

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

F16C 33/04 (2006.01)

F16C 27/02 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02811521.X

[45] 授权公告日 2007 年 9 月 12 日

[11] 授权公告号 CN 100337045C

[22] 申请日 2002.6.11 [21] 申请号 02811521.X

[30] 优先权

[32] 2001. 6. 11 [33] US [31] 60/297,427

[32] 2002. 3. 12 [33] US [31] 60/363,696

[86] 国际申请 PCT/US2002/018383 2002. 6. 11

[87] 国际公布 WO2002/101252 英 2002. 12. 19

[85] 进入国家阶段日期 2003. 12. 8

[73] 专利权人 翠伯泰克有限公司

地址 美国马萨诸塞州

[72] 发明人 内姆·P·苏赫 马修·斯威特兰德

[56] 参考文献

FR1184832 1959. 7. 27

DE9914996U 1991. 4. 18

US2768034 1956. 10. 23

US4263243 1981. 4. 21

审查员 唐晓君

[74] 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

代理人 王艳江 段 斌

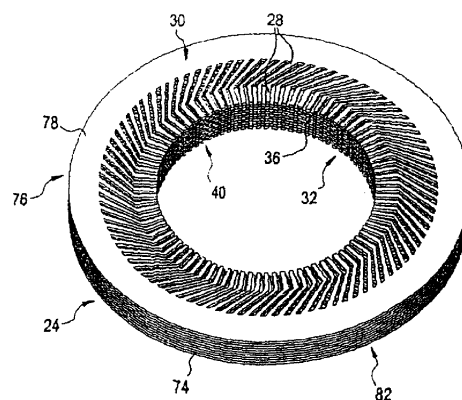
权利要求书 5 页 说明书 19 页 附图 12 页

[54] 发明名称

接触轴承和在接触轴承中适应不规则性的方法

[57] 摘要

一种适合用对置的支承表面支撑并且允许受控的相对运动的轴承(24, 86)。这种轴承是为了具有长寿命, 通过把作为摩擦和磨损的许多起因之所在的柔顺表面合并构成的。轴承(24, 86)包括众多从底部伸出的支撑构件(28)。众多支撑构件(28)能一起支撑通过对置的支承面施加的垂直于基础的载荷。此外, 众多支撑构件(28)允许在对置的支承面之间滑动接触。为了适应位于支撑构件和对置的支承面之间的不规则性, 支撑构件(28)能这样独立地移动, 以致划伤被减少和对轴承的磨损被减到最少。另外, 支撑构件(28)在任何外来颗粒或毛刺引起一个或多个支撑构件独立地在局部基础上弯曲的时候维持对置的支承面之间的距离。



1. 一种适合适应不规则性的接触轴承，该轴承包括：

基础；以及

众多悬臂式支撑构件，每个都有直接或间接附着在基础上的第一端和从基础伸出的自由的第二端、第二端是为与对置的支承表面滑动接触而构造和设计的，

其中众多支撑构件是为支撑对置的支承表面而构造和设计的，而且每个第二端是为通过移动适应在第二端和对置的支承表面之间的任何不规则性而构造和设计的。

2. 根据权利要求 1 的接触轴承，其中支撑构件是进一步为将对置的支承表面支撑在离开基础某个固定的距离上而构造和设计的，因此当众多支撑构件中的至少一个支撑构件移动的时候，众多支撑构件中的其它支撑构件把对置的支承表面维持在固定的距离上。

3. 根据权利要求 1 的接触轴承，进一步包括：

众多盘片，这些盘片按层叠结构排列，以致一个盘片的表面与另一个盘片的表面毗邻；而且

其中每个盘片都包括至少一部分基础和众多从基础伸出的支撑构件。

4. 根据权利要求 1-3 中的任何一项的接触轴承，其中众多支撑构件包括定义其间的间隙的众多隔离支撑构件，借此至少一些支撑构件毗邻至少三个间隙。
5. 根据权利要求 4 的接触轴承，进一步包括安排在至少一些间隙中的弹性构件。

6. 根据权利要求4的接触轴承,进一步包括安排在间隙中的润滑剂。
7. 根据权利要求1-3中的任何一项的接触轴承,其中每个支撑构件都与基础形成一个整体。
8. 根据权利要求1-3中任何一项的接触轴承,其中基础包括刚性基础和弹性构件,众多悬臂式支撑构件被基础的弹性构件支撑。
9. 根据权利要求8的接触轴承,其中众多悬臂式支撑构件与刚性基础隔开。
10. 根据权利要求1-3中的任何一项的接触轴承,其中每个支撑构件都有呈第一弯曲特性的第一弯曲方向和呈第二弯曲特性的第二弯曲方向,其中第一和第二弯曲特性是相似的。
11. 根据权利要求1-3中的任何一项的接触轴承,其中基础是圆筒形的,而支撑构件从基础向内伸出。
12. 根据权利要求1-3中的任何一项的接触轴承,其中基础是圆筒形的,而支撑构件从基础向外伸出。
13. 根据权利要求1-3中的任何一项的接触轴承,其中基础是圆筒形的,而且第一组众多的支撑构件从基础向内伸出,而第二组众多的支撑构件从基础向外伸出。
14. 根据权利要求1-3中的任何一项的接触轴承,其中基础是平面的。

15. 根据权利要求 1-3 中的任何一项的接触轴承, 其中众多支撑构件当中至少有一个是线形的。
16. 根据权利要求 15 的接触轴承, 其中至少一个线形的支撑构件垂直地从基础伸出。
17. 根据权利要求 15 的接触轴承, 其中至少一个线形的支撑构件非垂直地从基础伸出。
18. 根据权利要求 1-3 中的任何一项的接触轴承, 其中众多支撑构件当中至少有一个是非线形的。
19. 根据权利要求 1-3 中的任何一项的接触轴承, 其中众多支撑构件当中至少一个包括第一部分和第二部分, 第一部分沿着一条不垂直于基础的直线延伸, 而第二部分沿着垂直于基础的直线从第一部分伸出。
20. 根据权利要求 1-3 中的任何一项的接触轴承, 其中每个支撑构件都包括沿着支撑构件的长度变化的横截面。
21. 根据权利要求 1-3 中的任何一项的接触轴承, 进一步包括由支撑构件的第二端的一部分定义的凹槽, 所述不规则性为游离颗粒, 该凹槽是为将该颗粒从接触轴承中移开而构造和设计的。
22. 根据权利要求 1-3 中的任何一项的接触轴承, 其中每个支撑构件都有通常呈正方形的小于 0.4 毫米 $\times$ 0.4 毫米的横截面。
23. 根据权利要求 1-3 中的任何一项的接触轴承, 其中每个支撑构件都有通常呈正方形的小于 0.2 毫米 $\times$ 0.2 毫米的横截面。

