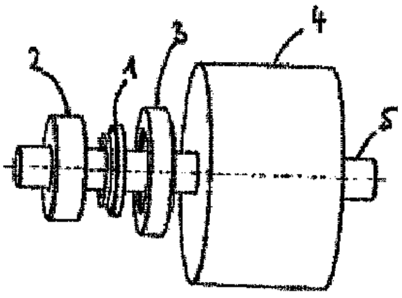

Fig. 1a

【図１ｂ】

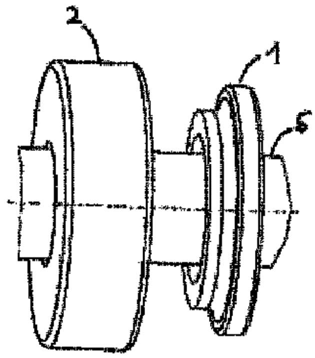

Fig. 1b

【図２ａ】

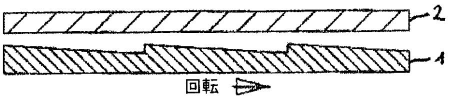

Fig. 2a

【図２ｂ】

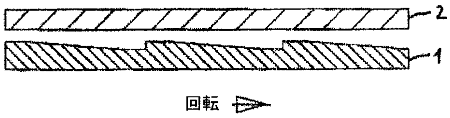

Fig. 2b

【図３ｂ】

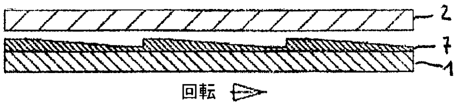

Fig. 3b

【図２ｃ】

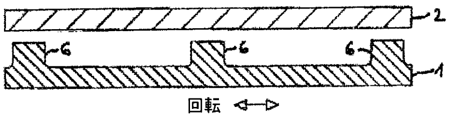

Fig. 2c

【図３ｃ】

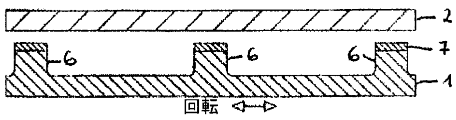

Fig. 3c

【図３ａ】

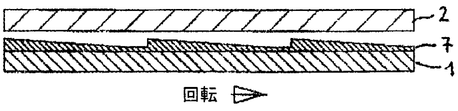

Fig. 3a

【図４ａ】

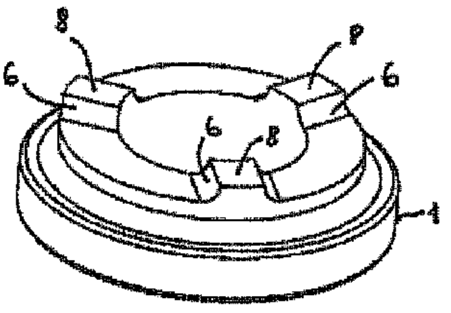

Fig. 4a

【図４ｂ】

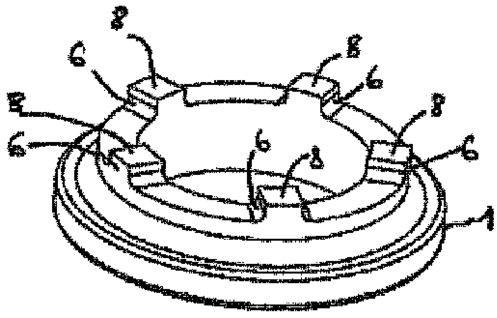

Fig. 4b

【図５ａ】

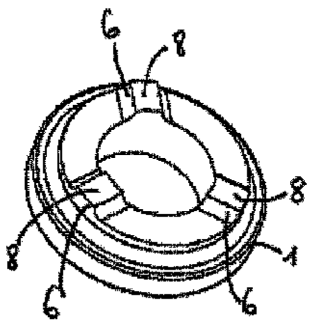

Fig. 5a

【図５ｂ】

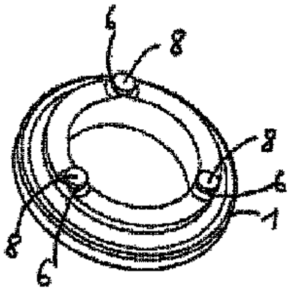

Fig. 5b

【図５ｃ】

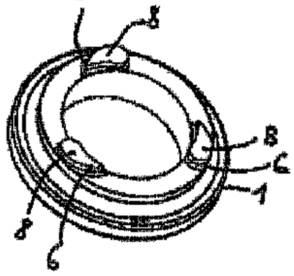

Fig. 5c

【図６】

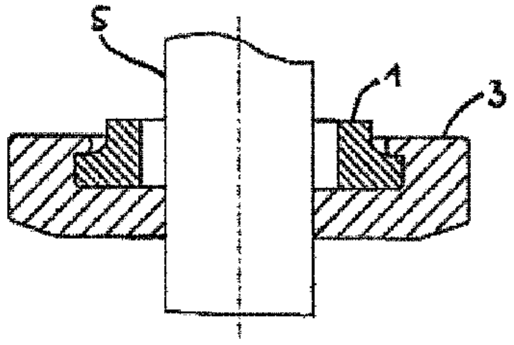

Fig. 6

【図７ｂ】

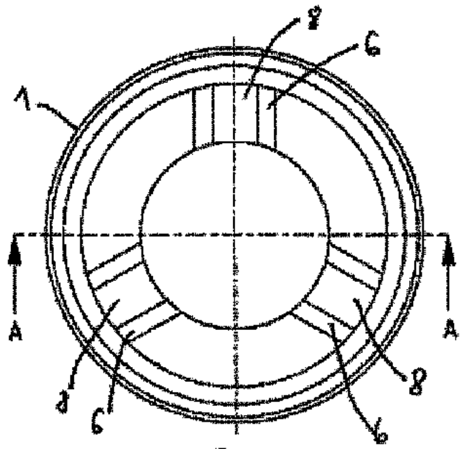

Fig. 7b

【図７ａ】

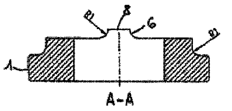

Fig. 7a

【図７ｃ】

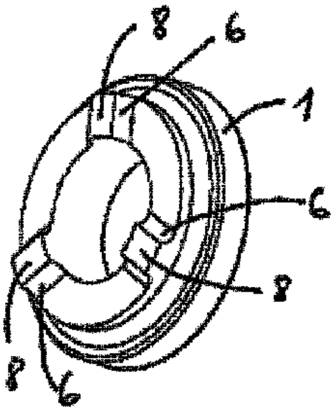

Fig. 7c

【図８ａ】

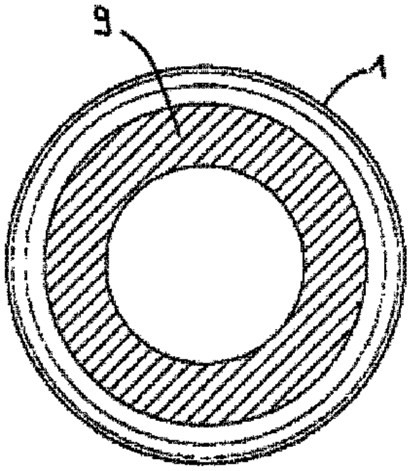

Fig. 8a

【図８ｂ】

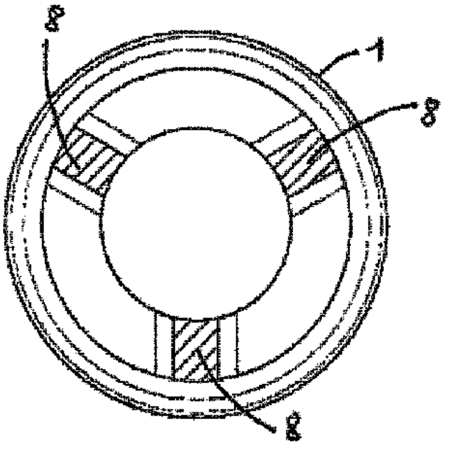

Fig. 8b

【図９】

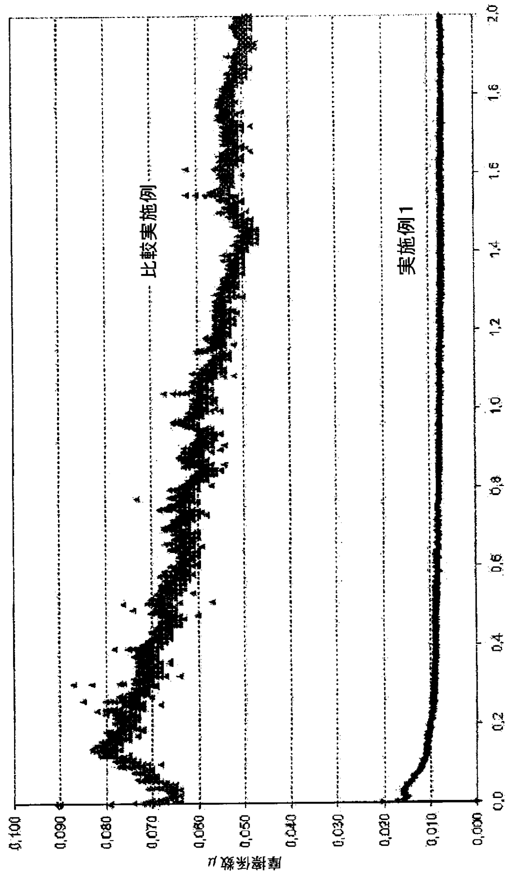

Fig. 9

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/066950

