

(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2004-530089  
(P2004-530089A)

(43) 公表日 平成16年9月30日(2004.9.30)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

F 16C 17/10  
F 16C 17/00  
F 16C 17/02  
F 16C 17/18  
F 16C 29/02

F 1

F 16C 17/10  
F 16C 17/00  
F 16C 17/02  
F 16C 17/18  
F 16C 29/02

テーマコード(参考)

A 3 J 0 1 1  
A 3 J 1 0 4  
A

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 58 頁)

(21) 出願番号 特願2003-503978 (P2003-503978)  
(86) (22) 出願日 平成14年6月11日 (2002.6.11)  
(85) 翻訳文提出日 平成15年12月11日 (2003.12.11)  
(86) 國際出願番号 PCT/US2002/018383  
(87) 國際公開番号 WO2002/101252  
(87) 國際公開日 平成14年12月19日 (2002.12.19)  
(31) 優先権主張番号 60/297,427  
(32) 優先日 平成13年6月11日 (2001.6.11)  
(33) 優先権主張国 米国(US)  
(31) 優先権主張番号 60/363,696  
(32) 優先日 平成14年3月12日 (2002.3.12)  
(33) 優先権主張国 米国(US)

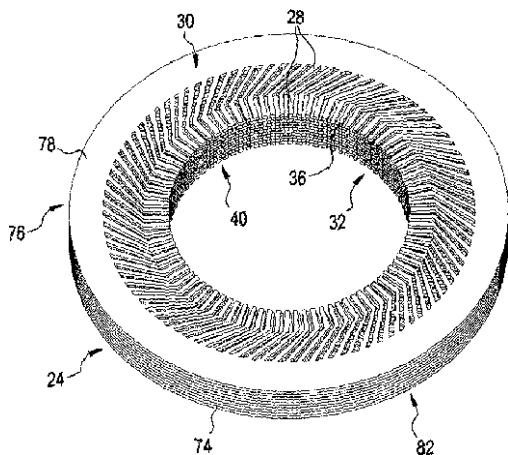
(71) 出願人 503455466  
トライボテク・インコーポレーテッド  
アメリカ合衆国マサチューセッツ州021  
39, ケンブリッジ, シドニー・ストリー  
ト 179  
(74) 代理人 100089705  
弁理士 社本 一夫  
(74) 代理人 100076691  
弁理士 増井 忠式  
(74) 代理人 100075270  
弁理士 小林 泰  
(74) 代理人 100080137  
弁理士 千葉 昭男  
(74) 代理人 100096013  
弁理士 富田 博行

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】接触軸受

## (57) 【要約】

対向軸受面との制御された相対移動を支持し、可能にするように構成される軸受(24、86)。軸受は、摩擦および磨耗の多くの原因に対処する局所可撓面を組み込むことにより、耐用寿命を長くするように構成される。軸受(24、86)は基部から延びる複数の支持部材(28)を含む。複数の支持部材(28)は共に、対向する軸受を通して基部に垂直に加わる荷重を支持することができる。さらに、複数の支持部材(28)により、対向する軸受間の滑り接触が可能になる。支持部材(28)は別々に移動して、支持部材と対向軸受との間の凹凸を吸収し、溝付けを減少させて軸受の磨耗を最小限にする。また、異物粒子または隆起により1つまたは複数の支持部材(28)が局所的に独立して曲がっても、支持部材(28)は対向軸受との間の距離を維持する。



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

基部と、

複数の片持ち支持部材とを含み、各支持部材が、基部に直接または間接的に取り付けられた第1の端部と、基部から離れた位置にある第2の自由端とを有し、第2の端部が、対向軸受面に滑り接触するように構成される接触軸受であって、複数の支持部材が、対向軸受面を支持するように構成され、各第2の端部が、移動して、第2の端部と対向軸受面との間にあろう凹凸を吸収するように構成される接触軸受。

**【請求項 2】**

基部が円筒形であり、支持部材が基部の内側に延びる、請求項1に記載の接触軸受。 10

**【請求項 3】**

基部が円筒形であり、支持部材が基部の外側に延びる、請求項1に記載の接触軸受。

**【請求項 4】**

基部が円筒形であり、第1の組の複数の支持部材が基部の内側に延び、第2の組の複数の支持部材が基部の外側に延びる、請求項1に記載の接触軸受。

**【請求項 5】**

基部が平面である、請求項1に記載の接触軸受。

**【請求項 6】**

複数の支持部材の少なくとも1つが直線状である、請求項1に記載の接触軸受。 20

**【請求項 7】**

少なくとも1つの直線支持部材が基部から垂直に延びる、請求項6に記載の接触軸受。

**【請求項 8】**

少なくとも1つの直線支持部材が基部から非垂直に延びる、請求項6に記載の接触軸受。

**【請求項 9】**

複数の支持部材の少なくとも1つが非直線状である、請求項1に記載の接触軸受。

**【請求項 10】**

複数の支持部材の少なくとも1つが第1の部分と第2の部分とを含み、第1の部分が基部に非垂直な線で延び、第2の部分が基部に垂直な線で第1の部分から延びる、請求項1に記載の接触軸受。 30

**【請求項 11】**

各支持部材が、支持部材の長さに沿って変化する断面積を含む、請求項1に記載の接触軸受。

**【請求項 12】**

複数の支持部材が、間に隙間を画定する複数の離間した支持部材を含む、請求項1に記載の接触軸受。

**【請求項 13】**

各隙間に配置された弾性要素をさらに含む、請求項12に記載の接触軸受。

**【請求項 14】**

隙間に配置された潤滑油をさらに含む、請求項12に記載の接触軸受。

**【請求項 15】**

支持部材の第2の端部の一部により画定される、接触軸受から粒子を除去するように構成された溝をさらに含む、請求項1に記載の接触軸受。 40

**【請求項 16】**

各支持部材が、第1の曲げ特性を持つ第1の曲げ方向と第2の曲げ特性を持つ第2の曲げ方向とを有し、第1の曲げ特性と第2の曲げ特性とがほぼ同様である、請求項1に記載の接触軸受。

**【請求項 17】**

各支持部材が、約0.4mm×0.4mm未満のほぼ正方形の断面積を有する、請求項1に記載の接触軸受。

**【請求項 18】**

50

各支持部材が、約  $0.2 \text{ mm} \times 0.2 \text{ mm}$  未満のほぼ正方形の断面積を有する、請求項 1 に記載の接触軸受。

【請求項 1 9】

各支持部材が基部と一体に形成される、請求項 1 に記載の接触軸受。

【請求項 2 0】

対向軸受面と組み合わされる、請求項 1 に記載の接触軸受。

【請求項 2 1】

対向軸受面が円筒シャフトを含む、請求項 2 0 に記載の接触軸受。

【請求項 2 2】

シャフトが軸受に対して回転する、請求項 2 1 に記載の接触軸受。

【請求項 2 3】

基部と、

基部から延びる複数の支持部材とを含み、支持部材が、対向面を支持して滑り接触を可能にするように構成され、複数の支持部材が、基部から一定の距離をおいて対向面を支持するように構成され、複数の支持部材の各々が別々に移動することができ、これにより、複数の支持部材の少なくとも 1 つが移動するときに、残りの複数の支持部材がほぼ一定の距離をおいて対向面を保持する接触軸受。

【請求項 2 4】

基部が円筒形であり、支持部材が基部の内側に延びる、請求項 2 3 に記載の接触軸受。

【請求項 2 5】

基部が円筒形であり、支持部材が基部の外側に延びる、請求項 2 3 に記載の接触軸受。

【請求項 2 6】

基部が円筒形であり、第 1 の組の複数の支持部材が基部の内側に延び、第 2 の組の複数の支持部材が基部の外側に延びる、請求項 2 3 に記載の接触軸受。

【請求項 2 7】

基部が平面である、請求項 2 3 に記載の接触軸受。

【請求項 2 8】

複数の支持部材の少なくとも 1 つが直線状である、請求項 2 3 に記載の接触軸受。

【請求項 2 9】

少なくとも 1 つの直線支持部材の少なくとも一部が基部から垂直に延びる、請求項 2 3 に記載の接触軸受。

【請求項 3 0】

複数の支持部材の少なくとも 1 つが非直線状である、請求項 2 3 に記載の接触軸受。

【請求項 3 1】

複数の支持部材が、間に間隙を画定する複数の離間した支持部材を含む、請求項 2 3 に記載の接触軸受。

【請求項 3 2】

間隙内に配置された潤滑油をさらに含む、請求項 3 1 に記載の接触軸受。

【請求項 3 3】

支持部材の一部の末端により画定される、接触軸受から粒子を除去するように構成された溝をさらに含む、請求項 2 3 に記載の接触軸受。

【請求項 3 4】

各支持部材が、第 1 の曲げ特性を持つ第 1 の曲げ方向と第 2 の曲げ特性を持つ第 2 の曲げ方向とを有し、第 1 の曲げ特性と第 2 の曲げ特性とがほぼ同様である、請求項 2 3 に記載の接触軸受。

【請求項 3 5】

各支持部材が、約  $0.4 \text{ mm} \times 0.4 \text{ mm}$  未満のほぼ正方形の断面積を有する、請求項 2 3 に記載の接触軸受。

【請求項 3 6】

各支持部材が基部と一体に形成される、請求項 2 3 に記載の接触軸受。

10

20

30

40

50

**【請求項 3 7】**

対向軸受面と組み合わされる、請求項 2 3 に記載の接触軸受。

**【請求項 3 8】**

対向軸受面が円筒シャフトを含む、請求項 3 1 に記載の接触軸受。

**【請求項 3 9】**

シャフトが軸受に対して回転する、請求項 3 8 に記載の接触軸受。

**【請求項 4 0】**

1 枚の板の表面が別の板の表面に隣接して配置されるように積み重なって配置された、複数の板を含み、  
各板が、基部と基部から延びる複数の支持部材とを含み、支持部材が、滑り接触を通して 10  
対向面を支持するように構成される接触軸受。

**【請求項 4 1】**

板がワッシャ状の円板形の板であり、支持部材が基部の内側に延びる、請求項 4 0 に記載の接触軸受。

**【請求項 4 2】**

板がワッシャ状の円板形の板であり、支持部材が基部の外側に延びる、請求項 4 0 に記載の接触軸受。

**【請求項 4 3】**

板がワッシャ状の円板形の板であり、第 1 の組の複数の支持部材が基部の内側に延び、第 2 の組の複数の支持部材が基部の外側に延びる、請求項 4 0 に記載の接触軸受。 20

**【請求項 4 4】**

複数の支持部材が、滑り接触を通して対向平面を支持するように構成された平面を形成する、請求項 4 0 に記載の接触軸受。

**【請求項 4 5】**

複数の支持部材が、間に隙間を有する複数の離間した支持部材を含む、請求項 4 0 に記載の接触軸受。

**【請求項 4 6】**

隙間内に配置された潤滑油をさらに含む、請求項 4 0 に記載の接触軸受。

**【請求項 4 7】**

支持部材の第 2 の端部の一部により画定される、接触軸受から粒子を除去するように構成された溝をさらに含む、請求項 4 0 に記載の接触軸受。 30

**【請求項 4 8】**

第 1 の板の各支持部材が第 1 の曲げ特性を持つ第 1 の曲げ方向を有し、第 2 の板の各支持部材が第 2 の曲げ特性を有し、第 1 の曲げ特性と第 2 の曲げ特性とが異なる、請求項 4 2 に記載の接触軸受。

**【請求項 4 9】**

各支持部材が、約 0.4 mm × 0.4 mm 未満のほぼ正方形の断面積を有する、請求項 4 0 に記載の接触軸受。

**【請求項 5 0】**

各支持部材が基部と一体に形成される、請求項 4 0 に記載の接触軸受。 40

**【請求項 5 1】**

対向軸受面と組み合わされる、請求項 4 0 に記載の接触軸受。

**【請求項 5 2】**

第 1 の板が、第 1 の方向に延びる支持部材を持つ基部を含み、第 2 の板が、第 2 の方向に延びる支持部材を持つ基部を含み、第 2 の方向が第 1 の方向とは異なる、請求項 4 0 に記載の接触軸受。

**【請求項 5 3】**

第 2 の滑り接触軸受面に直接接触する複数の第 1 の滑り接触軸受面を設けるステップと、第 1 の滑り接触軸受面の少なくとも 1 つを第 2 の滑り接触軸受面に対して曲げ、第 1 の滑り接触軸受面の少なくとも 1 つが第 2 の滑り接触軸受面との直接の接触から離れて、第 1 50

の面と第2の面との間のばらばらの粒子を吸収するようにするステップとを含む、接触軸受の隆起を吸収する方法。

【請求項 5 4】

複数の第1の滑り接触軸受面を取り付けるための基部を設けて、複数の第1の滑り接触軸受面が基部から延びるようにするステップと、

基部と第2の軸受面との間の距離をほぼ一定に維持するステップとをさらに含む、請求項5 1に記載の方法。

【請求項 5 5】

第1の滑り接触軸受面と第2の滑り接触軸受面との間から粒子を除去するステップと、

第1の滑り接触軸受面に画定された間隙内に粒子を入れるか、または間隙を通して粒子を10  
移動させるステップとをさらに含む、請求項5 3に記載の方法。

【請求項 5 6】

基部と、対向する第1の面および第2の面と、基部から延びる複数の支持部材とを各々有する複数の板を形成するステップを含み、支持部材が、滑り接触を通して対向軸受面を支持するように構成され、

さらに、1枚の板の表面が別の板の表面に隣接して配置されるように板を積み重ねるステップを含む、接触軸受を製造する方法。

【請求項 5 7】

円板同士を取り付けるステップをさらに含む、請求項5 6に記載の方法。

【請求項 5 8】

第1の板の支持部材が、第2の円板の支持部材間に配置された間隙に隣接するように、第1の板を第2の板に合わせるステップをさらに含む、請求項5 6に記載の方法。

【請求項 5 9】

第2の滑り接触軸受面に直接接触する第1の滑り接触軸受面を設けるステップを含み、第1の滑り接触軸受面は少なくとも1つの屈曲部を有し、

さらに、第2の滑り接触軸受面の対応する移動に応答して少なくとも1つの屈曲部を曲げ、第1の接触軸受面が第2の滑り接触軸受面の屈曲形状にほぼ一致するようにするステップを含む、軸受の接触圧力を低下させる方法。