24. 根据权利要求 1-3 中的任何一项的接触轴承,与对置的支承表面组合。
25. 根据权利要求 24 的接触轴承,其中对置的支承表面包括圆筒形的轴。
26. 根据权利要求 25 的接触轴承,其中轴相对轴承旋转。
27. 根据权利要求 1-3 中的任何一项的接触轴承,其中每个支撑构件都有呈第一弯曲特性的第一方向和呈第二弯曲特性的第二方向,其中第一和第二弯曲特性是不同的。
28. 一种在接触轴承中适应不规则性的方法,该方法包括:
提供众多定义与第二滑动接触支承表面直接接触的第一滑动接触支承表面的支撑构件;
提供用来使众多定义第一滑动接触支承表面的支撑构件这样附着在它上面以致众多支撑构件从它上面伸出的基础;
以及
使众多支撑构件中的至少一个支撑构件相对第二滑动接触支承表面这样弯曲,以致至少一个第一滑动接触支承表面在移动时不再与第二滑动接触支承表面直接接触,以便适应第一和第二表面之间的任何不规则性。
29. 根据权利要求 28 的方法,进一步包括维持基础和第二支承表面之间的距离不变。
30. 根据权利要求 28 的方法,其中所述不规则性为游离颗粒,所述方法进一步包括:
将颗粒从第一滑动接触支承表面和第二滑动接触支承表

面之间移开;

允许颗粒驻留在借助在第一滑动接触支承表面中定义的空隙中或通过该空隙移动。

接触轴承和在接触轴承中适应不规则性的方法

相关的专利申请

这份申请要求美国专利临时申请第 60/297,427 (2001 年 6 月 11 日申请) 和 60/363,696 (2002 年 3 月 12 日申请) 号的利益。

本发明的技术领域

本发明涉及接触轴承,更具体地说,涉及增加了使用寿命的滑动接触轴承。

本发明的现有技术

轴承被广泛地用于各种各样的应用。代表性的应用实例包括简单的门铰链、内燃机、重型施工设备、使轴承遭受腐蚀材料、磨蚀颗粒和非润滑环境的其他应用。在这些应用和其它应用中,轴承承受被连接的物体之间的接触力,同时允许物体通过直线运动、旋转运动或两者的组合彼此相对运动。

磨损是通过延长使用能发生的轴承的降级。磨损往往与阻碍物体之间相对运动的摩擦的增大相关联。摩擦的许多起因也有助于磨损,包括游离的颗粒划伤支承表面嵌入和在支承表面严酷的相互作用。这些起因也能导致轴承损坏和/或在轴承使用期内不断地增大摩擦。

已知现有技术的轴承通过提供一个比它接触的表面软得多的表面确定划伤之所在。有一个软得多的表面通过允许大多数划伤发生在比较软材料中减少摩擦。在这方面，在软材料上切割出凹槽(划伤)比进入非常硬的材料切割出凹槽需要比较少的能量，所以作为结果的摩擦力被减少。至于减少的程度，使一个表面变得比较软可以允许游离颗粒嵌入比较软的表面，因此实质上将颗粒从表面之间的界面移去。现有技术的轴承还通过引入颗粒陷阱允许颗粒集中远离支承表面减少支承表面之间的颗粒数量来减少划伤。在现有技术中已通过减少通过提高支承表面光洁度继续存在的毛刺相互作用的数量和严重性确定毛刺相互作用之所在。

划伤或毛刺相互作用对于一些类型的轴承不是棘手的问题。例如，对于在正常情况下在操作期间不造成彼此直接接触的流体动力轴承，划伤和毛刺相互作用是较少关心的。

本发明的概述

本发明的轴承适合就受控的相对运动支撑对置的支承表面。轴承是为了具有长的使用寿命通过确定可能减少轴承寿命的磨损的一些起因之所在构成的。轴承可能包括一个或多个特征，每个独立地或在组合中对延长轴承寿命和减少摩擦作贡献。

在一个实施方案中，接触轴承包括基础和众多悬臂式支撑构件。每个支撑构件都有直接或间接附着在基础上的第一端和从基础伸出的自由的第二端。第二端是为滑动接触对置的支承表面而构造和设计的。众多支撑构件是为支撑对置的支承表面而构造和设计的，而且每个第二端是为通过移动适应在第二端和对置的支承表面之间的任何不规则性(例如游离的颗粒)而构造和设计的。

在另一个实施方案中，接触轴承包括基础和众多从基础伸出的支撑构件。支撑构件是为支撑对置表面和允许滑动接触而构造和设计的。众多支撑构件也是为将对置的表面支撑在距基础某个固定距离而构造和设计的。众多支撑构件中的每个构件都能够彼此独立地移动，借此当众多支撑构件中至少有一个移动的时候，众多支撑构件中其它的构件维持对置表面实质上在该固定距离上。

在又一个实施方案中，接触轴承包括众多盘片，这些盘片按层叠结构排列，以致一个盘片的表面被安排与另一个盘片的表面毗邻。每个盘片都包括基础和众多从基础伸出的支撑构件。支撑构件是为通过滑动接触支撑对置表面而构造和设计的。

在接触轴承中适应毛刺的方法也被揭示出来。该方法包括提供众多直接接触第二滑动接触支承表面的第一滑动接触支承表面，以及使至少一个第一滑动接触支承表面相对第二滑动接触支承表面弯曲。使表面这样弯曲，以致至少一个第一滑动接触支承表面脱离与第二滑动接触支承表面的直接接触移动，以适应第一和第二表面之间的任何毛刺或颗粒。

制造接触轴承的另一种方法也被揭示出来。该方法包括形成众多盘片，每个盘片都有基础、对置的第一和第二表面和众多从基础伸出的支撑构件。支撑构件是为通过滑动接触支撑对置的支承表面而构造和设计的。这些盘片被彼此毗邻地摞在一起，以致一个盘片的表面被安排与另一个盘片的表面毗邻。

减少接触轴承的压力方法也被揭示出来。该方法包括提供与第二滑动接触支承表面直接接触的第一滑动接触支承表面。第一滑动接触支承表面轴承有至少一个弯曲部分，而且使至少一个弯曲部分响应第二滑动接触支承表面的相应的运动这样弯曲，以致

第一接触支承表面实质上与第二滑动接触支承表面的弯曲形状一致。

在另一个实施方案中，为支撑移动构件而成形支承表面被揭示出来。支承表面包括众多被隔开的但彼此毗邻形成统一的支承表面的个别的表面片段，以及单独将所述的表面片段正常地支撑在所述对统一的支承表面上并且适合在局部作用力下离开所述的统一的支承表面运动的装置。

本发明的各种实施方案提供某些优势并且克服了现有的接触轴承的某些缺点。

本发明的各个实施方案也许并不分享相同的优势，如果分享，也并不一定在所有的环境下都均匀分享这些优势。这就是说，本发明提供很多优势，包括提高使用寿命和/或高性能特征的显著优势。