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F16C17/04
ADD.

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)
F16C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 829 338 A (CHRESTOFF BRIAN M [US] ET AL) 3 November 1998 (1998-11-03) column 2, line 27 - column 3, line 4; figures	1-20
A	JP 2006 183702 A (HITACHI IND EQUIPMENT SYS) 13 July 2006 (2006-07-13) figures	1-20
A	JP 2004 293684 A (NOK CORP) 21 October 2004 (2004-10-21) abstract; figures	1-20
A	DE 19 57 058 A1 (SCHMIDT GMBH KARL) 19 May 1971 (1971-05-19) page 2, paragraph 2 - page 3, paragraph 1; figures	1-20

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C. [X] 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
21 December 2012	09/01/2013

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Daehnhardt, Andreas

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/066950

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 10 2009 031760 A1 (MICHELS KLAUS P [DE]) 13 January 2011 (2011-01-13) paragraph [0001] - paragraph [0008]; figures -----	1-20
A	US 2006/034556 A1 (THOMPSON RONALD J [US] ET AL) 16 February 2006 (2006-02-16) cited in the application paragraph [0008] - paragraph [0011]; figures -----	1-20
A	WO 2007/081639 A2 (KALSI ENG INC [US]) 19 July 2007 (2007-07-19) cited in the application paragraphs [0015], [0016]; figures -----	1-20

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2012/066950

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5829338 A	03-11-1998	CA 2283224 A1	11-09-1998
		EP 1023536 A1	02-08-2000
		JP 2001514717 A	11-09-2001
		US 5829338 A	03-11-1998
		WO 9839569 A1	11-09-1998
JP 2006183702 A	13-07-2006	NONE	
JP 2004293684 A	21-10-2004	NONE	
DE 1957058 A1	19-05-1971	DE 1957058 A1	19-05-1971
		FR 2082975 A5	10-12-1971
		GB 1293665 A	18-10-1972
DE 102009031760 A1	13-01-2011	NONE	
US 2006034556 A1	16-02-2006	BR PI0514242 A	03-06-2008
		CA 2576945 A1	23-02-2006
		CN 101035992 A	12-09-2007
		EP 1787038 A2	23-05-2007
		JP 4796579 B2	19-10-2011
		JP 2008510107 A	03-04-2008
		KR 20070052785 A	22-05-2007
		US 2006034556 A1	16-02-2006
		WO 2006020836 A2	23-02-2006
WO 2007081639 A2	19-07-2007	CA 2634578 A1	19-07-2007
		US 2007160314 A1	12-07-2007
		WO 2007081639 A2	19-07-2007

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2012/066950

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F16C17/04
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F16C