【請求項 6 0】

互いに隣接して離間して均一な軸受面を形成する複数の個々の面部分と、前記均一な軸受面に垂直に前記面部分を個々に支持して、局所的な力により前記均一な軸受面から移動させる手段とを含む、移動部材を支持するように形成された軸受面。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、2001年6月11日付出願の米国仮特許出願第60/297427号、および2002年3月12日付出願の米国仮特許出願第60/363696号の恩恵を主張する。

【0 0 0 2】

本発明は、接触軸受に関し、詳細には、耐用寿命の長い滑り接触軸受に関する。

【背景技術】

【0 0 0 3】

軸受はさまざまな適用で使用される。代表的な適用例としては、単純なドアヒンジ、内燃機関、強力建設機械、軸受が腐食性物質、研磨粒子、および無潤滑環境にさらされる他の適用がある。これらの適用等では、軸受は、接続された物体間の接触力を支持しながら、直線移動、回転移動、またはこれらの組合せのいずれかを通して、物体同士を相対移動させることができる。

【0 0 0 4】

長期間の使用により、軸受に生じる劣化は磨耗である。磨耗は、物体間の相対移動に対する抵抗である摩擦の増加にしばしば関連する。ばらばらの粒子が軸受に溝を付けたり、軸

10

20

30

40

50

受面の隆起が相互に作用したりすることを含む、摩擦の原因の多くが、磨耗にもつながる。これらの原因は、軸受の故障、および／または軸受の寿命全体を通した摩擦の増加にもつながる可能性がある。

#### 【0005】

接触する面よりもはるかに軟性の高い1つの面を提供することにより溝付けに対処する、従来技術の軸受が公知である。はるかに軟性の高い1つの面を有することにより、溝付けの大部分が軟性材料内で生じるようにして摩擦を減少させる。これに関し、溝を切る（溝付けする）材料の軟性が高いほど、非常に硬質な材料に溝を切るよりも必要なエネルギーが少なくなるので、摩擦力が減少する。1つの面を少し軟性にすることにより、ばらばらの粒子を軟性面に埋め込むことができるため、面の間の界面から粒子をかなり除去することができる。また、従来技術の軸受は、軸受面間の粒子の量を減少させる粒子トラップを導入して、粒子を軸受面から集め取ることができるようにすることにより、溝付けを減少させる。隆起の相互作用については、従来技術では、軸受面の仕上げを改良して、存在する隆起の相互作用の量および程度を減少させることにより対処している。

10

#### 【0006】

溝付けまたは隆起の相互作用が問題にならない軸受もある。たとえば、動作中に常に互いに直接接触するわけではない流体力学軸受については、溝付けまたは隆起の相互作用はあまり問題にならない。

#### 【発明の開示】

##### 【発明が解決しようとする課題】

20

#### 【0007】

本発明の軸受は、対向軸受面を支持して制御された相対移動を行うように構成される。軸受は、軸受の寿命を短くするおそれのある磨耗の原因に対処することにより、耐用寿命を長くするように構成される。軸受は、1つまたは複数の特徴を含み、各々が単独で、または組み合わさって、軸受の寿命の延長および摩擦の低減に寄与する。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0008】

一実施形態では、接触軸受が、基部と、複数の片持ち支持部材とを含む。各支持部材は、基部に直接または間接的に取り付けられた第1の端部と、基部から離れた位置にある第2の自由端とを有する。第2の端部は、対向軸受面に滑り接触するように構成される。複数の支持部材は、対向軸受面を支持するように構成され、各第2の端部は、移動して、第2の端部と対向軸受面との間にあろう、ばらばらの粒子等の凹凸を吸収するように構成される。

30

#### 【0009】

別の実施形態では、接触軸受が、基部と、基部から延びる複数の支持部材とを含む。支持部材は、対向面を支持して滑り接触を可能にするように構成される。複数の支持部材は、基部から一定の距離をおいて対向面を支持するように構成される。複数の支持部材の各々は別々に移動することができ、これにより、複数の支持部材の少なくとも1つが移動するときに、残りの複数の支持部材がほぼ一定の距離をおいて対向面を保持する。

#### 【0010】

さらに別の実施形態では、接触軸受が、1枚の板の表面が別の板の表面に隣接して配置されるように積み重なって配置された、複数の板を含む。各板は、基部と基部から延びる複数の支持部材とを含む。支持部材は、滑り接触を通して対向面を支持するように構成される。

40

#### 【0011】

接触軸受の隆起を吸収する方法も開示される。方法は、第2の滑り接触軸受面に直接接触する複数の第1の滑り接触軸受面を設けるステップと、第1の滑り接触軸受面の少なくとも1つを第2の滑り接触軸受面に対して曲げるステップとを含む。第1の滑り接触軸受面の少なくとも1つが第2の滑り接触軸受面との直接の接触から離れるように、第1の滑り接触軸受面を曲げることにより、第1の面と第2の面との間の隆起または粒子を吸収する

50

。

### 【 0 0 1 2 】

接触軸受を製造する別のある方法も開示される。方法は、基部と、対向する第1の面および第2の面と、基部から延びる複数の支持部材とを各々有する複数の板を形成するステップを含む。支持部材は、滑り接触を通して対向軸受面を支持するように構成される。板は、1枚の板の表面が別の板の表面に隣接して配置されるように、積み重ねられる。

### 【 0 0 1 3 】

軸受の接触圧力を低下させる方法も開示される。方法は、第2の滑り接触軸受面に直接接觸する第1の滑り接触軸受面を設けるステップを含み、第1の滑り接触軸受面は少なくとも1つの屈曲部を有し、さらに第2の滑り接触軸受面の対応する移動に応答して少なくとも1つの屈曲部を曲げ、第1の接触軸受面が第2の滑り接触軸受面の屈曲形状にほぼ一致するようにするステップを含む。

### 【 0 0 1 4 】

別の実施形態では、移動部材を支持するように形成された軸受面が開示される。軸受面は、互いに隣接して離間して均一な軸受面を形成する複数の個々の面部分と、前記均一な軸受面に垂直に前記面部分を個々に支持して、局所的な力により前記均一な軸受面から移動させる手段とを含む。

### 【 0 0 1 5 】

本発明の種々の実施形態は、ある利点をもたらし、従来の接触軸受のある欠点を克服する。

本発明の実施形態は同一の利点を共有することではなく、共有する実施形態であってもあらゆる状況で同一の利点を共有することはない。このため、本発明は、耐用寿命の延長および/または高性能特性という注目される利点を含む多数の利点を提供する。

### 【 0 0 1 6 】

以下で、添付図面を参照しながら、本発明の更なる特徴および利点、並びに種々の実施形態の構造について、詳細に説明する。

以下で、添付図面を参照しながら、本発明の種々の実施形態について例として説明する。

### 【 発明を実施するための最良の形態 】

### 【 0 0 1 7 】

本発明の軸受は、対向する軸受または軸受面との制御された相対移動を支持し、可能にすることにより構成される。軸受は、摩擦および磨耗の多くの原因に対処する局所可撓面を組み込むことにより、寿命を長くするように構成される。軸受は、1つまたは複数の特徴を含み、各々が単独で、または組み合わさって、軸受の寿命の延長および/または軸受の寿命全体を通じた摩擦の低減に寄与することができる。

### 【 0 0 1 8 】

1つの態様では、軸受が基部から延びる複数の支持部材を含む。複数の支持部材は共に、対向する軸受または面を通して基部に加わる荷重を支持することができる。さらに、複数の支持部材により、対向する軸受間の滑り接触が可能になる。支持部材は別々に移動して、支持部材と対向軸受との間の隆起またはばらばらの粒子等の凹凸を吸収し、後述するように磨耗が最小限になるようにする。複数の支持部材の一部が共に移動して、軸受の一部が互いに押圧されるときに、対向軸受間の接触圧力を最小限にするのを助ける。

### 【 0 0 1 9 】

一実施形態では、軸受が、軸受の基部に垂直な方向にほぼ同一の距離をおいて対向軸受を保持し、かつ磨耗の傾向を減少させるように構成される。これは、複数の支持部材を有する軸受を設けて対向軸受面を支持することにより達成することができ、ばらばらの粒子や隆起によって1つまたは複数の支持部材が曲がっても、大部分の支持部材が対向軸受との間の距離を維持する。

### 【 0 0 2 0 】

一実施形態では、軸受は、基部に取り付けられた複数の支持部材を有し、複数の板を共に配置することにより構成される。各板は、側部から延びる支持部材を有することもできる

10

20

30

40

50

。

## 【0021】

図面、特に図1は、本発明の実施形態および適用を示す。図1は、円筒軸受24を通して物体22内に取り付けられたシャフト20を示す。シャフトは中心軸26を中心に回転することができ、物体22に対して中心軸に沿って摺動することができる。軸受24は、摩擦特性を低減する面を提供することにより、シャフトと物体との間の相対移動を助ける。軸受24を取り外したり交換したりすることもでき、これにより、摺動面21の一方が損傷を受けたり磨耗したりしても、シャフトまたは嵌合物体の全体を交換する必要がなくなる。図1の軸受24は、シャフト20、物体22に固定して取り付けられ、シャフトおよび物体に対して浮動できるようになっている。軸受24は完全な円筒部分を含むことができるが、軸受は、完全な円筒または部分的な円筒と共に形成する複数の部分を含むこともできる。さらに、同心に配置された、対の2つの別個の軸受を設け、第1の軸受がシャフト20に固定して取り付けられ、物体22に固定して取り付けられた第2の軸受に対して移動可能となるようにしてもよい。

10

## 【0022】

軸受により、滑り接触を制御して行うことができる。制御とは、ある方向の移動が可能になると共に、他の方向への移動が妨げられるかまたは制限されることを意味する。たとえば、図1の円筒軸受24により、シャフト20の中心軸26を中心とした回転と同一の軸に沿った平行移動とが可能になるが、横方向への移動や他の方向への曲げがほぼ妨げられるかまたは減少する。他の実施形態は、シャフトが物体を通して平行移動したり物体に対して回転したりするのを防ぐ、対の止め具(図示せず)等の他の特徴を加えてこれらの移動の1つを制限することができる。

20

## 【0023】

凹凸を吸収するために、別々に移動可能な複数の支持部が、図2に示す軸受等の軸受の実施形態を含む。図2は、マトリックス状に配置された支持部材28が基部30から伸びる状態を示す。支持部材は、協働して円筒軸受24の内面32を形成する。各支持部材28は、基部に取り付けられた第1の端部34と、対向する軸受に接触するように構成された末端36とを含む。対向する軸受は、軸受の中心を通過する円筒シャフト(図示せず)とすることができる。すべての支持部材は共に、滑り接触時にシャフトを支持し、制御するに役立つ。しかし、支持部材28は別々になっているため、ばらばらの粒子を吸収して溝付けによる損傷を減らす能力、および/または表面の隆起もしくは他の凹凸間の接触による損傷を防ぐ能力を局所可撓面40に与えることができる。本明細書中で使用される「局所可撓」という用語は、支持部材28が互いに別々に移動して、軸受と対向面との間のばらばらの粒子または隆起44等の凹凸を吸収することを意味する。このようにして、局所可撓面が対向軸受面を支持しながら、移動して表面の「局所」点で隆起およびばらばらの粒子を吸収することができる。したがって、支持部を移動させることができるために、たとえば粒子トラップによりばらばらの粒子が効果的に除去されるまでに、軸受面に溝を付けることなく、ばらばらの粒子が2つの荷重軸受面間に吸収される。支持部材は対向面側へ偏倚して、凹凸が除去された後または支持部を通過した後に、支持部が戻って対向面に接触することができるようになっている。

30

## 【0024】

また、局所可撓面により、対向する軸受が各接触面間の接触領域をさらに大きく維持することができる。これは、応力の高い接触領域をなくすのに有利である。たとえば、図1のシャフトを中心軸以外の軸の周りで曲げようとすると、中心軸から最も遠い、シャフトに隣接する点にある支持部材が、他の支持部材よりも大きく曲がる。これらの支持部材が曲がるので、高い接触圧力が多数の支持部材に分配される。これにより、従来の軸受の場合よりも、最高接触圧力を低くすることができます。このように接触圧力が低いと、磨耗および摩擦を生じさせる溝付けおよび隆起の相互作用に関連した問題の重大さが弱まる。この点で、局所可撓面を使用して「全体可撓」面を形成することができる。

40

## 【0025】

50

前記したように、局所可撓面は、磨耗および摩擦の複数の原因に対処する。以下で、ばらばらの粒子による軸受の溝付けや隆起の相互作用による軸受の損傷を含むこれらの原因の一部について、さらに詳細に説明する。溝付けは図 5 A に示され、ここでは、2 つの従来の軸受 4 8 が互いに摺動し、凝集した粒子 5 4 が軸受間に詰まっている。2 つの対向する従来の軸受 4 8 間の隆起 4 4 の相互作用は、図 5 B に示される。

#### 【 0 0 2 6 】

溝付けでは、粒子 4 2 または凝集した粒子 5 4 が軸受 4 8 内に詰まり、軸受が互いに摺動する際に互いに押圧されるので、摩擦損傷を生じさせる。軸受 4 8 が互いに摺動を続けると、摺動により粒子が軸受に沿って引きずられて、最も一般的には溝 5 0 の形状の更なる損傷を生じさせる。磨耗損傷の発生に加えて、溝 5 0 や溝により生じる粗面を生成するプロセスにより、軸受間で受ける摩擦量が増加する。

#### 【 0 0 2 7 】

粒子は、軸受に溝を付けると、軸受から離れることのできる更なる磨耗粒子 4 2 を生成する。この新しい粒子は凝集してより大きな粒子になり、更なる溝付け損傷を生じさせるおそれがある。この現象が続くと、軸受面の一方で剥離が生じる。剥離とは、軸受面の一方から材料がシート状に外れることである。剥離は軸受面に害を与えて重大な磨耗を生じさせ、摩擦を著しく増加させ、場合によっては軸受の突発故障さえも引き起こす。