本发明进一步的特征和优势以及各种不同的实施方案的结构将在下面参照附图予以详细的描述。

附图简要说明

现在将作为实例参照附图描述本发明的各种不同的实施方案，其中：

图1是依照本发明的一个方面的圆筒形轴承的示意图；

图2是依照本发明的另一方面有包括局部柔顺表面的内表面的圆筒形轴承的透视图；

图2A 是轴承的示意端视图；

图3是依照本发明的第三方面有局部柔顺外表面的圆筒形轴承的透视图；

图4是依照本发明的第四方面有局部柔顺的内表面和外表面两者的圆筒形轴承的透视图；

图5A 是在两个对置的支承表面之间的划痕的透视图；

图5B 是在两个对置的支承表面之间毛刺相互作用的透视图；

图6是沿着图2A 的线6-6截取的示意图，它展示依照本发明的一个方面在轴承上形成的众多支撑构件；

图7是依照本发明的另一方面用安排在由支撑构件定义的间隙中的材料在轴承上形成的众多支撑构件的示意图；

图8A-8D展示依照本发明的几个方面在轴承上形成支撑构件的几个实施方案的示意图；

图9是依照本发明的一个方面的线形轴承的示意图；

图10是依照本发明的另一方面有局部柔顺表面的线形轴承的透视图；

图11是依照本发明的某一方面局部柔顺的轴承的示意图；

图12是依照本发明的另一方面有局部柔顺表面的圆筒形轴承的透视图；

图13是部份地用图12所示的实施方案获得的实验结果的曲线图；以及

图14是依照本发明的某一方面的另一个实施方案是示意剖视图。

本发明的详细描述

本发明的轴承适合用对置的支承面或支承表面支撑并且允许受控的相对运动。这种轴承是为了具有长的寿命通过把作为摩擦和磨损的许多起因之所在的局部柔顺的表面合并构成的。这种轴承可能包括一个或多个特征，每个特征独立地或在组合中对延长轴承寿命和/或在轴承的全部使用期中减少摩擦作贡献。

一方面，这种轴承包括众多从基础伸出的支撑构件。众多支撑构件能一起承受通过对置的支承面或表面施加在基础上的载荷。此外，众多支撑构件允许在对置的支承面之间滑动接触。支撑构件能独立地移动以适应不规则性，例如位于支撑构件和对置的支承面之间的毛刺或游离颗粒，以致磨损被减到最小，如同下面将予以解释的那样。为了在轴承的某些部分彼此相互挤压的时候有助于使对置的支承面之间的接触压力减到最小，众多支撑构件的某些部分也可能一起移动。

在一个实施方案中，轴承可能是为了将对置的支承面在垂直于轴承基础的方向上维持在实质上相同的距离和降低磨损的趋势而构造和设计的。这可以通过提供有众多支撑构件支撑对置的支承表面的轴承得以实现，当游离的颗粒或毛刺引起一个或多个支撑构件弯曲的时候，大多数支撑构件维持在对置的支承面之间的距离。

在一个实施方案中，轴承可能有众多附着在基础上的支撑构件，而且可能是通过把众多盘片放在一起构成的。每个盘片可能有从侧面伸出的支撑构件。

现在翻开附图，具体地翻到图1，本发明的实施方案和应用被展示出来。图1展示通过圆筒形轴承24安装在物体22内的轴20。轴可以围绕着它的中心轴线26旋转，或者可以沿着它的中心轴线相对物体22滑动。轴承24通过提供减少磨擦性质的表面促进轴和物体之间的相对运动。轴承24还可能被拆除和更换，这在滑动表面21被损坏或磨损的时候消除更换整根轴、或与物体配合的需要。图1的轴承24可以牢固地附着到轴20或物体22上或被允许相对轴和物体浮动。它可能包括完整的圆筒形区段；然而，轴承也能包括一起形成完整的或部分的圆筒的多个区段。此外，可能有一对以同心方式安排的两个分开的轴承，第一轴承牢固地附着到轴20上并且可相对牢固地附着到物体22上的第二轴承移动。

轴承允许以受控的方式发生滑动接触。受控的方式意味着在某些方向的运动被允许，而在其它方向被阻止或被限制。例如，图1的圆筒形轴承24允许沿着轴20的中心轴线26旋转和沿着同一轴线平移，但是通常阻止或减少在其它方向的横向运动或弯曲。其它的实施方案可能在外加其它特征，例如一对阻止轴平移通过或相对物体旋转的限位器（未示出）的情况下限制这些运动之一。

为了适应不规则性，众多可独立移动的支撑包括轴承的实施方案，例如图2所示的轴承，它展示从基础30伸出的支撑构件28像矩阵一样排列。支撑构件合作形成圆筒形轴承24的内表面32。每个支撑构件28包括附着在基础上的第一端34和适合接触对置的支承面的末端36。对置的支承面可能是穿过轴承中心的圆筒形的轴（未示出）。所有的支撑构件适合在滑动接触中一起支撑和控制轴。然而，独立的支撑构件28给局部柔顺的表面40提供为适应游离的颗粒创造条件、减少遭受划伤的损害和/或阻止因在表面毛刺或其它不规则性之间的接触招致的损害的能力。在本文中使用的术语“局部柔顺的”指的是支撑构件28为了适应任何不规则

性（例如，在轴承和对置的表面之间的游离颗粒或毛刺44）可以相互独立地移动。以这种方式，局部柔顺的表面能支撑对置的支承表面，同时能移动，以便在它的表面上适应在“局部的”点上的毛刺和游离颗粒。因此，通过允许支撑移动，游离颗粒被容纳在两个载荷支承表面之间，不会划开表面进入任何一个支承表面，直到游离的颗粒可以被有效地除去，例如，通过颗粒陷阱。支撑构件朝对置表面偏置，以致在不规则性被除去或者通过支撑之后，支撑能回到与对置表面接触。

局部柔顺的表面也允许对置的支承面在它们各自的接触之间维持比较大的接触表面。这在避免高应力接触方面可能是有益的。例如，如果图1中的轴试图围绕着不同于中心轴线的轴线弯曲，那么支撑构件在毗邻轴的点（它离中心轴线最远）将弯曲得比其它点大。允许这些支撑构件弯曲，在其它情况下较高的接触压力可能被分配在比较多的支撑构件上。这能导致比在传统的轴承中发现的峰值接触压力低的峰值接触压力。这种较低的接触压力减少与划伤和引起磨损和摩擦的毛刺相互作用相关联的问题的严重性。在这个意义上，局部柔顺的表面能用来形成“整体柔顺的”表面。

如同先前提到的那样，局部柔顺的表面是磨损和摩擦的一些起因之所在。这些起因中有一些（包括游离颗粒造成轴承划伤和毛刺相互作用造成轴承损坏）现在予以更详细地描述。划伤是用图5表示的，在图5中两个传统的支承面48被展示成彼此相对滑动，而且聚积成团的颗粒54卡在支承面之间。在两个对置的传统支承面48之间毛刺44的相互作用是用图5B展示的。