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 829 338 A (CHRESTOFF BRIAN M [US] ET AL) 3. November 1998 (1998-11-03) Spalte 2, Zeile 27 - Spalte 3, Zeile 4; Abbildungen -----	1-20
A	JP 2006 183702 A (HITACHI IND EQUIPMENT SYS) 13. Juli 2006 (2006-07-13) Abbildungen -----	1-20
A	JP 2004 293684 A (NOK CORP) 21. Oktober 2004 (2004-10-21) Zusammenfassung; Abbildungen -----	1-20
A	DE 19 57 058 A1 (SCHMIDT GMBH KARL) 19. Mai 1971 (1971-05-19) Seite 2, Absatz 2 - Seite 3, Absatz 1; Abbildungen ----- -/--	1-20

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
21. Dezember 2012	09/01/2013
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Daehnhardt, Andreas

1

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (April 2005)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2012/066950

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2009 031760 A1 (MICHELS KLAUS P [DE]) 13. Januar 2011 (2011-01-13) Absatz [0001] - Absatz [0008]; Abbildungen -----	1-20
A	US 2006/034556 A1 (THOMPSON RONALD J [US] ET AL) 16. Februar 2006 (2006-02-16) in der Anmeldung erwähnt Absatz [0008] - Absatz [0011]; Abbildungen -----	1-20
A	WO 2007/081639 A2 (KALSI ENG INC [US]) 19. Juli 2007 (2007-07-19) in der Anmeldung erwähnt Absätze [0015], [0016]; Abbildungen -----	1-20

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2012/066950

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie			Datum der Veröffentlichung
US 5829338	A	03-11-1998	CA	2283224	A1	11-09-1998
			EP	1023536	A1	02-08-2000
			JP	2001514717	A	11-09-2001
			US	5829338	A	03-11-1998
			WO	9839569	A1	11-09-1998
JP 2006183702	A	13-07-2006	KEINE			
JP 2004293684	A	21-10-2004	KEINE			
DE 1957058	A1	19-05-1971	DE	1957058	A1	19-05-1971
			FR	2082975	A5	10-12-1971
			GB	1293665	A	18-10-1972
DE 102009031760	A1	13-01-2011	KEINE			
US 2006034556	A1	16-02-2006	BR	PI0514242	A	03-06-2008
			CA	2576945	A1	23-02-2006
			CN	101035992	A	12-09-2007
			EP	1787038	A2	23-05-2007
			JP	4796579	B2	19-10-2011
			JP	2008510107	A	03-04-2008
			KR	20070052785	A	22-05-2007
			US	2006034556	A1	16-02-2006
			WO	2006020836	A2	23-02-2006
WO 2007081639	A2	19-07-2007	CA	2634578	A1	19-07-2007
			US	2007160314	A1	12-07-2007
			WO	2007081639	A2	19-07-2007

フロントページの続き

(51)Int.Cl.　FI　テーマコード（参考）
Ｆ１６Ｃ　33/12　(2006.01)　Ｆ１６Ｃ　33/12　Ａ

(81)指定国　AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(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),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),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,IS,JP,KE,KG,KM,KN,KP,KR,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN

(74)代理人　100182660
弁理士　三塚　武宏
(74)代理人　100112357
弁理士　廣瀬　繁樹
(74)代理人　100159684
弁理士　田原　正宏
(72)発明者　アルミン　カイザー
ドイツ連邦共和国，８７４７４　ブーヘンベルク，ルートビヒーガイガーーシュトラーセ　１
(72)発明者　ウルスラ　カイザー
ドイツ連邦共和国，８７４７４　ブーヘンベルク，ガルスーツァイラーーシュトラーセ　１４
(72)発明者　ディートマル　ショーンホーフェン
ドイツ連邦共和国，８７４３７　ケンプテン，ローラントシュトラーセ　１８
(72)発明者　ヨハンナ　ツィマーマン
ドイツ連邦共和国，８７５６１　オーベルストドルフ，ビッテルスバッハーシュトラーセ　５

Ｆターム(参考)　3J011　AA06　BA08　CA04　DA01　DA02　JA01　JA02　KA03　LA01　LA08
MA06　PA02　QA05　RA01　SA03　SA05　SB03　SB05　SB19　SC05
SC14　SC20　SD02　SD04　SD10　SE02