#### 【 0 0 2 8 】

隆起 4 4 ( 本明細書中でこの用語を使用 ) は、図 5 B に示すように、軸受 4 8 上のある平面に存在する小さな突起である。軸受が互いに押圧されると、これらの小さな隆起の多くが、対向軸受の隆起 4 4 に接触する。隆起の相互作用がある平面で生じて軸受間の接触力を支持すると、さらに大きな隆起によって表面間の摩擦および磨耗がますます生じるようになる。隆起 4 4 は、相互作用すると軸受から離れてばらばらの粒子 4 2 になる。大部分の隆起の大きさは、幅が 1 ~ 5 ミクロンであるが、0.5 ~ 30 ミクロンになることがある。軸受が互いに移動するときに表面から離れて軸受間に残る隆起は、凝集してより大きな粒子になり、溝付け現象を引き起こす。凝集した粒子 5 4 の大きさは、5 ミクロン ~ 数百ミクロンになる可能性がある。溝付けを生じさせるおそれのある他の異物破片粒子の大きさは、一般に 20 ~ 80 ミクロンである。

#### 【 0 0 2 9 】

本発明の軸受と支持部との間に、ばらばらの粒子、隆起、異物破片、その他の表面欠陥等の凹凸を吸収するために、1 つまたは複数の支持部材 2 8 は、たとえば図 2 A に示すように曲がることができる。したがって、凹凸の溝付けまたは結合を生じさせる代わりに、軸受が、局所面上ではあるが、単に移動して凹凸を吸収する。あるいは、またはさらに、ばらばらの粒子が、隣接する支持部材 2 8 間に配置される間隙 5 6 の 1 つに落下する。このような間隙 5 6 に入ると、粒子が軸受に損傷を与える傾向が減少する。粒子が間隙に落下しない場合、最終的に端部から出ることにより軸受間から除去される。

#### 【 0 0 3 0 】

図 2 A の支持部材の端部の拡大斜視図が、図 2 A の線 6 - 6 に沿って取った図である図 6 に概略的に示される。ここでは、局所可撓面 4 0 が、このような端部を有する、基部 3 0 から垂直に延びる複数の支持部材 2 8 を含む。大部分の実施形態では、支持部材の横断面は正方形で、長さは幅の約 3 ~ 15 倍であるが、他の多くの形状が本発明により考慮されるので、本発明はこの形状に限定されない。支持部材は離間して、間に間隙 5 6 を画定する。間隙 5 6 の寸法は、支持部材自体の寸法とほぼ同一である。

#### 【 0 0 3 1 】

図 7 に示すような別の実施形態では、隣接する支持部材により画定される間隙 5 6 内に材料 5 8 が配置される。この材料は、間隙 5 6 の一部にあっても全部にあってもよい。本発明はこれに関して限定されないので、材料はすべての間隙を満たすことができ、一部の間隙のみを満たすこともできる。材料は、部材 2 8 をさらに支持する要素を含むことができる。材料は、内部に詰まつたばらばらの粒子が蓄積するのを防ぎ、支持部材が曲がるのを防ぐ物質を含むこともできる。このような物質は、支持部材の曲げに悪影響を与えないよ

10

20

30

40

50

うな柔軟性の高い材料とすることができる。他の実施形態では、材料が、ある期間にわたって軸受に分配される潤滑油を含むことができる。この分配は、軸受で発生した熱により潤滑油の粘性が変化して潤滑油が軸受側へ移動するので、または他の公知の機構により、支持部材が磨耗すると自然に行われる。

【0032】

本発明の種々の実施形態、特に、局所可撓内面を有する図2の円筒軸受に戻る。この構成は、軸受24が図示した別の物体22により保持されているときに、軸受24に対して回転かつ／または平行移動するシャフト20を支持するためのものである。図3および4は、同様に局所可撓面40を持つ円筒軸受の代替実施形態を示す。図3の実施形態は、円筒外面46に局所可撓面を有する。この軸受は、シャフトの外面に保持されて共に移動し、軸受外面に接触する物体22との間の回転または平行移動を支持する。図4の実施形態は、図2および3に示す特徴を含む。この実施形態の局所可撓面40は、円筒内面と円筒外面とを含む。この軸受は、シャフト20と、別の物体（図示せず）の円筒内面との間に配置され、シャフト20と軸受24と物体との間の相対平行移動および／または回転を支持する。この軸受は、シャフト20の表面と物体22の表面との間で浮動するように構成される。これらの軸受の局所可撓面40は従来の軸受またはシャフトに接触するように設計されるが、別の軸受を局所可撓面に接触させることもできる。

10

【0033】

図3および4の実施形態の円筒外面は、直線状の、基部に対して非垂直の支持部材を有する。図2および3の実施形態の円筒内面32は、基部30にやや垂直に位置合わせされた末端部62を持つ「くの字」型の支持部材を有する。くの字型部材の第1の部分60は、ほぼ一定の断面積を有し、基部30に近くなるほど断面が大きくなる間隙56を支持部材間に生成する。これにより、内部に詰まるばらばらの粒子42を保持するためのより大きなスペースが提供される。これらの軸受は、特定の局所可撓面40と共に示されるが、軸受が本発明の他の態様による局所可撓面を含むことも考えられる。

20

【0034】

図2～4に示す実施形態は、支持部材の異なる実施形態を示すが、これらの支持部材はさまざまな形状をとることができる。また、局所可撓面を含む多数の非常に小さな支持部材を有することが一般に好ましいことに注目されたい。しかし、特定の荷重要件を持つ適用、またはより大きなばらばらの粒子にさらされることが予想される適用では、支持部材をより少なく、かつ／またはより大きくすることが有利となる。さらに、多数の小さな支持部材の製造に関連する費用により、他の実施形態が望ましいものとなる。一実施形態では、支持部材が、末端で約0.4mm×0.4mmの正方形の断面積を有し、他の実施形態では、支持部材が2mm×2mmまでの断面積を有することができる。さらに、大部分の支持部材の長さは、幅の3～15倍である。本発明はこれに関して限定されないので、他の適宜の大きさの支持部材を使用することもできる。

30

【0035】

図8Aに示すように、一実施形態では、支持部材が、第1の直線部60と、第2の末端の直線部62とを含む「くの字型」として形成される。これらの直線部60、62の各々は、基部30に垂直に位置合わせされるか、またはいずれも基部に対して非垂直とする。くの字型の第1の部分と第2の部分の断面積は、同一の長さおよび断面積であっても、一方または両方に関して、一方が他方より大きくなっていてもよい。支持部材の端部64が基部30に対して非垂直である場合、端部の楔形側面66は、ばらばらの粒子42を軸受から離して間隙56内へ押入することにより軸受間から粒子42を除去するのに役立つ。対向軸受との間に鋭角を形成する端部の側面68は、ばらばらの粒子42が対向軸受と端部64との間に押し込まれるときに、支持部材28の曲げを促すのに有用である。楔形側面および鋭角を形成する側面の形状は、支持部材28の側面を斜めに切ることにより、または面取りすることにより形成することができ、あるいは、本発明はこれに関して限定されないので、異なる方法で支持部材を整えることにより形成することもできる。

40

【0036】

50

図 8 B は断面積が変化する支持部材を示す。断面積の変化は、特定の適用に望ましい曲げ特性を達成する助けとなる。断面積の変化により、支持部材の端部 6 4 が対向軸受に長時間接触して磨耗を受けるときに、端部 6 4 の断面積を大きくすることができる。端部 6 4 が磨耗して支持部材の長さが短くなると、末端の対応する面積 7 0 が増加する。これが多くの支持部材で発生すると、局所可撓面の正味面積が増加する。この面積の増加により、各支持部材が受ける接触圧力が低下し、その後に受ける磨耗率が低下する。支持部材は、一部には片持ち構成および角度付き構成により対向面側に曲がる傾向があるため、長さが短くなっても対向面を支持することができる。

#### 【 0 0 3 7 】

支持部材 2 8 の更なる実施形態が図 8 C および 8 D に示される。図 8 C は、基部 3 0 に非垂直に位置合わせされた支持部材を示し、図 8 D は、円弧形 7 2 を含む支持部材を示す。これらの支持部材の末端を、垂直または非垂直の方向に沿って基部から離れた位置に配置することができる。円弧形 7 2 は、特定の適用に合うように、一定の曲率あるいは複合曲率を含む。本明細書中に記載された実施形態の支持部材 2 8 を他の同一形状の支持部材と共に使用することができ、または本発明により記載または考慮された支持部材の組合せと共に使用することもできる。支持部材の形状の種々の例が示されているが、本発明はこれに関して限定されず、他の適宜の形状の支持部材が使用されることを理解すべきである。また、末端が移動して隆起または粒子を吸収することができるのであれば、支持部材を基部から適宜の方向へ延ばすことができる。したがって、ある実施形態では、支持部材が基部に対して特定の角度 20 で示されるが、支持部が対向面側へ、かつ対向面から離れて移動、たとえば曲がることができれば、どのような角度を使用してもよい。

#### 【 0 0 3 8 】

これらの支持部材は各々、限定されないが、アルミニウム、真鍮、青銅、鋼、チタン、ニッケル等の金属、ポリマー、エラストマー、ナイロン等の非金属、または合成物を含む種々の材料で製造することができ、材料が所望の曲げ特性を呈するものであれば、本発明はこれに関して限定されない。

#### 【 0 0 3 9 】

本発明の種々の実施形態を適宜の方法を通して製造することができる。これらの方法のいずれかを使用して、使用される異なる支持部材形状、使用される異なる支持部材材料、または支持部材間の間隔を組み合わせることにより生じる特定の特性を持つ局所可撓面を形成することができる。

#### 【 0 0 4 0 】

一実施形態では、図 2 ~ 4 に示すように、複数の薄型ワッシャ状円板または板 7 4 が積み重なって、支持部材を含む軸受を形成する。薄板 7 4 の積重ね 8 2 から軸受を形成することは、ある利点を提供する 1 つの方法である。たとえば、積み重なった板から形成された軸受の形状は容易に調節することができる。設計者は、すでに設計された薄板構造 7 4 の構成を整えることにより、軸受を容易に構成することができる。軸受がある長さ等の寸法を持つことが望ましい特定の適用では、設計者は特定の長さに対応するのに薄板 7 4 が何枚必要であるか、また板がどのタイプの支持部材 2 8 を持つべきかを判断するだけでよい。この実施形態では、他の実施形態と同様に、厚さが変化する板 7 4 、異なる材料から作られた板 7 4 、および / または異なるタイプもしくは形状の支持部材 2 8 を持つ板を組み合わせて、軸受の異なる全体特性を提供することができる。たとえば、最も外側の板 7 8 に関連する支持部材の柔軟性がより高ければ、シャフト 2 0 は、シャフトの中心軸以外の軸を中心に曲がることができる。この効果は一部の適用において望ましい。他の適用では、逆の効果、すなわち、より硬質の支持部材を軸受の外縁部 8 0 近くに配置してこのような移動を防ぐことが望ましい。他の製造プロセスから製造された局所可撓軸受も、同様の効果を達成することができる。

#### 【 0 0 4 1 】

図 2 ~ 4 は、同様の支持部材を側部に持つが、支持部材 2 8 が逆方向に延びる状態で積み重なった、隣接する板を示す。この代替支持部材構成は、基部 3 0 から異なる方向に延び

る支持部材のマトリックスを生成する。この特定の構成は、隣接する板側へ曲がる支持部材 28 が、この場合、短い距離だけ曲がると別の支持部材に接触する可能性があることを意味する。支持部材 28 が板に平行な方向に曲がると、移動する距離が長くなる。このようにして、支持部材 28 は異なる方向に別々に移動するよう構成される。支持部材の断面形状を修正しても、同様の結果が得られる。たとえば、矩形の断面は、縁部 80 に垂直な種々の方向へ向かう異なる曲げ特性を有する。勿論、本発明はこれに関して限定されず、支持部材が同一の方向に延びていてもよい。

#### 【 0 0 4 2 】

図 2 ~ 4 の実施形態は、積み重なった薄板を含み、各薄板から支持部材 28 が延びているが、他の実施形態は隣接する板間にスペーサ板（図示せず）を含むことができる。各支持部材のすべての側面に空間を形成するだけで、他の技術を通して製造された実施形態において同一の効果を達成することができる。この実施形態により、支持部材 28 がある方向にさらに容易に曲がるようになる。図 6 に示す実施形態は、支持部材 28 の 4 つの側面に配置された間隙 56 を有する。他の実施形態は、間隙が軸受の一縁部から軸受の反対側の縁部まで連続して延びるよう構成される。このような構成により、間隙に容易に接近して蓄積した粒子を除去することができるようになる。

#### 【 0 0 4 3 】

積み重なった薄板を含む特定の実施形態の特定の利点について説明する。しかし、これらの同一の利点その他は、他の技術を通して製造された局所可撓構造によっても得ることができる。これらの技術は、たとえば、機械加工、ワイヤ放電加工、剪断、レーザ切断、水切断を通して、一体構造から材料を除去することにより、局所可撓面を全体的または部分的に製造することを含む。他の製造方法を通して、光造形、3D印刷、鋳造等の材料添加プロセスにより、局所可撓面を定位置に形成することができる。他の実施形態を材料の打抜きまたは曲げにより形成することもできる。また、本発明により記載かつ考慮された種々の実施形態は、薄板構造と同様に、局所可撓面を画定する部品の組立てを含む。要素の組立てにより形成される局所可撓面の別の例は、支持部材が別々の要素により基部に取り付けられる実施形態を含む。これらの要素は、ゴム、プラスチック、または他の適宜の材料から製造することができ、実際には、後述するように、支持部材を曲げることのできる要素とすることができます。いくつかの製造プロセスについて説明したが、本発明は本明細書中に記載した構成またはプロセスに限定されるものではないので、他の適宜のプロセスを使用することもできる。