在划伤时，颗粒42或聚积成团的颗粒54卡在支承面48之间，随着支承面在彼此相对滑动的同时压向对方引起磨蚀损伤。当轴承48继续彼此相对滑动时，滑移运动沿着支承面拖拉颗粒，造成

进一步的损坏，最典型的是以沟槽50的形式。除了造成磨蚀损伤之外，形成沟槽50和由沟槽形成的更粗糙的表面的过程增大支承面之间经历的摩擦。

当颗粒划开表面进入支承面的时候，它们产生可能破碎远离支承面的附加磨蚀颗粒42。这些新的颗粒可能聚积成能进一步引起划伤损害的比较大的颗粒。当这种现象继续的时候，剥离作用可能在支承表面之一上发生。剥离作用是材料以片状形式从支承表面之一上脱落。剥离作用对支承表面是破坏性的，从而导致严重的磨蚀、充分地增大的摩擦、甚至可能导致轴承灾难性的损坏。

作为术语在本文中使用的毛刺44是小突起，它们可能以某种水平在图5B所示的支承面48上存在。这些小毛刺的大部份在它们被压向对方的时候将被迫进入与对置支承面的毛刺44接触。虽然为了支持支承面之间的接触压力，毛刺相互作用在某些水平上发生，但是较大的毛刺将对表面之间的摩擦和磨蚀有较大的贡献。毛刺44在它们相互作用时也可能断裂离开轴承，借此变成游离的颗粒42。大多数毛刺直径分布在1-5微米之间，但是能在0.5-30微米范围内变化。因彼此相对移动而断裂离开表面并且保持在支承面之间的毛刺可能聚积成对划伤现象作贡献的较大的颗粒。聚积成团的颗粒54在尺寸方面可能从5微米变化到数百微米。其它也能起因划伤的外来碎片颗粒在尺寸方面通常分布在20微米和80微米之间。

为了适应诸如游离颗粒、毛刺、外来碎片或其它表面缺陷之类位于本发明的支承面和支撑之间的不规则性，一个或多个支撑构件28可能如同在图2A中展示的那样异常地弯曲。因此，与其说不规则性划伤或以其它方式结合，不如说为了适应不规则性，支承面简单地移动，虽然在局部水平上。作为替代或补充，游离的颗粒可能落进安排在相邻支撑构件28之间的间隙56之一。一旦

在这样的间隙56，颗粒造成支承面损坏的可能性就减少。如果颗粒不落进间隙，它可能最后通过离开末端从支承面之间排出。

图2A 的支撑构件的末端部分的特写透视图把示意地展示在图6中，它是沿着图2A 的线6-6截取的视图。在这里，局部柔顺的表面40由多个从基础30垂直地伸出的有这样的末端部分的支撑构件28组成。在大多数实施方案中，支撑构件具有正方形的横截面，长度大约三到十五倍于它们的宽度，虽然本发明不局限于这些几何参数，因为许多其它几何参数也在本发明的预料之中。支撑构件被隔开，以便定义其间的间隙56。间隙56可以如同支撑构件本身一样有大致相同的尺寸。

在另一个实施方案中，例如，如图7所示，材料58被放置在由相邻的支撑构件定义的间隙56中。这种材料可能出现在一些或全部间隙56中。它可能填充整个间隙或者仅仅填充间隙的一部分，因为本发明在这方面不受限制。它可能包括进一步支撑构件28的元素。它也可能包括阻止可能驻留在其中的游离颗粒的积聚和防止支撑构件弯曲的物质。这样的材料可能是非常柔软的材料，以致它对支撑构件的弯曲不会产生不利的影响。在另一些实施方案中，材料可能包括能使支承面超时地付出的润滑剂。这可能随着支撑构件磨损自然而然地发生，因为在支承面中产生的热量引起润滑剂改变粘度而且朝支承面或通过其它已知的机构迁移。

现在回到本发明的各种不同的实施方案，并且具体地回到图2所示的有局部柔顺内表面的圆筒形轴承。这种安排是展示当轴承被另一个物体22固定的时候支撑相对于轴承24旋转和/或平移的轴20。图3和图4展示也有局部柔顺的表面40的圆筒形轴承的替代实施方案。图3的实施方案有在圆筒形的外表面上的局部柔顺的表面46。这种轴承可能被固定到轴的外表面上，以便与接触轴承的外表面的物体22一起运动并且支持其间的旋转或平移。图4

的实施方案包括在图2和3中展示的特征。它有两个局部柔顺的表面40，包括其圆筒形的内表面和外表面。这种轴承可以位于轴20和另一个物体（未示出）的圆筒形的内表面之间，以便支持轴20、轴承24和物体之间的相对平移和/或旋转。这种轴承适合在轴20和物体22的表面之间浮动。尽管这些轴承的局部柔顺的表面40是为接触传统的轴承或轴设计的，但是它们也可能用局部柔顺的表面接触另一个轴承。

在图3和图4中，这些实施方案的圆筒形的外表面有线形的和不垂直于基础的支撑构件。在图2和图3中，实施方案的圆筒形的内表面32有“狗腿”形的支撑构件，它们的末梢部分62在某种程度上与基础30垂直。狗腿构件的第一部分60有在支撑构件之间形成在靠近基础30的点横截面比较大的间隙56的实质上不变的横截面。这提供较大余地用来保留可能驻留在其中的游离颗粒42。尽管这些轴承是与特定的局部柔顺的表面40一起展示的，但是为了依照本发明的任何其它方面组成局部柔顺的表面，它们也在预料之中。

在图2-4中展示的实施方案展示支撑构件的一些不同的实施方案；然而，这些支撑构件能以许多不同的方式成形。另外，人们将注意到由为数众多的非常小的支撑构件组成局部柔顺的表面通常是优选的。然而，有特殊的加载要求的应用或预期暴露在较大的游离颗粒之下的应用可能从较少的和/或较大的支撑构件获益。此外，与形成为数众多的小型支撑构件相关联的费用可能使一些其它的实施方案变成符合需要的。在一个实施方案中，支撑构件在它们的末端有大约0.4毫米×0.4毫米的正方形的横截面，在其它的实施方案中，末端可能有2毫米×2毫米的横截面。此外，大多数支撑构件长度是其宽度的三到十五倍。其它尺寸适当的支撑构件可能被使用，因为本发明在这方面不受限制。

在一个实施方案中，如图8A所示，支撑构件是作为包括第一线形部分60和末梢的第二线形部分62的“狗腿”形成的。这两个线形部分60、62中任何一个都可能垂直于基础30，或者它们两个可能都不垂直于基础。狗腿的第一部份和第二部分的横截面可能具有同样的长度和横截面积，或者一个可能在一个或两个方面比另一个大。在支撑构件的末端64不垂直于基础30的场合，末端的楔形侧面66可能有助于通过迫使游离颗粒42远离支承面进入间隙56将它们从支承面之间除去。与对置的支承面形成锐角的末端侧面68当游离的颗粒42楔在对置的支承面和末端64之间的時候可能在促使支撑构件28弯曲方面是有用的。楔形侧面和形成锐角的侧面的构造也可能是通过使支撑构件28的侧面倾斜或斜切支撑构件28的侧面或者以不同的方式安排支撑构件形成的，因为本发明在这方面不受限制。