#### 【 0 0 4 4 】

図 9 は、本発明の別の態様による直動軸受 86 の概略図である。軸受 86 は、一方向への平行移動を案内する U 字型断面 84 を含む。しかし、本発明はこれに関して限定されないので、他の実施形態は、物体 87、89 が複数の方向に互いに平行移動できるような平面軸受を単に含むことができる。円筒軸受 24 と同様に、直動軸受 86 が物体 87、89 のいずれかに固定して取り付けられ、すなわち 2 つの物体間で浮動することができる。また、直動軸受 86 は、物体の一方にそれぞれ取り付けられた一対の軸受を含む。直動軸受 86 は、物体 87、89 間の連続接触または間欠接触に対応するように設計される。たとえば、間欠接触では、第 1 の物体は、縁部の 1 つを通過して平行移動することにより第 2 の物体から完全に滑り落ちる適用にあり、または第 1 の物体は、軸受から離れて垂直に上昇する適用にある。

#### 【 0 0 4 5 】

前記した実施形態に関連する特徴を直動軸受構成に組み込むことができ、直動軸受構成をこれらの特徴に組み込むこともできる。たとえば、図 10 に示す実施形態は、各々複数の支持部材 28 を有し、局所可撓面 40 を持つ直動軸受を形成する、積み重なった複数の板 74 を含む。この軸受は従来の軸受 48 に対向して示されるが、別の局所可撓面 40 に対向することもできる。図 10 に示される特定の軸受により、局所可撓面に平行な方向へ平行移動または回転することができる。他の実施形態は、この移動を制限する特徴、または更なる移動を可能にする特徴を組み込む。この更なる移動は、1 つの軸受 86 を他の

10

20

30

40

50

軸受に対して傾斜させることを含む。

【0046】

軸受を形成する板を、適宜の技術を使用して互いに取り付けることができる。一実施形態では、図10に示すように、各板74の孔88が、板同士を合わせ、かつ／または固定するためのだぼ、リベット、もしくはねじを受けることができる。本発明はこれに関して限定されないので、タブ、薄板縁部の凹部、薄板側部に配置された突起、または接着剤、溶接、杭等の他の特徴を使用して、板同士を取り付けることができる。図示した板74は板同士を保持するのに使用することのできる固定特徴を持つが、他の適用では、板74同士を固定する必要はない。適用によっては、動作中に板74を互いに相対移動させることもできる。さらに、他の適用は、一体型材料から形成された局所可撓面を含み、これにより板同士を取り付ける必要がなくなるが、本発明はこれに関して限定されない。

【0047】

図11は、局所可撓面40のさらに別の実施形態を示す。ここでは、図2の実施形態が、局所可撓面に配置された螺旋状の溝90と共に示される。これらの溝は、ばらばらの粒子42を軸受間から除去するのを助ける粒子トラップの一形状である。シャフト20が局所可撓面に対して回転すると、粒子42は溝90に落下することができ、その後軸受24の一側で捕捉され、または押し出されて除去される。この溝は、大きすぎて支持部材28間に配置された間隙56に入ることのできない異物粒子42を除去するのに役立つ。図示した溝は、一側から他側へ連続して延びる螺旋状であるが、溝はこの形状に限定されない。本発明は特定の形状に限定されないので、溝90は直線状であってもよく、または軸受間に配置された粒子42を除去するのに役立つ他の形状を含んでいてもよい。さらに、溝は軸受の一側から他側に完全に延びる必要はない。たとえば、溝90は、中央近くから始まって一方の側面側へのみ延びていてもよく、または表面の中心近くから軸受の交互する側面側へ延びる複数の溝があってもよい。図示した溝90は円筒軸受24と関連するが、本発明はこれに関して限定されないので、直動軸受86または他の軸受構成に溝90を設けてもよい。

【0048】

図12は、図2～4、10および11に示したものとは異なる方法で製造された実施形態の構成を示す。この軸受24は、積み重なった複数の板74を含まず、複数の支持部材28が局所可撓面40を形成するようになっている、1つの固体の一体型材料を含む。この軸受の局所可撓面は、円筒の中心軸に平行な多数の溝92を切ることにより形成される。多数の薄片94が、円筒の中心軸に垂直に、溝に交差して、基部30の内側に延びる多数の支持部材28を作るように形成される。本実施形態では、局所可撓面40が、内面32の全体ではなく一部のみを含む。内面全体、外面46の一部、または所望の他のタイプの軸受の面を含む、他の実施形態を作成することもできる。この特定の軸受の実施形態を、荷重を一方向のみに加える適用に使用することができる。この場合、軸受の対向する内面96が、大きな力が加わることのない従来の軸受面を含む。本実施形態の円筒外面46は、軸受が取り付けられる物体に対する軸受の方向を固定するためのキー溝98を含む。本発明はこれに関して限定されないので、このキー溝、または同一の効果を達成する他の特徴を、本発明の他の実施形態に組み込むことができる。

【0049】

図13は、図12に示すものと同様の局所可撓面を持つ、試作品の軸受と、従来の軸受との両方について行った実験の結果を示す。試作品の軸受および従来の軸受は、いずれも同一のアルミニウムと青銅の合金材料から製造された。各軸受内で回転する、硬化1060鋼から製造されたシャフトを通して、各軸受に500ニュートンの正味荷重が加えられた。実験が進むにつれて、摩擦に関連するトルクが各軸について測定された。図13は、実験時間中に変化した、各軸受に関連するトルクを示す。各実験における図12の軸受に関連する摩擦トルク値は、ある時間にわたってほぼ一定のままであった。しかし、従来の軸受に関連する摩擦トルクは、比較的短時間の経過後に劇的に増加した。この増加は、過度の磨耗、隆起の相互作用、または他の凹凸、および最終的に従来の軸受の故障に関連する

10

20

30

40

50

。直径0.4mm未満の粒子から構成される砂混合物を従来のブッシングおよび試作品のブッシングに加えた更なる実験を行った。この実験では、図12の軸受が受ける摩擦トルクが増加したが、軸受は故障しなかった。従来の軸受は、砂混合物が導入された直後に動かなくなった。

#### 【0050】

図14は、要素の組立てにより形成された軸受の別の実施形態を示す。この例では、対向軸受面が従来のシャフト20を含む。円筒軸受が、エラストマー配合物100（合成ゴム、ネオプレン、軟質プラスチック等）内に配置された一連の荷重軸受支持部材28を含む。一実施形態では、支持部材がエラストマー配合物内で成型される。このエラストマー配合物は、金属管等の固体の外側基部30に結合される。支持部材28が傾斜して配置される場合、または支持部材がシャフト20に垂直に配置される場合に、この実施形態により局所的な可撓性が得られる。エラストマー配合物100は柔軟性があり、かつ軽い圧縮性があり、各支持部を周囲の支持部材から独立して移動させることができるので、局所的な可撓性が達成される。このタイプの設計は、支持部材を非常に小さくして、多数の支持部材と対応する接触点とを設けることができるので、極めて高い荷重に適している。さらに、支持部材の断面領域が基部30またはエラストマー配合物100のより広い領域に接触可能であるため、各支持部材28にかかる荷重を他の実施形態よりも広い領域に分配することができる。すなわち、支持部材の面積は×ピンの直径の2乗であるが、支持部材28が基部30に結合される部位は、支持部材28の周囲の長さ×埋設された支持部材28の長さとすることができる。

10

20

30

40

50

#### 【0051】

本発明の他の実施形態は、転がり接触軸受に適用される局所可撓面を含むことができる。このような軸受は、主に転がり接触用に設計されているが、摩擦および磨耗が最小レベルである摺動部品を有する。局所可撓面の適宜の適用を転がり接触軸受に使用して、磨耗および摩擦を低減することができると共に、おそらくシステムがより頑強になり、衝撃荷重に対する耐性ができる。

#### 【0052】

本発明の複数の実施形態について詳細に説明したが、当業者は種々の修正および改良を容易に行うことができるだろう。このような修正および改良は、本発明の精神および範囲内に含まれる。したがって、前記した説明は単に例として挙げたものであって、限定するものではない。本発明は、頭記の特許請求の範囲およびその等価物により定義されるものとしてのみ限定される。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0053】

【図1】本発明の一態様による円筒軸受の概略図である。

【図2】本発明の別の態様による、局所可撓面を含む内面を有する円筒軸受の斜視図である。

【図2A】軸受の概略端面図である。

【図3】本発明のさらに別の態様による、局所可撓外面を有する円筒軸受の斜視図である。

【図4】本発明のさらに別の態様による、局所可撓内面および外面を有する円筒軸受の斜視図である。

【図5】図5Aは、2つの対向軸受面間の溝付けの斜視図である。図5Bは、2つの対向軸受面間の隆起の相互作用の斜視図である。

【図6】本発明の態様による、軸受に形成された複数の支持部材を示す、図2Aの線6-6に沿って取った概略図である。

【図7】本発明の別の態様による、支持部材により画定された間隙に材料が配置された状態の、軸受に形成された複数の支持部材の概略図である。

【図8】図8Aは、本発明の態様による、軸受に形成された支持部材の実施形態の概略図である。図8Bは、本発明の態様による、軸受に形成された支持部材の実施形態の概略

図である。図8Cは、本発明の態様による、軸受に形成された支持部材の実施形態の概略図である。図8Dは、本発明の態様による、軸受に形成された支持部材の実施形態の概略図である。

【図9】本発明の1つの態様による、直動軸受の概略図である。

【図10】本発明の別の態様による、局所可撓面を有する直動軸受の斜視図である。

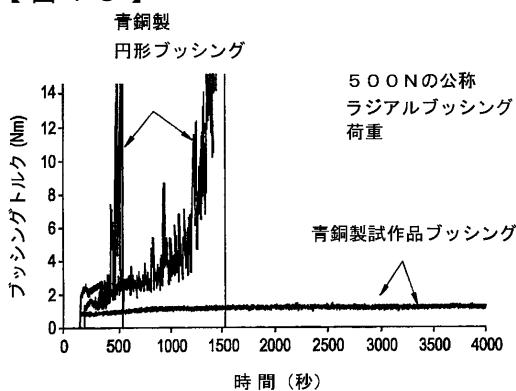
【図11】本発明の態様による局所可撓軸受の概略図である。

【図12】本発明の別の態様による、局所可撓面を有する円筒軸受の斜視図である。

【図13】図12に示す実施形態により一部が得られる実験結果のグラフである。

【図14】本発明の態様による、別の実施形態の概略横断面図である。

【図13】



## 【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau(43) International Publication Date  
19 December 2002 (19.12.2002)

PCT

(10) International Publication Number  
WO 02/101252 A1

(51) International Patent Classification': F16C 33/26 (74) Agent: FERRARO, Neil, P.; Wolf, Greenfield &amp; Sacks, P.C., 600 Atlantic Avenue, Boston, MA 02210 (US).

(21) International Application Number: PCT/US02/18383

(22) International Filing Date: 11 June 2002 (11.06.2002)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:  
60/297,427 11 June 2001 (11.06.2001) US  
60/363,696 12 March 2002 (12.03.2002) US

(71) Applicant (for all designated States except US): TRI-BOTEK, INC. [US/US]; 179 Sidney Street, Cambridge, MA 02139 (US).

(72) Inventors: and

(75) Inventors/Applicants (for US only): SUH, Nam, P. [US/US]; 34 Maynard Farm Road, Sudbury, MA 01720 (US); SWEETLAND, Matthew [US/US]; 179 Sidney Street, Cambridge, MA 02139 (US); BOWERS, Donald, D. [US/US]; 179 Sidney Street, Cambridge, MA 02139 (US).

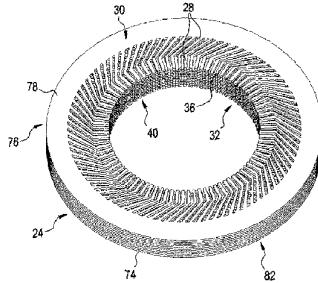
(81) Designated States (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, IIR, IIU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, ME, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) Designated States (regional): ARIPO patent (GIL, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TI, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:  
with international search report

[Continued on next page]

(54) Title: CONTACT BEARING



WO 02/101252 A1

(57) Abstract: A bearing (24, 86) adapted to support and allow controlled relative movement with an opposed bearing surface. The bearing is constructed to have a long life by incorporating a locally compliant surface that addresses many causes of friction and wear. The bearing (24, 86) includes a plurality of support members (28) extending from a base. Together, the plurality of support members (28) can support a load applied perpendicular to the base through an opposed bearing. Additionally, the plurality of support members (28) can move independently to accommodate irregularities located between the support member and the opposed bearing, such that plowing is reduced and wear to the bearings is minimized. Also, the support members (28) maintain the distance between the opposed bearing when any foreign particle or asperity causes one or more of the support members to flex independently on a localized basis.

---

**WO 02/101252 A1** 

*For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.*

WO 02/101252

PCT/US02/18383

- 1 -

**CONTACT BEARING****CROSS REFERENCE TO RELATED APPLICATIONS**

This application claims the benefit of U.S. Provisional Patent Application Nos. 5 60/297,427 filed June 11, 2001 and 60/363,696 filed on March 12, 2002.

**FIELD OF THE INVENTION**

The present invention relates to a contact bearing and more particularly to a sliding contact bearing with an increased service life.

10

**BACKGROUND OF INVENTION**

Bearings are used in a wide variety of applications. Representative example applications include simple door hinges, internal combustion engines, heavy duty construction equipment, other applications that subject a bearing to corrosive materials, 15 abrasive particles, and non-lubricated environments. In these applications and others, bearings support contact forces between connected objects while allowing the objects to move relative to one another, either through linear motion, rotational motion, or a combination thereof.

Wear is the degradation that can occur to a bearing through extended use. Wear 20 is often associated with an increase in friction, which is the resistance to relative motion between objects. Many causes of friction also contribute to wear, including loose particles plowing into the bearing, and asperity interactions at the surfaces of the bearing. These causes can also lead to bearing failure, and/or increased friction throughout the life of a bearing.

25 Prior art bearings are known that address plowing by providing one surface much softer than the surface it contacts. Having one surface much softer reduces friction by allowing the majority of plowing to take place in the softer material. In this respect, cutting grooves (plowing) in the softer material requires less energy than cutting grooves into very hard materials, so the resulting friction force is less. To a lesser extent, making 30 one surface softer may allow a loose particle to be embedded into the softer surface and therefore be substantially removed from the interface between the surfaces. Prior art bearings also reduce plowing by introducing particle traps that reduce the amount of particles between bearing surfaces by allowing the particles to collect away from the

- 2 -

bearing surface. Asperity interactions have been addressed in the prior art by reducing the amount and severity of asperity interactions that exist through improved bearing surface finishes.

Plowing or asperity interactions are not as problematic for some types of 5 bearings. For instance, plowing and asperity interactions are less of a concern for hydrodynamic bearings which do not normally make direct contact with each other during operation.

#### SUMMARY OF THE INVENTION

10 The bearing of the present invention is adapted to support an opposed bearing surface for controlled relative movement. The bearing is constructed to have a long service life by addressing some causes of wear that can reduce bearing life. The bearing may include one or more features, each independently or in combination, that contribute to prolonged bearing life and lower friction.

15 In one embodiment, a contact bearing includes a base, and a plurality of cantilevered support members. Each support member has a first end directly or indirectly attached to the base and a second, free end, extending from the base. The second end is constructed and arranged for sliding contact with an opposed bearing surface. The plurality of support members are constructed and arranged to support the 20 opposed bearing surface and each second end is constructed and arranged to move to accommodate any irregularities, such as loose particles, between the second end and the opposed bearing surface.

In another embodiment, a contact bearing includes a base, and a plurality of 25 support members extending from the base. The support members are constructed and arranged to support an opposed surface and allow sliding contact. The plurality of support members are also constructed and arranged to support the opposed surface at a fixed distance from the base. Each of the plurality of support members is capable of moving independently of each other, whereby when at least one of the plurality of support members moves, the others of the plurality of support members maintains the 30 opposed surface substantially at the fixed distance.

In yet another embodiment, a contact bearing includes a plurality of plates, the plates being arranged in a stacked configuration such that a surface of one plate is arranged adjacent a surface of another plate. Each plate includes a base and a plurality of

- 3 -

support members extending from the base. The support members are constructed and arranged to support an opposed surface through sliding contact.

Also disclosed is a method of accommodating asperities in a contact bearing. The method includes providing a plurality of first sliding contact bearing surfaces in direct contact with a second sliding contact bearing surface, and flexing at least one of the first sliding contact bearing surfaces with respect to the second sliding contact bearing surface. Flexing the surfaces such that at least one of the first sliding contact bearing surfaces moves out of direct contact with the second sliding contact bearing surface accommodates any asperities or particles between the first and second surfaces.

Another method of manufacturing a contact bearing is also disclosed. The method includes forming a plurality of plates, each having a base, opposed first and second surfaces, and a plurality of support members extending from the base. The support members are constructed and arranged to support an opposed bearing surface through sliding contact. The plates are stacked adjacent one another such that a surface of one plate is arranged adjacent a surface of another plate.

Also disclosed is a method of reducing contact pressure in a bearing. The method comprises, providing a first sliding contact bearing surface in direct contact with a second sliding contact bearing surface. The first sliding contact bearing surface bearing having at least one flexing portion, and flexing the at least one flexing portion in response to a corresponding movement of the second sliding contact bearing surface, such that the first contact bearing surface conforms substantially to the flexed shape of the second sliding contact bearing surface.

In another embodiment, a bearing surface shaped to support a moving member is disclosed. The bearing surface includes a plurality of individual surface segments spaced adjacent to one another to form a uniform bearing surface, and means individually supporting said surface segments normally to said uniform bearing surface and for movement from said uniform bearing surface under localized forces.

Various embodiments of the present invention provide certain advantages and overcome certain drawbacks of prior contact bearings.

Embodiments of the invention may not share the same advantages, and those that do may not share them under all circumstances. This being said, the present invention provides numerous advantages including the noted advantage of increased service life and/or high performance characteristics.

- 4 -

Further features and advantages of the present invention, as well as the structure of various embodiments, are described in detail below with reference to the accompanying drawings.

5 **BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS**

Various embodiments of the invention will now be described, by way of example, with reference to the accompanying drawings, in which:

Figure 1 is a schematic representation of a cylindrical bearing according to one aspect of the invention;

10 Figure 2 is a perspective view of a cylindrical bearing having an inner surface comprising a locally compliant surface according to another aspect of the invention;

Figure 2A is a schematic end view of a bearing;

Figure 3 is a perspective view of a cylindrical bearing having a locally compliant outer surface according to yet another aspect of the invention;

15 Figure 4 is a perspective view of a cylindrical bearing having both inner and outer locally compliant surfaces according to still another aspect of the invention;

Figure 5A is a perspective view of plowing between two opposed bearing surfaces;

20 Figure 5B is a perspective view of asperity interaction between two opposed bearing surfaces;

Figure 6 is a schematic view taken along lines 6-6 of figure 2A, showing a plurality of support members formed on a bearing according an aspect of the invention;

Figure 7 is a schematic representation of a plurality of support members formed on a bearing with material disposed in the gaps defined by the support members according to another aspect of the invention;

25 Figures 8A-8D shows schematic representations of several embodiments of the support members formed on a bearing according to several aspects of the invention;

Figure 9 is a schematic representation of a linear bearing according to one aspect of the invention;

30 Figure 10 is a perspective view of a linear bearing having a locally compliant surface according to another aspect of the invention;

Figure 11 is a schematic representation of a locally compliant bearing according to an aspect of the invention;

- 5 -

- Figure 12 is a perspective view of a cylindrical bearing having a locally compliant surface according to another aspect of the invention;  
Figure 13 is a graph of experimental results obtained in part with the embodiment shown in Figure 12; and  
5 Figure 14 is a cross section schematic of another embodiment according to an aspect of the invention.

#### DETAILED DESCRIPTION

- The bearing of the present invention is adapted to support and allow controlled relative movement with an opposed bearing or bearing surface. The bearing is 10 constructed to have a long life by incorporating a locally compliant surface that addresses many causes of friction and wear. The bearing may include one or more features, each independently or in combination, contributing to prolonged bearing life and/or lower friction throughout the life of the bearing.
- 15 In one aspect, the bearing comprises a plurality of support members extending from a base. Together, the plurality of support members can support a load applied to the base through an opposed bearing or surface. Additionally, the plurality of support members allow sliding contact between the opposed bearings. The support members can move independently to accommodate irregularities, such as asperities or loose particles
- 20 located between the support member and the opposed bearing, such that wear is minimized, as will be explained below. Portions of the plurality of support members may also move together to help minimize contact pressure between the opposed bearings when portions of the bearings are pressed toward one another.
- 25 In one embodiment, the bearing may be constructed and arranged to maintain an opposed bearing at substantially the same distance in a direction perpendicular to the base of the bearing, yet reduce the propensity of wear. This may be accomplished by providing a bearing having a plurality of support members to support the opposed bearing surface, the majority of the support members maintaining the distance between the opposed bearing when a loose particle or asperity causes one or more of the support
- 30 members to flex.
- In one embodiment, the bearing may have a plurality of support members attached to a base and may be constructed by placing a plurality of plates together. Each plate may have support members extending from a side.

- 6 -

Turning now to the figures and in particular figure 1, an embodiment and an application for the present invention are shown. Figure 1 shows a shaft 20 mounted within an object 22 through a cylindrical bearing 24. The shaft may rotate about its central axis 26 or may slide along its central axis relative to the object 22. The bearing 24 aids relative movement between the shaft and the object by providing a surface that reduces frictional properties. The bearing 24 may also be removed and replaced, which can eliminate the need to replace an entire shaft or mating object when one of the sliding surfaces 21 are damaged or worn. The bearing 24 of figure 1 may be fixedly attached to the shaft 20, the object 22, or allowed to float relative to both the shaft and the object. It 5 may comprise a complete cylindrical section; however, the bearing can also comprise multiple sections that together form a complete or partial cylinder. Additionally, there may be a pair of two separate bearings arranged concentrically, the first bearing fixedly attached to the shaft 20 and movable with respect to the second bearing, fixedly attached to the object 22.

10 The bearing allows sliding contact to occur in a controlled manner. By controlled manner, it is meant that motion in certain directions is allowed while it is prevented or limited in other directions. For instance, the cylindrical bearing 24 of figure 1 allows rotation about the central axis 26 of the shaft 20 and translation along the same axis but generally prevents or reduces transverse movement or bending in other directions. Other 15 embodiments may limit one of these movements with the addition of other features, such as a pair of stops (not shown), that prevent the shaft from translating through or rotating relative to the object.

To accommodate irregularities, a plurality of independently movable supports 20 comprise an embodiment of a bearing, such a bearing is shown in figure 2, which shows a matrix-like arrangement of support members 28 extending from a base 30. The support members cooperate to form an inner surface 32 of the cylindrical bearing 24. Each of the support members 28 comprise a first end 34 attached to the base and a distal end 36 adapted for contacting an opposed bearing. The opposed bearing may be a cylindrical shaft (not shown) passing through the center of the bearing. All of the support members 25 together serve to support and control the shaft in sliding contact. However, the independent support members 28 provide a locally compliant surface 40 with the ability to allow loose particles to be accommodated to reduce damage suffered from plowing, and/or to prevent damage incurred from contact between surface asperities or other 30

- 7 -

irregularities. The term "locally compliant" as used herein means that support members 28 may move independent from one another to accommodate any irregularities, such as loose particles or asperities 44 between the bearing and the opposed surface. In this manner, the locally compliant surface can support an opposed bearing surface while 5 moving to accommodate asperities and loose particles at "local" points on its surface. Thus, by allowing the supports to move, loose particles are accommodated between two load bearing surfaces without plowing into either bearing surface until the loose particle can be effectively removed, for instance, through a particle trap. The support members are biased toward the opposed surface, such that after the irregularity is removed or 10 passes the support, the support can move back in contact with the opposed surface.

A locally compliant surface also allows opposed bearings to maintain greater contact areas between their respective contact surfaces. This can be beneficial in preventing high stress contact areas. For instance, if the shaft of figure 1 attempts to bend about an axis other than the central axis, the support members at points adjacent the 15 shaft where it is furthest from the central axis will flex greater than others. Allowing these support members to flex, the otherwise higher contact pressure may be distributed over a greater number of support members. This can result in a lower peak contact pressure than would be found in a conventional bearing. This lower contact pressure reduces the severity of problems associated with plowing and asperity interactions that 20 cause wear and friction. In this sense, a locally compliant surface can be used to form a "globally compliant" surface.

As previously mentioned, a locally compliant surface addresses several of the causes of wear and friction. Some of these causes, including plowing of a bearing by loose particles and damaging a bearing by asperity interactions, are now described in 25 greater detail. Plowing is represented in figure 5A where two conventional bearings 48 are shown sliding relative to one another with an agglomerated particle 54 lodged between the bearings. Interaction of asperities 44 between two opposed conventional bearings 48 are shown in figure 5B.

In plowing, a particle 42 or an agglomerated particle 54 is lodged in a bearing 48 30 causing wear damage as the bearings are pressed toward one another while sliding relative to one another. As the bearings 48 continue to slide relative to one another, the sliding motion drags the particle along the bearings causing further damage, most typically in the form of a furrow 50. In addition to causing wear damage, the process of

- 8 -

creating the furrow 50 and the rougher surface created by the furrow increase the amount of friction experienced between the bearings.

As particles plow into a bearing, they create additional wear particles 42 that may break away from the bearing. These new particles may agglomerate into larger particles 5 that can cause further plowing damage. As this phenomenon continues, delamination may occur on one of the bearing surfaces. Delamination is the removal of material from one of the bearing surfaces in a sheet-like fashion. Delamination is destructive to the bearing surface resulting in significant wear, significantly increased friction and potentially even catastrophic failure of the bearing.

10 An asperity 44, as the term is used herein, is a small protrusions that may exist at some level on bearings 48 as shown in figure 5B. Many of these small asperities will be forced into contact with asperities 44 of the opposed bearing when they are pressed toward one another. While asperity interaction occurs on some levels to support a contact forces between bearings, larger asperities will contribute greater to friction and 15 wear between the surfaces. Asperities 44 may also break away from a bearing as they interact, thereby becoming loose particles 42. Most asperities range in size between 1-5 microns across, but can range from 0.5 – 30 microns across. Asperities that break away from a surface and remain between the bearings as they move relative to one another can agglomerate into larger particles that can contribute to the plowing phenomenon.

20 Agglomerated particles 54 may range in size between 5 microns to several hundred microns. Other foreign debris particles, that can also cause plowing, typically range in sizes between 20 and 80 microns.

To accommodate an irregularity, such as a loose particle, an asperity, foreign debris, or another surface defect located between a bearing of the present invention and a 25 support, one or more support members 28 may bend out of the way as shown, for example in figure 2A. Thus, rather than an irregularity plowing or otherwise binding, the bearing simply moves, albeit on a local level, to accommodate the irregularity. Alternatively, or in addition, a loose particle may fall into one of the gaps 56 to be disposed between adjacent support members 28. Once in such a gap 56, the tendency of 30 the particle to inflict bearing damage is reduced. If the particle doesn't fall into a gap, it eventually may be removed from between the bearings by exiting an end.

A close up perspective view of the end portions of the support members of figure 2A is shown schematically in figure 6, which is a view taken along lines 6-6 of figure

- 9 -

2A. Here, the locally compliant surface 40 comprises multiple support members 28 having such end portions extending perpendicularly from a base 30. In most embodiments the support members are square in cross sections with a length approximately three to fifteen times their width, although the invention is not limited to 5 these geometries as numerous others are contemplated by the invention. The support members are spaced apart to define gaps 56 therebetween. The gaps 56 may have approximately the same dimensions as the support members themselves.