图8B展示变横截面的支撑构件。改变横截面可能有助于实现特定的应用所需要的弯曲特性。它也可能允许支撑构件的末端64在它通过延长与对置的支承面接触经历任何磨损的时候增大横截面。随着末端64被磨掉，引起支撑构件的长度减少，末端对应的面积70将增大。当这种情况发生在为数众多的支撑构件上的时候，将增加局部柔顺表面的净面积。在面积方面的这种增加将减少每个支撑构件经历的接触压力，这可能降低其后经历的磨损率。即使它们的长度减少了，支撑构件仍然能够支撑对置的表面，因为它们部分地由于采用悬臂和成角度的设计具有朝对置的表面弯曲或折曲的趋势。

支撑构件28的补充实施方案是在图8C和图8D中展示的。图8C描绘不垂直于基础30的支撑构件的设计，而图8D描绘包括弓形形状72的支撑构件。这些支撑构件的末端可能被设计成以垂直的或不垂直的方式从基础伸出。弓形形状72可能包含不变的曲率

或作为替代包含可能适合特殊应用的分曲率。本文中描述的任何实施方案的支撑构件28可能连同其它形状同一的支撑构件一起使用，或者它们可能与这项发明描述的或考虑到的支撑构件的任何组合起来使用。虽然展示了支撑构件各种不同的形状实例，但是人们应该领会到本发明在这方面不受限制，因为其它形状适当的支撑构件都可以被使用。另外，只要为了适应任何毛刺或颗粒末端能移动，支撑构件可以从基础沿着任何适当的方向伸出。因此，虽然在某些实施方案中，支撑构件被展示成相对基础成特定的角度 θ ，但是任何角度都可能被使用，只要支撑能移动，例如，提供朝和远离对置表面的弯曲或折曲。

这些支撑构件中的每一个都能用各种各样的材料制成，包括但不限于诸如铝、黄铜、青铜、钢、钛、镍之类的金属或诸如聚合物、弹性体、尼龙、合成材料或复合材料之类的非金属材料，因为本发明在这方面不受限制，只要材料提供预期的弯曲特性即可。

本发明的各种实施方案都可以通过任何适当的方法制造。这些方法中的任何方法都可以被用来形成局部柔顺的表面，其特有的特性起因于所用支撑构件的不同几何形状、所用支撑构件的不同材料或支撑构件之间的间隔的混合。

在一个实施方案中，如图2-4所示，众多薄的、垫圈状的圆盘或盘片74被彼此紧邻地堆积成包括支撑构件的轴承。由薄盘片74的堆叠82形成轴承是提供某些利益的一种方式。例如，用堆叠的盘片制成的轴承结构容易进行调整。设计者能通过安排已经设计好的薄片结构74容易地构成轴承。对于预期轴承的某个长度或其它尺寸的特殊应用，设计者可能仅仅需要确定需要多少薄盘片74才能适应特定的长度和盘片应该有哪种类型的支撑构件28。在这些实施方案中，如同其它情况一样，不同厚度的盘片74、用不同

材料制成的盘片74和/或有不同类型或形状的支撑构件28的盘片可以被混合，以便提供轴承不同的综合特性。例如，如果与最外侧的盘片78相关联的支撑构件更柔韧，轴20可能被允许围绕着与轴的中心轴线不同的某条轴线弯曲。这种效果在某些应用中可能是符合要求的。在其它应用中，相反的效果可能是需要的，在这种情况下支撑构件比较僵硬的盘片可能被放在轴承的外部边缘80附近，以阻止这样的运动。用其它的制造工艺制造的局部柔顺的轴承可以实现相同的效果。

图2-4展示侧面的支撑构件相似但在堆叠时让支撑构件28按相反的方向伸出的毗邻盘片。这种交替的支撑构件配置形成按不同的方向从基础30伸出的支撑构件的基体。这种特殊的结构意味着支撑构件28朝毗邻的盘片弯曲，在这种情况下，将可能在弯曲某个短距离之后接触另一个支撑构件。当它在与盘片方向平行的方向上弯曲的时候，它可能移动较大的距离。以这种方式，支撑构件28可以在不同的方向适应不同的运动。类似的结果可以通过修改支撑构件的横截面形状获得。例如，矩形横截面将在各种各样垂直于其边缘80的方向上有不同的弯曲特性。当然，本发明在这方面不受限制，因为支撑构件可以按相同的方向伸出。

尽管图2-4展示的实施方案包括一摞每个都有支撑构件28从其上伸出的薄盘片，但是其它的实施方案可能在毗邻的盘片之间包括隔离盘片（未示出）。相同的效果可能是在通过其它技术简单地在每个支撑构件的四周形成空间制造的实施方案中实现的。这样的实施方案或许能为支撑构件28在某些方向更容易弯曲创造条件。图6所展示的实施方案有安排在支撑构件28四周的间隙56。其它的实施方案可能是这样安排的，以致间隙连续地从支承面的一个边缘延伸到支承面上对置的边缘。这样的安排可能容易提供通向用来清除聚积颗粒的间隙的通路。

具体的利益已被描述，因为它们存在于特定的包括一摞薄盘片的实施方案中。然而，这些相同的利益和其它利益可以用通过其它技术制造的局部柔顺结构获得。例如，在这些技术中有一些包括全部或部份地通过用诸如机械加工、丝状放电加工（wire EDM）、剪切、激光切割、水切削之类的方法从整块的结构上清除材料来制作局部柔顺的表面结构。采用其它的制造方法，局部柔顺的表面可以借助诸如立体石印、3D 印刷或浇铸之类添加材料的工艺成形。其它的实施方案也可以通过材料的模压或弯曲成形。本发明描述和注视的各种不同的实施方案也可以包括如同薄片结构那样的定义局部柔顺的表面的零部件的组件。由零部件的组件形成的局部柔顺的表面的另一个实例包括将支撑构件用分开的零部件附着到基础上的实施方案。这些零部件可能是用橡胶、塑料或任何其它的适当材料制成的而且实际上可能是允许支撑构件如同将被讨论的那样弯曲的零部件。尽管讨论了几种制造工艺，但是其它适当的工艺也可能被使用，因为本发明不局限于在本文中讨论的任何结构或工艺。

图9是依照本发明的另一方面的线形轴承86的示意图。轴承86包括操纵在一个方向平移的U形横截面84；然而，其它的实施方案可能简单地包括这样的平面轴承，以致物体87、89可以在多个方向上彼此相对平移，因为本发明在这方面不受限制。与圆筒形轴承24一样，线形轴承86可能牢固地附着在物体87、89之一上，或者可能等同地被允许在两个物体之间浮动。线形轴承86也可能包括一对轴承，每个附着到物体之一上。线形轴承86可能是为适应物体87、89之间的连续的或间断的接触而设计的。例如，在间断接触的情况下，第一物体可能是在它通过平移经过边缘之一滑动完全离开第二物体的应用中，或者它可能是在它垂直地升高离开轴承的应用中。