In another embodiment, such as that shown in Figure 7, a material 58 is disposed in the gaps 56 defined by adjacent support members. This material may be present in 10 some or all of the gaps 56. It may fill entire gaps or only portions of gaps as the invention is not limited in this respect. It may comprise an element that further supports the members 28. It may also comprise a substance to prevent the accumulation of loose particles which could lodge therein and prevent the support members from bending. Such a substance might be a highly flexible material such that it does not adversely affect 15 the bending of support members. In other embodiments, the material may comprise a lubricant that can be paid out to the bearing over time. This may occur naturally as the support members wear, as heat generated in the bearing causes the lubricant to change viscosity and migrate towards the bearing, or through other known mechanisms.

Returning now to various embodiments of the invention, and particularly to the 20 cylindrical bearing of figure 2 which has a locally compliant inner surface. This arrangement is for supporting a shaft 20 that rotates and/or translates relative to the bearing 24 while the bearing is held by another object 22 is shown. Figures 3 and 4 show alternate embodiments of a cylindrical bearing, also with a locally compliant surface 40. The embodiment of figure 3 has a locally compliant surface on the outer 25 cylindrical surface 46. This bearing may be held to the outer surface of a shaft to move with and support rotation or translation between the object 22 contacting the outer surface of the bearing. The embodiment of figure 4 comprises features shown in figures 2 and 3. It has locally compliant surfaces 40 comprising both its inner and outer cylindrical surfaces. This bearing may be located between a shaft 20 and the inner 30 cylindrical surface of another object (not shown) to support relative translation and/or rotation between the shaft 20, the bearing 24 and object. This bearing is adapted to float between the surfaces of the shaft 20 and the object 22. While the locally compliant

- 10 -

surfaces 40 of these bearings are designed to contact a conventional bearing or shaft, they may also contact another bearing with a locally compliant surface.

The outer cylindrical surfaces of the embodiments in both figures 3 and 4 have support members that are linear and non-perpendicular to the base. The inner cylindrical surfaces 32 of the embodiments in figures 2 and 3 have "dog-leg" shaped support members with their distal portion 62 aligned somewhat perpendicular with the base 30. The first portion 60 of the dog-leg members has a substantially constant cross-sectional area, which creates gaps 56 between the support members that are larger in cross-sectional area at points closer to the base 30. This provides a greater amount of room for holding loose particles 42 that may become lodged therein. While these bearings are shown with particular, locally compliant surfaces 40, they are also contemplated to comprise locally compliant surfaces according to any other aspects of the invention.

The embodiments shown in figures 2-4 show some different embodiments of support members; however, these support members can be shaped in many different ways. Also, it is noted that it is generally preferable to have numerous, very small, support members that comprise the locally compliant surface. However, applications with particular loading requirements, or applications that expect to be exposed to larger, loose particles may benefit from fewer and/or larger support members. Additionally, the costs associated with creating numerous, small support members may make some other embodiments desirable. In one embodiment, the support members have a square cross-sectional area of approximated 0.4 mm by 0.4 mm at their distal end, in other embodiments, the have distal ends may have cross-sectional areas up to 2 mm by 2 mm. Additionally most support members are three to fifteen times long as they are wide. Other suitably sized support members may be employed, as the present invention is not limited in this respect.

In one embodiment, as shown in Figure 8A, the support member is formed as a "dog-leg" comprising a first linear portion 60 and a second, distal, linear portion 62. Either of these linear portions 60, 62 may be aligned perpendicular to the base 30 or they may both be non-perpendicular to the base. The cross-sectional area of the first and second portions of the dog-leg may be of identical length and cross-sectional area or one may be greater than the other in either or both respects. Where the end 64 of a support member is non-perpendicular to the base 30, a wedge shaped side 66 of the end may be helpful in removing loose particles 42 from between the bearings by forcing them away from the

- 11 -

bearings and into the gaps 56. The side 68 of the end forming an acute angle with the opposed bearing may be useful in promoting the bending of a support member 28 when a loose particle 42 becomes wedged between the opposed bearing and the end 64. The configuration of the wedge shaped side and the side forming an acute angle may also be 5 formed by beveling or chamfering the sides of a support member 28, or arranging the support members in different manners as the invention is not limited in this respect.

Figure 8B shows a support member of varying cross-sectional area. Varying cross-sectional area may help achieve a flexing characteristic desired for a particular application. It may also allow the end 64 of a support member to grow in cross-sectional 10 area as it experiences any wear through prolonged contact with the opposed bearing. As the end 64 is worn away causing the length of the support member to decrease, the corresponding area 70 of the distal end will increase. When this occurs over numerous 15 support members, it will increase the net area of the locally compliant surface. This increase in area will reduce the contact pressure experienced by each support member, which may reduce the wear rate experienced thereafter. The support members are still 20 able to support the opposed surface even though their length decreases because they have a tendency to bend or flex toward the opposed surface, in part due to the cantilevered and angled arrangement.

Additional embodiments of support members 28 are shown in figures 8C and 8D. 25 Figure 8C depicts a support member that is aligned non-perpendicular to the base 30, while figure 8D depicts a support member comprising an arcuate shape 72. The distal end of these support members may be arranged to extend from the base in a perpendicular or non-perpendicular manner. The arcuate shape 72 may comprise a constant curvature or alternatively a compound curvature as may be suited by a particular 30 application. The support members 28 of any of the embodiments described herein may be used in conjunction with other identically shaped support members, or they may be used with any combination of support members described or contemplated by this invention. Although various examples of the shapes of the support members are shown, it should be appreciated that the present invention is not limited in this respect as other suitable shaped support members be employed. Also, the support members may extend from the base in any suitable direction provided that the distal end can move to 35 accommodate any asperities or particles. Thus, although in certain embodiments, the support members are shown in particular angles  $\theta$  relative to the base, any angle may be

- 12 -

employed, provided the support can move, for example, bend or flex toward and away from the opposed surface.

Each of these support members can be made with a wide variety of materials including, but not limited to metals such as aluminum, brass, bronze, steel, titanium, nickel, or non-metals, such as polymers, elastomers, nylons, or composites as the invention is not limited in this respect, provided the material offers the desired flexing characteristics.

Various embodiments of the present invention may be manufactured through any suitable method. Any of these methods may be used to create locally compliant surfaces with particular characteristics resulting from a mix of different support member geometries that are used, different support member materials that are used, or the spacing between the support members.

In one embodiment, as shown in figures 2-4 a plurality of thin, washer-like disks or plates 74 are stacked next to each other to form the bearing, including the support members. Forming the bearing from a stack 82 of thin plates 74 is one way of providing certain benefits. For instance, the configuration of bearings made from stacked plates can be adjusted easily. A designer can easily configure a bearing by arranging a construction of already designed thin plate structures 74. For a particular application where a certain length of bearing or other dimension is desired, the designer may only need to decide how many thin plates 74 are needed to accommodate the particular length and what type of support members 28 the plates should have. In these embodiments, as with others, plates 74 of varying thickness, plates 74 made of different materials and/or plates with different types or shapes of support members 28 may be mixed to provide different overall characteristics of the bearing. For instance, if the support members associated with the outermost plates 78 are more flexible, the shaft 20 may be allowed to bend about an axis other than the central axis of the shaft. This effect may be desirable in some applications. In other applications the opposite effect may be desired, where plates with stiffer support members may be placed near the outer edges 80 of the bearing to prevent such motion. Locally compliant bearings made from other manufacturing processes may accomplish the same effects.

Figures 2-4 show adjacent plates with similar support members on their sides, but stacked with their support members 28 extending in opposite directions. This alternate support member configuration creates a matrix of support members extending from the

- 13 -

- base 30 in different directions. This particular configuration means that a support members 28 bending toward an adjacent plate, in this case, will likely contact another support member after bending a short distance. When it bends in a direction parallel to the direction of the plates, it may travel a greater distance. In this manner, the support members 28 may be adapted to move differently in different directions. Similar results may be obtained by modifying the cross-sectional shape of the support members. For instance, a rectangular cross-section will have different bending characteristics in the various directions perpendicular to its edges 80. Of course, the present invention is not limited in this respect as the support members may extend in the same direction.
- 10 While the embodiment of figures 2-4 are shown comprising a stack of thin plates, each with support members 28 extending therefrom, other embodiments may include spacer plates (not shown) between adjacent plates. The same effect may be accomplished in embodiments manufactured through other techniques by simply creating a space on all sides of each support member. Such embodiments might allow the support members 28 to bend more readily in certain directions. The embodiment shown in figure 6 has gaps 56 arranged on four sides of the support members 28. Other embodiments may be arranged such that the gaps extend continuously from one edge of the bearing to an opposite edge of the bearing. Such an arrangement may provide easy access to the gaps for cleaning out accumulated particles.
- 15 20 Particular benefits have been described as they exist in particular embodiments that comprise a stack of thin plates. However these same benefits and others may be obtained with locally compliant structures manufactured through other techniques. Some of these techniques include making a locally compliant surface in whole or part by removing material from a monolithic structure through, for example, machining, wire
- 25 EDM, shearing, laser cutting, or water cutting to name a few. Through other manufacturing methods, a locally compliant surface may be formed in place by a material adding process, such as stereo lithography, 3D printing, or casting, to name a few. Other embodiments may also be formed through stamping or bending of materials. The various embodiments described and contemplated by the invention may also
- 30 comprise an assembly of components that define the locally compliant surface, like the thin plate structures. Another example of a locally compliant surface formed from an assembly of elements includes an embodiment where the support members are attached to a base by separate elements. These elements may be made of rubber, plastic, or any

- 14 -

other suitable material and may actually be the element that allows the support members to bend as will be discussed. While a few manufacturing processes are discussed, other suitable processes may also be used as the invention is not limited to any of the configurations or processes discussed herein.

- 5 Figure 9 is a schematic view of a linear bearing 86 according to another aspect of the invention. The bearing 86 comprises a U-shaped cross-section 84 to guide translation in one direction; however, other embodiments may simply comprise a planar bearing such that the objects 87, 89 may translate relative to one another in multiple directions as the invention is not limited in this respect. As with the cylindrical bearing  
10 24, the linear bearing 86 may be fixedly attached to either of the objects 87, 89, or may equivalently be allowed to float between the two objects. The linear bearing 86 may also comprise a pair of bearings, each attached to one of the objects. The linear bearings 86 may be designed to accommodate continuous, or intermittent contact between the objects 87, 89. For instance, with intermittent contact, the first object may be in an application  
15 where it slides completely off of the second object by translating past one of the edges, or it may be an application where it lifts vertically off of the bearing.

- Any of the features associated with the previously discussed embodiments may also be incorporated into a linear bearing configuration and vice-versa. For instance, the embodiment shown in figure 10 comprises a plurality of stacked plates 74 each having a  
20 plurality of support members 28, forming a linear bearing with a locally compliant surface 40. The bearing is shown opposing a conventional bearing 48, although it could also oppose another locally compliant surface 40. The particular bearing shown in figure 10 may allow translation or rotation in any direction parallel to its locally compliant surface. Other embodiments may incorporate features to limit this motion or to allow  
25 additional motion. Such additional motion may include one bearing 86 tilting relative to the other.

- The plates forming the bearings may be attached to one another using any suitable technique. In one embodiment, as shown in Figure 10, holes 88 in each of the plates 74 may accept a dowel, rivet or screw to align and/or lock the plates together.  
30 Other features, such as tabs, recesses at an edge of the thin plates, protrusions placed on the side of the thin plates, or even adhesives, welds, or stakes may be used to attach the plates together, as the invention is not limited in this respect. While the plates 74 are shown with a locking feature that may be used to hold them together, other applications

- 15 -

may not require the plates 74 to be fixed with respect to one another. Some applications may even allow the plates 74 to move relative to one another during operation. Still, other applications may comprise locally compliant surfaces formed from a single piece of material, thereby eliminating the need to attach plates together as the invention is not limited in this respect.

5 Figure 11 shows yet another embodiment of a locally compliant surface 40. Here, the embodiment of figure 2 is shown with grooves 90, which may be helically shaped, disposed on the locally compliant surface. These grooves are one form of particle trap that may help remove loose particles 42 from between the bearings. As a 10 shaft 20 rotates relative to the locally compliant surface, any particles 42 will be allowed to fall into the groove 90 and thereafter will be trapped or pushed out one side of the bearing 24 for removal. Such grooves help to remove foreign particles 42 that are too 15 large to fit in the gaps 56 disposed between the support members 28. While the groove is shown to be a helix extending continually from one side to the other, it is not limited to this configuration. The groove 90 may also be linear or comprise any other shape that 20 serves to remove particles 42 disposed between the bearings, as the invention is not limited to any particular shape. Furthermore, the grooves do not need to extend completely from one side of the bearing to another. For instance, a groove 90 may begin near the middle and extend towards only one lateral side, or there may be multiple 25 grooves extending from near the center of the surface towards alternating sides of the bearing. While the groove 90 is shown associated with an cylindrical bearing 24, it may also be present in linear bearings 86 or any other bearing configurations, as the invention is not limited in this respect.

Figure 12 shows a configuration of a bearing that is made with a method different 25 than those depicted in figures 2-4, 10, and 11. This bearing 24 does not comprise multiple, stacked plates 74, but rather one solid, monolithic piece of material in which 30 multiple support members 28 are fashioned to create a locally compliant surface 40. The locally compliant surface of this bearing is made by cutting numerous grooves 92 parallel to the central axis of the cylinder. Numerous slices 94 are also made 35 perpendicular to the central axis of the cylinder to intersect the grooves and create numerous support members 28 extending inwardly of the base 30. In this particular embodiment, the locally compliant surface 40 does not comprise the entire inner surface 32, but rather only a portion thereof. Other embodiments can be made comprising the

- 16 -

entire inner surface, any portion of the outer surface 46 or for any surface of other types of bearings desired. This particular bearing embodiment can be used in an application where a load is only apply in one direction. In this case, the opposite inner side 96 of the bearing comprises a conventional bearing surface that does not have a significant force applied against it. The outer cylindrical surface 46 of this embodiment contains a keyway 98 for locking the orientation of the bearing to the object which it is mounted into. This keyway, or other features accomplishing the same effect may be incorporated into other embodiments of the invention as the invention is not limited in this respect.

Figure 13 displays the results of a test performed on both a prototype bearing with a locally compliant surface similar to that shown in Figure 12, and a conventional bearing. Both the prototype and conventional bearing were manufactured from the same aluminum-bronze alloy material. A nominal load of 500 Newtons was applied against each bearing through a shaft manufactured from hardened 1060 steel, which was rotated within each bearing. A torque associated with friction was measured for each bearing as the test progressed. Figure 13 shows the torque associated with each bearing as it changed over the time in which the test was performed. The frictional torque value associated with the bearing of figure 12 in each test trial remained substantially constant over time. However, the frictional torque associated with the conventional bearing increased dramatically after a relatively short period of time. This increase is associated with excessive wear, asperity interaction or other irregularities and ultimately the failure of the conventional bearings. Further tests were performed where a sand mixture consisting of particles less than 0.4 millimeters in diameter was added to both the conventional and prototype bushings. In this test, the frictional torque experienced by the bearing of figure 12 did increase; however, the bearing did not fail. The conventional type bearing seized immediately after the sand mixture was introduced.

Figure 14 shows another embodiment of a bearing formed from an assembly of elements. The opposed bearing surface in this example comprises a conventional shaft 20. The cylindrical bearing includes a series of load bearing support members 28 disposed in an elastomeric compound 100 (such as synthetic rubber, neoprene, flexible plastic etc.). In one embodiment, the support members are molded into the elastomeric compound. This elastomeric compound is also bonded to some solid outer base 30 such as a metal tube. Local compliance can be obtained with such an embodiment when the support members 28 are arranged at angles, or when the support members are arranged

- 17 -

- perpendicular to the shaft 20. The elastomeric compound 100 can be flexible and mildly compressible, allowing each support to move independently of the surrounding support members, thereby achieving local compliance. This type of a design can be made for extremely high loading as the support member size can be very small, allowing many
- 5 support members and corresponding contact points. Furthermore, the load on each support member 28 can be distributed over greater area than in other embodiments as the cross sectional area of the support member can contact a greater area of the base 30 or elastomeric compound 100. That is, the area of the support member is  $\pi$  times the diameter of the pin squared, but the region over which the support member 28 is bonded
- 10 to the base 30 can be the perimeter of the support 28 shaft times the length of the embedded support member 28.

Other embodiments of the invention may include locally compliant surfaces applied to rolling contact bearings. While such bearings are primarily designed for rolling contact, they do have a sliding component of friction and wear on a micro level.

15 Suitable applications of locally compliant surfaces may be used on rolling contact bearings to reduce wear and friction, as well as possibly the systems more robust and resistant to impact loading.

Having described several embodiments of the invention in detail, various modifications and improvements will readily occur to those skilled in the art. Such

20 modifications and improvements are intended to be within the spirit and scope of the invention. Accordingly, the foregoing description is by way of example only and is not intended as limiting. The invention is limited only as defined by the following claims and the equivalence thereto.

- 18 -

**CLAIMS**

1. A contact bearing comprising:  
a base; and  
a plurality of cantilevered support members, each having a first end directly or  
5 indirectly attached to the base and a second, free end, extending from the base, the  
second end constructed and arranged for sliding contact with an opposed bearing surface,  
wherein the plurality of support members are constructed and arranged to support the  
opposed bearing surface and each second end is constructed and arranged to move to  
accommodate any irregularities between the second end and the opposed bearing surface.
- 10 2. The contact bearing of claim 1, wherein base is cylindrical and wherein  
the support members extend inwardly of the base.
- 15 3. The contact bearing of claim 1, wherein the base is cylindrical and  
wherein the support members extend outwardly of the base.
- 20 4. The contact bearing of claim 1, wherein the base is cylindrical and  
wherein a first set of the plurality of support members extend inwardly of the base and  
wherein a second set of the plurality of support members extend outwardly of the base.
- 25 5. The contact bearing of claim 1, wherein the base is planar.
6. The contact bearing of claim 1, wherein at least one of the plurality of  
support members is linear.
- 25 7. The contact bearing of claim 6, wherein the at least one linear support  
member extends perpendicularly from the base.
- 30 8. The contact bearing of claim 6, wherein the at least one linear support  
member extends non-perpendicularly from the base.
9. The contact bearing of claim 1, wherein at least one of the plurality of  
support members is non-linear.

10. The contact bearing of claim 1, wherein at least one of the plurality of support members comprises a first portion and a second portion, the first portion extending in a line that is non-perpendicular to the base and the second portion extending 5 from the first portion in a line that is perpendicular to the base.

11. The contact bearing of claim 1, wherein each support member comprises a cross sectional area that varies along a length of the support member.

12. The contact bearing of claim 1, wherein the plurality of support members comprises a plurality of spaced apart support members that define gaps therebetween.

13. The contact bearing of claim 12, further comprising an elastic element disposed in each gap.

14. The contact bearing of claim 12, further comprising a lubricant disposed 15 in the gaps.

15. The contact bearing of claim 1, further comprising a groove defined by a portion of the second ends of the support members, the groove constructed and arranged 20 to remove particles from the contact bearing.

16. The contact bearing of claim 1, wherein each support member has a first flexing direction with a first flexing characteristic and second flexing direction with a 25 second flexing characteristic, wherein the first and second flexing characteristics are substantially similar.

17. The contact bearing of claim 1, wherein each support member has a generally square shaped cross-sectional area of less than approximately 0.4 mm by 0.4 30 mm.

WO 02/101252

PCT/US02/18383

- 20 -

18. The contact bearing of claim 1, wherein each support member has a generally square shaped cross-sectional area of less than approximately 0.2 mm by 0.2 mm.

5 19. The contact bearing of claim 1, wherein each support member is formed integral with the base.

20. The contact bearing of claim 1, in combination with the opposed bearing surface.

10 21. The combination of claim 20, wherein the opposed bearing surface comprises a cylindrical shaft.

15 22. The combination of claim 21, wherein the shaft rotates relative to the bearing.

23. A contact bearing comprising:  
a base; and  
a plurality of support members extending from the base, the support members  
20 being constructed and arranged to support an opposed surface and allow sliding contact,  
the plurality of support members being constructed and arranged to support the opposed  
surface at a fixed distance from the base, each of the plurality of support members is  
capable of moving independently of each other, whereby when at least one of the  
plurality of support members moves, the others of the plurality of support members  
25 maintains the opposed surface substantially at the fixed distance.

24. The contact bearing of claim 23, wherein base is cylindrical and wherein  
the support members extend inwardly of the base.

30 25. The contact bearing of claim 23, wherein the base is cylindrical and  
wherein the support members extend outwardly of the base.

- 21 -

26. The contact bearing of claim 23, wherein the base is cylindrical and wherein a first set of the plurality of support members extend inwardly of the base and wherein a second set of the plurality of support members extend outwardly of the base.

5 27. The contact bearing of claim 23, wherein the base is planar.

28. The contact bearing of claim 23, wherein at least one of the plurality of support members is linear.

10 29. The contact bearing of claim 23, wherein at least a portion of the at least one linear support member extends perpendicularly from the base.

30. The contact bearing of claim 23, wherein at least one of the plurality of support members is non-linear.

15 31. The contact bearing of claim 23, wherein the plurality of support members comprises a plurality of spaced apart support members that define gaps therebetween.

20 32. The contact bearing of claim 31, further comprising a lubricant disposed in the gaps.

33. The contact bearing of claim 23, further comprising a groove defined by a distal end of a portion of the support members, the groove constructed and arranged to 25 remove particles from the contact bearing.

34. The contact bearing of claim 23, wherein each support member has a first flexing direction with a first flexing characteristic and second flexing direction with a second flexing characteristic, wherein the first and second flexing characteristics are 30 substantially similar.

- 22 -

35. The contact bearing of claim 23, wherein each support member has a generally square shaped cross-sectional area of less than approximately 0.4 mm by 0.4 mm.

5 36. The contact bearing of claim 23, wherein each support member is formed integral with the base.

37. The contact bearing of claim 23, in combination with the opposed bearing surface.

10 38. The combination of claim 31, wherein the opposed bearing surface comprises a cylindrical shaft.

15 39. The combination of claim 38, wherein the shaft rotates relative to the bearing.

40. A contact bearing comprising:  
a plurality of plates, the plates being arranged in a stacked configuration such that a surface of one plate is arranged adjacent a surface of another plate; and  
20 wherein each plate comprises a base and a plurality of support members extending from the base, the support members being constructed and arranged to support an opposed surface through sliding contact.

41. The contact bearing of claim 40, wherein the plates are washer-like, disk shaped plates and wherein the support members extend inwardly of the base.

42. The contact bearing of claim 40, wherein the plates are washer-like, disk shaped plates and wherein the support members extend outwardly of the base.

30 43. The contact bearing of claim 40, wherein the plates are washer-like, disk shaped plates and wherein a first set of the plurality of support members extend inwardly of the base and wherein a second set of the plurality of support members extend outwardly of the base.

WO 02/101252

PCT/US02/18383

- 23 -

44. The contact bearing of claim 40 wherein the plurality of support members form a planar surface, constructed and arranged to support an opposed planar surface through sliding contact.

5

45. The contact bearing of claim 40, wherein the plurality of support members comprises a plurality of spaced apart support members that define gaps therebetween.

10 46. The contact bearing of claim 40 further comprising a lubricant disposed in the gaps.

15 47. The contact bearing of claim 40, further comprising a groove defined by a portion of the second ends of the support members, the groove constructed and arranged to remove particles from the contact bearing.

20 48. The contact bearing of claim 42, wherein each support member of a first plate has a first flexing direction with a first flexing characteristic and wherein each support member of a second plate has a second flexing characteristic, wherein the first and second flexing characteristics are different.

25 49. The contact bearing of claim 40, wherein each support member has a generally square shaped cross-sectional area of less than approximately 0.4 mm by 0.4 mm.

50. The contact bearing of claim 40, wherein each support member is formed integral with the base.

51. The contact bearing of claim 40, in combination with the opposed bearing 30 surface.

52. The contact bearing of claim 40, wherein a first plate comprises a base with support members extending in a first direction and wherein a second plate

- 24 -

comprises a base with support members extending in a second direction, the second direction being different from to the first direction.

53. A method of accommodating asperities in a contact bearing, the method comprising:  
5 providing a plurality of first sliding contact bearing surfaces in direct contact with a second sliding contact bearing surface; and  
flexing at least one of the first sliding contact bearing surfaces with respect to the second sliding contact bearing surface such that at least one of the first sliding contact  
10 bearing surfaces moves out of direct contact with the second sliding contact bearing surface to accommodate any loose particles between the first and second surfaces.

54. The method of claim 51, further comprising:  
providing a base for attaching the plurality of first sliding contact bearing  
15 surfaces thereto such that the plurality of first sliding contact bearing surfaces extend therefrom; and  
maintaining a substantially constant distance between the base and the second bearing surface.

20 55. The method of claim 53, further comprising:  
removing particles from between the first sliding contact bearing surface and the second sliding contact bearing surface;  
allowing the particles to reside in or travel through gaps defined by in the first  
sliding contact bearing surface.

25 . 56. A method of manufacturing a contact bearing, the method comprising:  
forming a plurality of plates, each having a base, opposed first and second  
surfaces, and a plurality of support members extending from the base, the support  
30 members being constructed and arranged to support an opposed bearing surface through  
sliding contact; and  
stacking the plates adjacent one another such that a surface of one plate is  
arranged adjacent a surface of another plate.

- 25 -

57. The method of claim 56, further comprising:  
attaching the disks together.

5 58. The method of claim 56, further comprising:  
aligning a first plate relative to a second plate such that the support members of  
the first plate are adjacent a gap disposed between the support members of the second  
disk.

10 59. A method of reducing contact pressure in a bearing comprising:  
providing a first sliding contact bearing surface in direct contact with a second  
sliding contact bearing surface, the first sliding contact bearing surface having at least  
one flexing portion; and  
flexing the at least one flexing portion in response to a corresponding movement  
15 of the second sliding contact bearing surface, such that the first contact bearing surface  
conforms substantially to the flexed shape of the second sliding contact bearing surface.

60. A bearing surface shaped to support a moving member comprising a  
plurality of individual surface segments spaced adjacent to one another to form a uniform  
20 bearing surface, and means individually supporting said surface segments normal to said  
uniform bearing surface and for movement from said uniform bearing surface under  
localized forces.