与先前讨论过的实施方案相关联的任何特征也可能被并入线形轴承结构，反之亦然。例如，图10所示的实施方案包括众多摞起来的盘片74，每个盘片都有众多支撑构件28，从而形成有局部柔顺的表面40的线形轴承。该轴承被展示成与传统的轴承48对置，虽然它也可能与另一个局部柔顺的表面40对置。图10展示的特定的轴承可能允许在与其局部柔顺的表面平行的任何方向上平移或旋转。其它的实施方案可能把限制这种运动或允许附加运动的特征合并。这样的附加运动可能包括一个轴承86相对另一个倾斜。

形成轴承的盘片可以采用任何适当的技术相互连接。在一个实施方案中，如图10所示，每个盘片74上的孔88可以接受销钉、铆钉或螺钉，以便将盘片对齐和/或将盘片锁定。翼片、在薄盘片边缘的凹陷，在薄盘片侧面的突起、甚至粘合剂、焊缝或支柱之类其它的特征可能被用来将盘片固定在一起，因为本发明在这方面不受限制。尽管盘片74被展示有可以用来把它们结合在一起的锁定特征，但是其它应用可能不需要盘片74相互固定。一些应用甚至可能允许盘片74在操作期间彼此相对移动。尽管如此，其它的应用可能包括由一块材料形成的局部柔顺的表面，借此消除将盘片固定在一起的需要，因为本发明在这方面不受限制。

图11展示局部柔顺的表面40的另一个实施方案。在这里，图2的实施方案被展示有呈螺旋形的凹槽90部署在局部柔顺的表面上。这些凹槽是可能有助于将游离的颗粒42从支承面之间除去的颗粒陷阱的一种形式。当轴20相对局部柔顺表面旋转的时候，任何颗粒42将被允许掉入凹槽90，其后将被困住或被挤出轴承24的一侧以便清除。这样凹槽帮助除去太大以致无法适合部署在支撑构件28之间的间隙56的外来颗粒42。尽管凹槽被展示成从一侧连续地延伸到另一侧的螺旋，但是它不局限于这种结构。凹槽90也

可能是线形的或者包括适合清除在轴承之间的颗粒42的任何其它形状，因为本发明不局限于任何特定的形状。此外，凹槽90不需要从轴承的一侧完全延伸到另一侧。例如，凹槽90可以从中部开始并且仅仅一个侧边延伸，或者可以有多种凹槽从表面的中心附近交替地朝轴承两侧延伸。尽管凹槽90被展示成与圆筒形轴承24相关联，但是它也可能出现在线形轴承86或任何其它轴承结构中，因为本发明在这方面不受限制。

图12展示用与在图2-4、10和11中描绘的那些不同的方法制作的轴承结构。这种轴承24不包括多个摞起来的盘片74，而是一整块实心材料，其中塑造了多个支撑构件28，以形成局部柔顺的表面40。轴承的局部柔顺的表面是通过切割出很多平行于圆筒的中心轴线的凹槽92制作的。很多垂直于圆筒的中心轴线的薄切片94也被制成，以便横断凹槽和形成很多从基础30向内伸出的支撑构件28。在这个特定的实施方案中，局部柔顺的表面40不包括整个内表面32，而是仅仅包括其一部分。其它的实施方案能被制成包括整个内表面、外表面46的任何部分或用于需要的其它类型的轴承的任何表面。这个特定的轴承实施方案能被用于仅仅在一个方向上施加载荷的应用。在这种情况下，轴承对置的内侧96包括不对它施加相当大的力传统的支承表面。这个实施方案的圆筒形的外表面46包含用来锁定轴承对安装了轴承的物体的取向的键槽98。这个键槽或用来实现同样效果的其它特征可能被并入本发明其它的实施方案，因为本发明在这方面不受限制。

图13显示在局部柔顺的表面类似于图12中展示的那种局部柔顺的表面的原型轴承和传统的轴承两者上完成的测试的结果。原型和传统的轴承是用从相同的铝青铜合金材料制造的。500牛顿的名义载荷是通过在每个轴承内旋转的用1060调制钢制造的轴对每个轴承施加的。与摩擦相关联的扭矩是在测试的进程中对

每个轴承测量的。图13展示与每个轴承相关联的扭矩在完成测试的时段里的变化。与图12的轴承相关联的磨擦扭矩值在每个测试试验中实质上超时地保持恒定不变。然而，与传统的轴承相关联的磨擦扭矩在比较短的时段之后戏剧性地增加。这种增加与过度磨损、毛刺相互作用或其它的不规则性和传统轴承的最终失灵相关联。进一步的测试是在将由直径小于0.4毫米的颗粒组成的沙子混合物添加到传统的和原型的两种轴衬中的情况下进行的。在这个试验中，图12的轴承经受的磨擦扭矩确实增加；然而，轴承不出故障。传统型轴承在引入沙子混合物之后立刻被卡住。

图14展示由零部件的组件形成的轴承的另一个实施方案。在这个实例中对置的支承表面包括传统的轴20。圆筒形的轴承包括一系列安排在弹性体混合物100（例如，合成橡胶、氯丁橡胶、柔韧的塑料等）中的承载支撑构件28。在一个实施方案中，支撑构件被模塑到弹性体混合物中。这种弹性体混合物也被粘接到某种固体的外部基础30（例如，金属管）上。当支撑构件28按角度安排的时候，或者当支撑构件被安排垂直于轴20的时候，局部柔顺性能用这样的实施方案获得。弹性体混合物100可以是柔韧的和适度地可压缩的，从而允许每个支撑相对周围的支撑构件独立地移动，借此实现局部柔顺性。这种类型的设计可以是极高的载荷完成的，因为支撑构件的尺寸可以非常小，从而为许多支撑构件和对应的接触点创造条件。此外，每个支撑构件28上的载荷能分布在比在其它的实施方案中大的面积上，因为支撑构件的横截面能接触基础30或弹性体混合物100的比较大的区域。换句话说，支撑构件的面积是 π 乘以针径平方，但是支撑构件28粘接到基础30上的区域可以是支撑轴28的周长乘以支撑构件28嵌入的长度。

本发明的其它的实施方案可能包括适用于旋转接触轴承的局部柔顺的表面。尽管这样的轴承主要地是为旋转接触设计的，但是它们确实在微量水平上有摩擦和磨蚀的滑动成份。局部柔顺的表面的适当的应用可能被用在旋转接触的轴承上，以减少磨损和摩擦，以及可能更健壮和更耐冲击载荷的系统上。

已详细地描述了本发明的一些实施方案，各种不同的修正和改进对于熟悉这项技术的人将毫不迟疑地发生。这样的修正和改进倾向于落在本发明的精神和范围内。因此，前面的描述仅仅是举例说明，不倾向于作为限制。本发明仅仅如同权利要求书及其等同物所定义的那样受到限制。

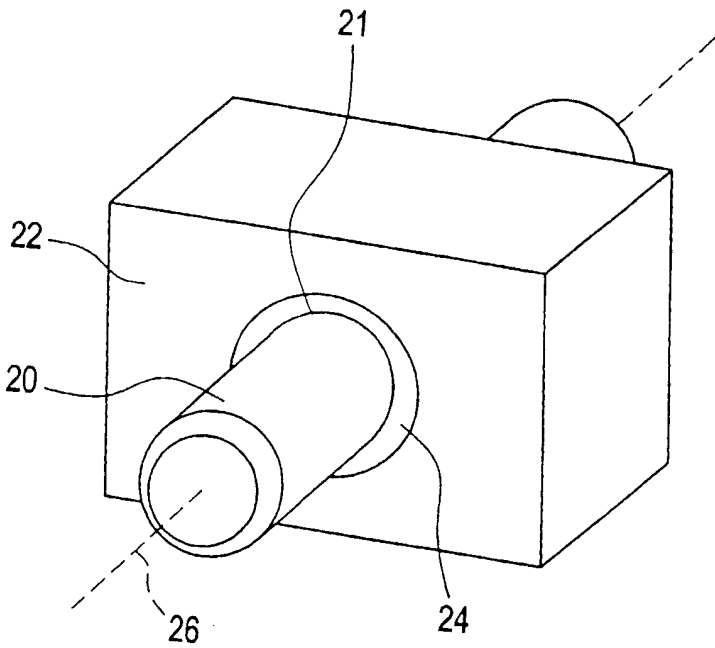


图 1

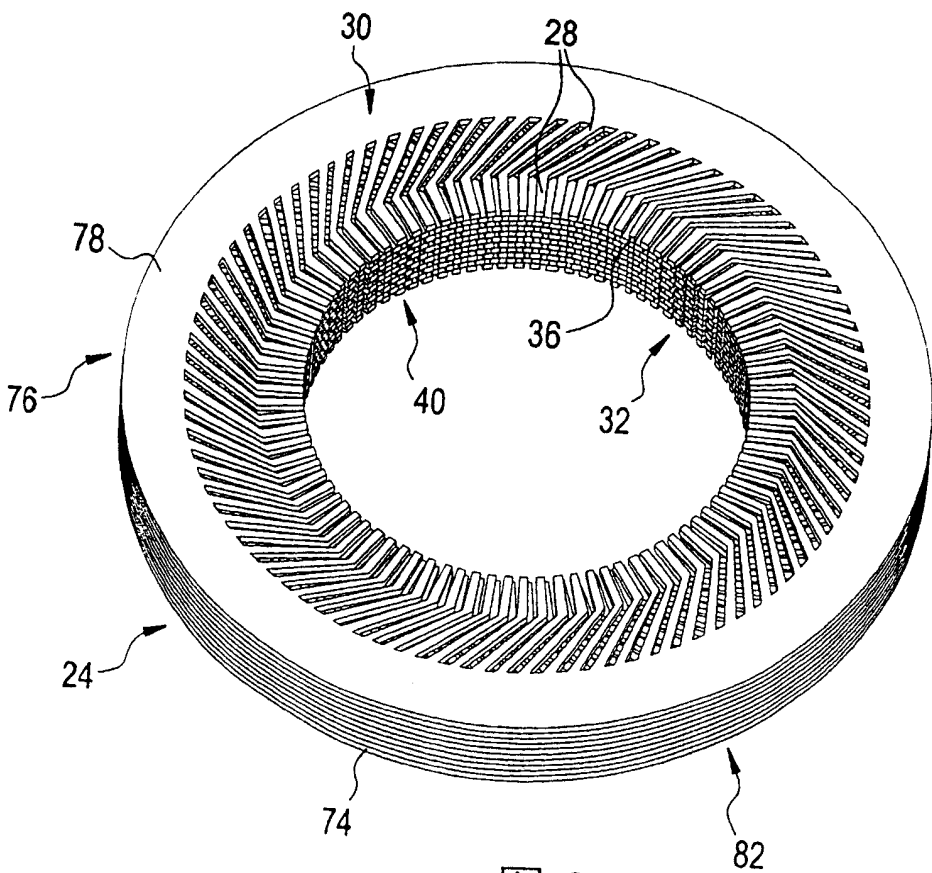