WO 02/101252

PCT/US02/18383

1/12

FIG. 1

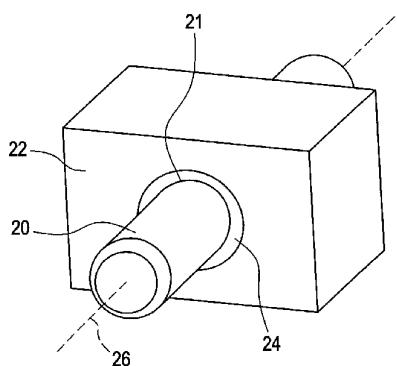
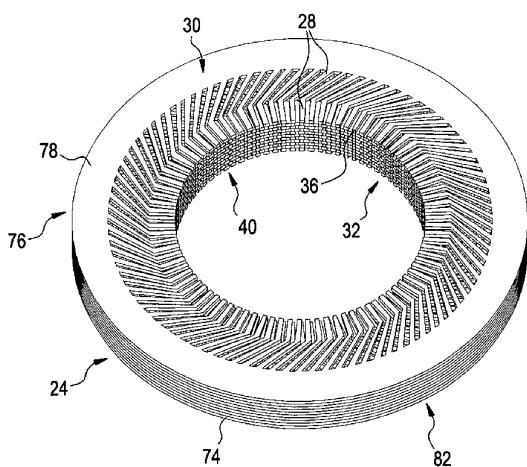
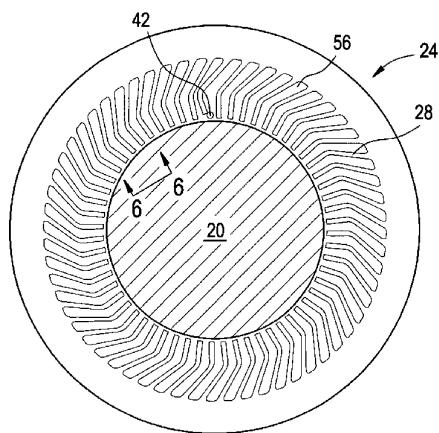


FIG. 2

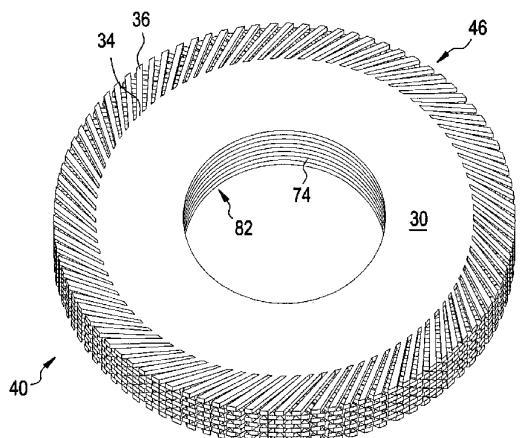


SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

**FIG. 2A**

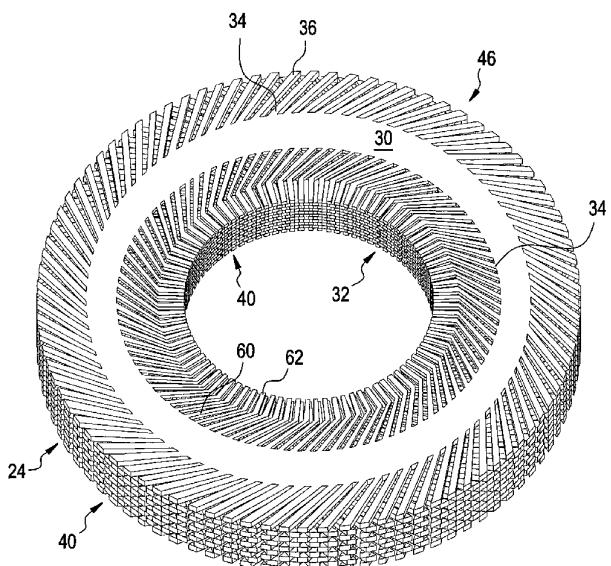
SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

FIG. 3



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

FIG. 4



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

FIG. 5A

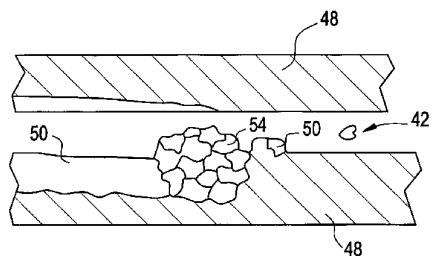
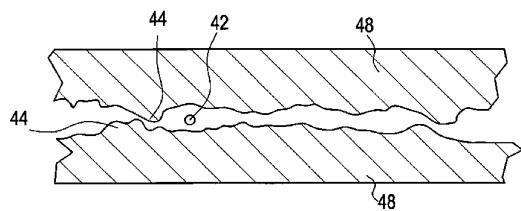


FIG. 5B



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 02/101252

PCT/US02/18383

6/12

FIG. 6

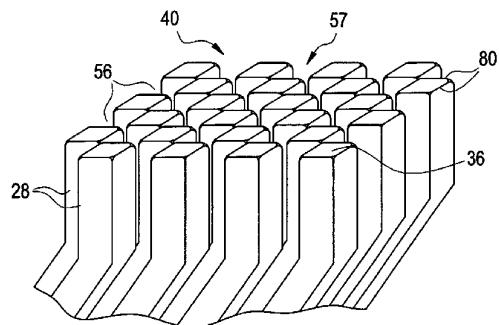
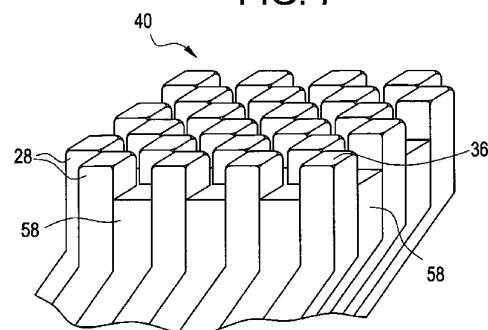
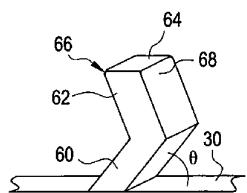
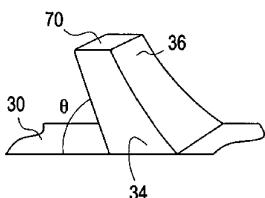
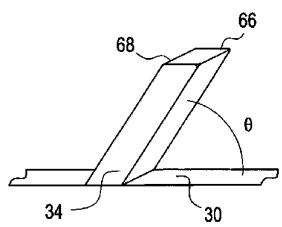
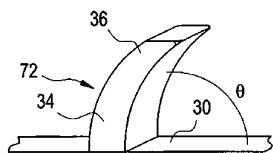


FIG. 7



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

**FIG. 8A****FIG. 8B****FIG. 8C****FIG. 8D**

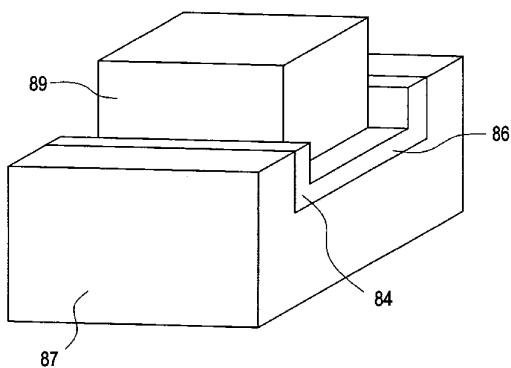
SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 02/101252

PCT/US02/18383

8/12

FIG. 9



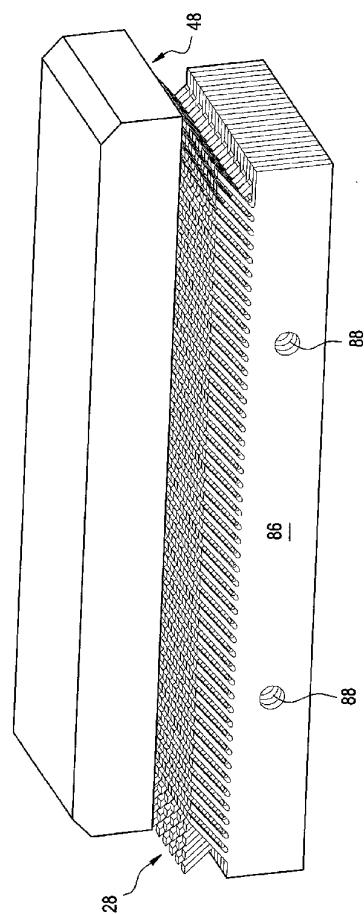
SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 02/101252

PCT/US02/18383

9/12

FIG. 10



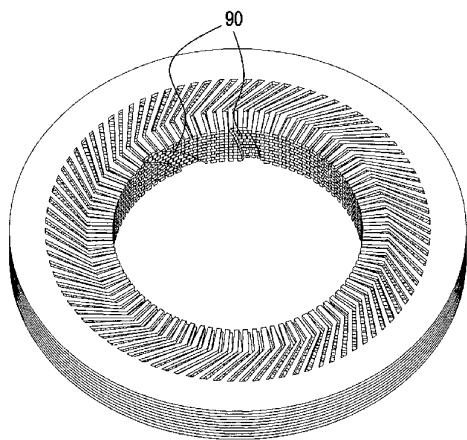
SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 02/101252

PCT/US02/18383

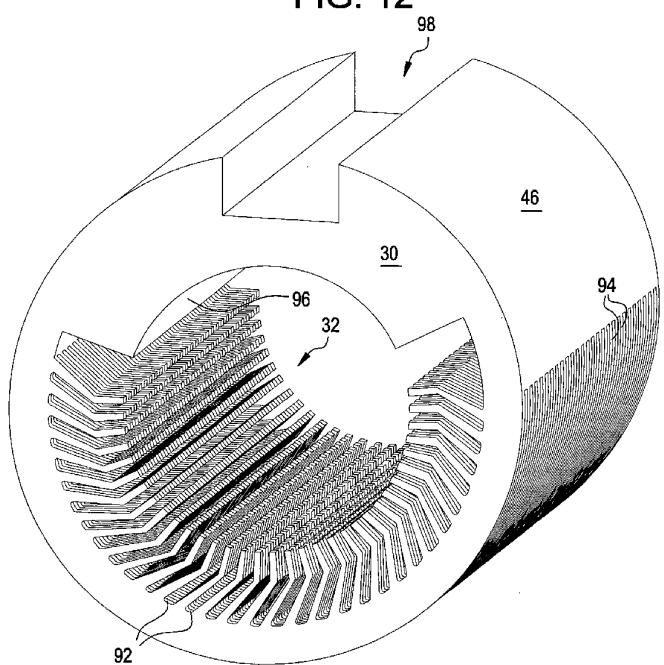
10/12

FIG. 11



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

FIG. 12



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 02/101252

PCT/US02/18383

12/12

FIG. 13

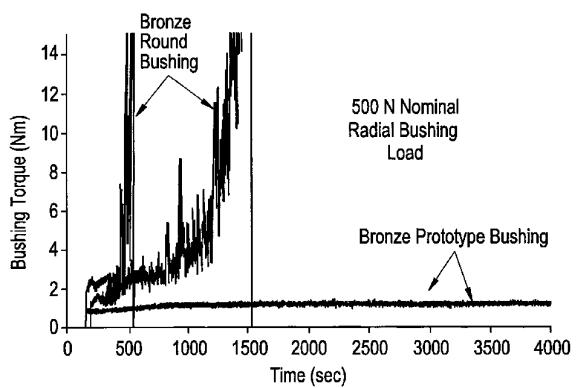
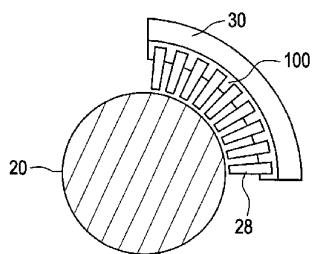


FIG. 14



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		
		International Application No PCT/US 02/18383
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 F16C33/26		
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) IPC 7 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 practical, search terms used) WPI Data, EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 89 14 996 U (R.BOSCH GMBH) 18 April 1991 (1991-04-18)  the whole document ---	1,2,8,9, 11,12, 16, 19-24, 30,31, 34, 36-39, 45,48, 50,51, 53,54, 59,60  -/-
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.		<input type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>*E* earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>*L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which may be used for攻撃性 (attack) purposes as a document of another or other special nature (as specified)</p> <p>*C* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>*P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>*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</p> <p>*D* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when this document is taken alone</p> <p>*V* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when this document is taken together with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>*K* document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report	
12 August 2002	22/08/2002	
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5016 Palaanlaan 2 NL-2233 RA Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 551 epo nl, Fax. (+31-70) 340-3016	Authorized officer Hoffmann, M	

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No. PCT/US 02/18383
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 71 14 821 U (SKF KUGELLAGERFABRIKEN GMBH)  the whole document	4,6,7, 12,13, 16,26, 28,29, 40,42, 43,58
A	FR 1 184 832 A (ROGHELLA CARLO RUGGERO) 27 July 1959 (1959-07-27) the whole document	5,17,27, 35,49
A	US 4 263 243 A (WILSON JONATHAN W ET AL) 21 April 1981 (1981-04-21) column 2, line 35 - line 62; figure 7	10
A	US 2 768 034 A (SKINNER RALPH L) 23 October 1956 (1956-10-23) column 5, line 11 - line 60; figures 3,4	41,56,57
A	GB 746 463 A (OSKAR STEIDINGER;SIEGFRIED STEIDINGER) 14 March 1956 (1956-03-14) page 2, line 36 - line 42; figure 1	1
A	WO 94 08149 A (IDE RUSSELL D) 14 April 1994 (1994-04-14) page 1; figure 1	1

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT				International Application No PCT/US 02/18383	
Information on patent family members					
Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date	
DE 8914996	U	18-04-1991	DE	8914996 U1	18-04-1991
DE 7114821	U			NONE	
FR 1184832	A	27-07-1959		NONE	
US 4263243	A	21-04-1981		NONE	
US 2768034	A	23-10-1956		NONE	
GB 746463	A	14-03-1956		NONE	
WO 9408149	A	14-04-1994	US	5284392 A	08-02-1994
			AU	672832 B2	17-10-1996
			AU	5169293 A	26-04-1994
			BR	930/158 A	01-06-1999
			CA	2146001 A1	14-04-1994
			EP	0707689 A1	24-04-1996
			JP	8502116 T	05-03-1996
			NO	951179 A	28-03-1995
			WO	9408149 A1	14-04-1994
			US	5558444 A	24-09-1996
			US	5503479 A	02-04-1996
			US	5556208 A	17-09-1996

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1990)

---

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT, BE,CH,CY,DE,DK,ES,FI,FR,GB,GR,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN, TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,ES,FI,GB,GD,GE, GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NO,NZ,OM,PH,P L,PT,RO,RU,SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VN,YU,ZA,ZW

(74)代理人 100093713

弁理士 神田 藤博

(72)発明者 スー, ナム・ピー

アメリカ合衆国マサチューセッツ州 01720, サドバリー, メイナード・ファーム・ロード 3  
4

(72)発明者 スウィートランド, マシュー

アメリカ合衆国マサチューセッツ州 02139, ケンブリッジ, シドニー・ストリート 179

F ターム(参考) 3J011 AA07 BA03 CA03 JA02 KA04 KA07 KA08 LA04 MA06 PA02

PA03

3J104 AA42 AA43 AA63 AA69 AA74 BA52 DA06