图 2

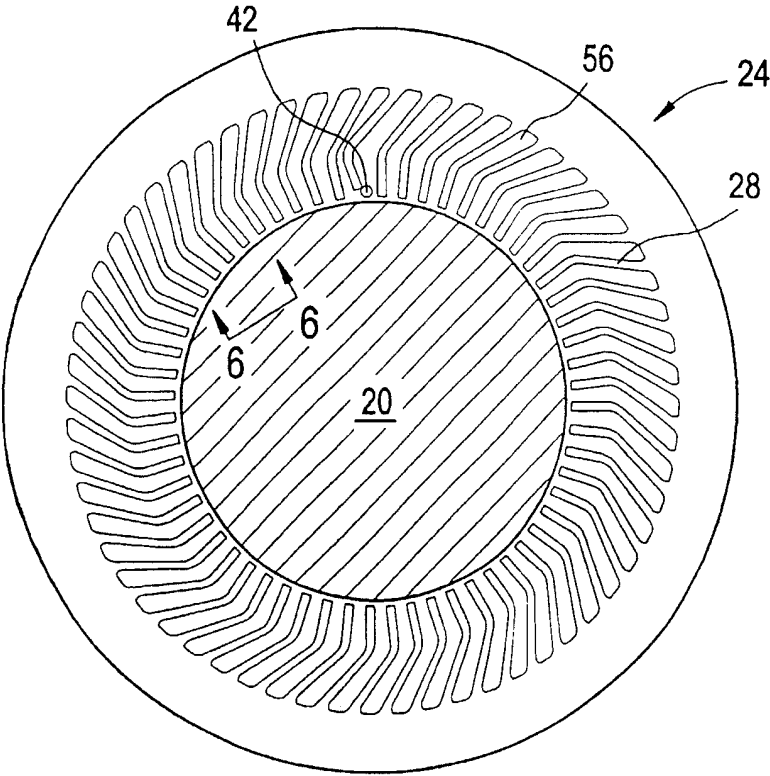


图 2A

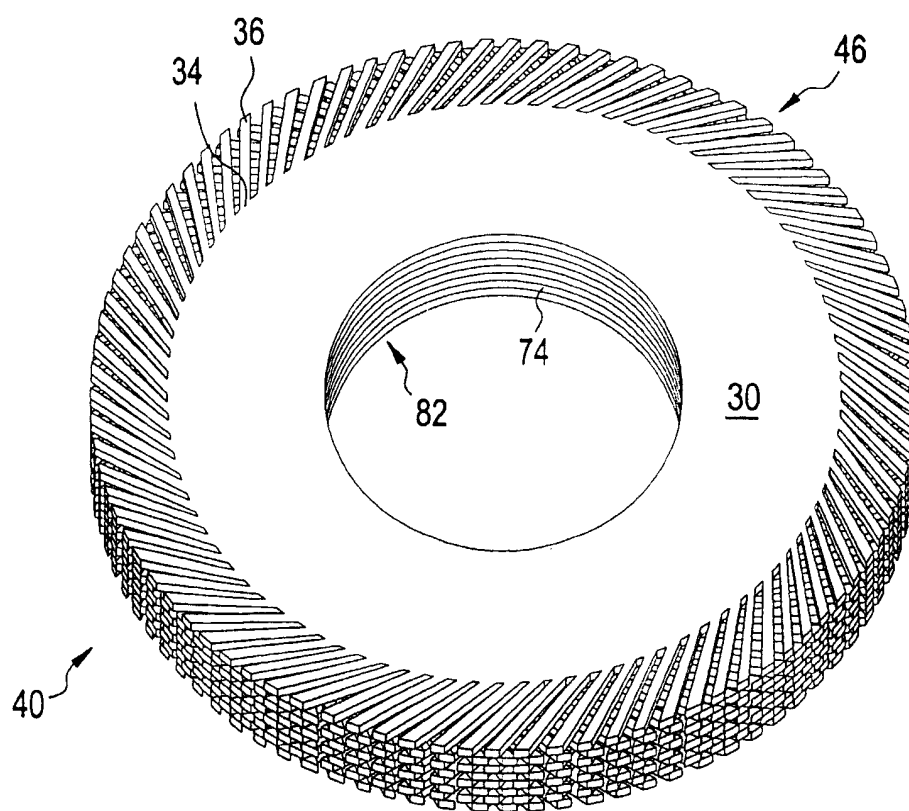


图 3

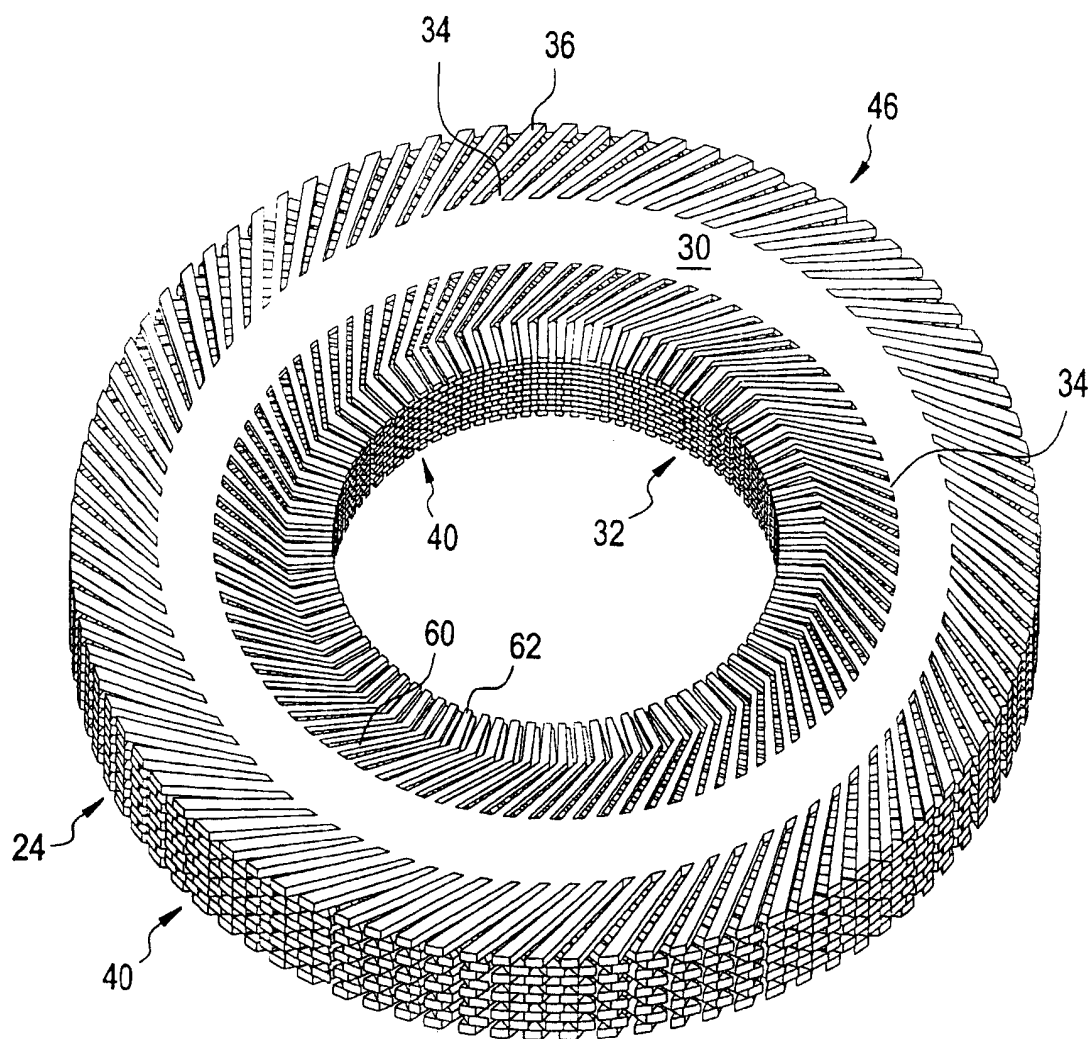


图 4

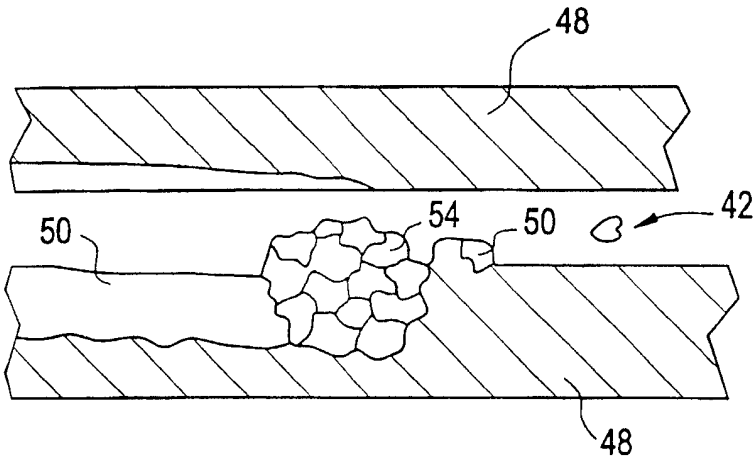


图 5A

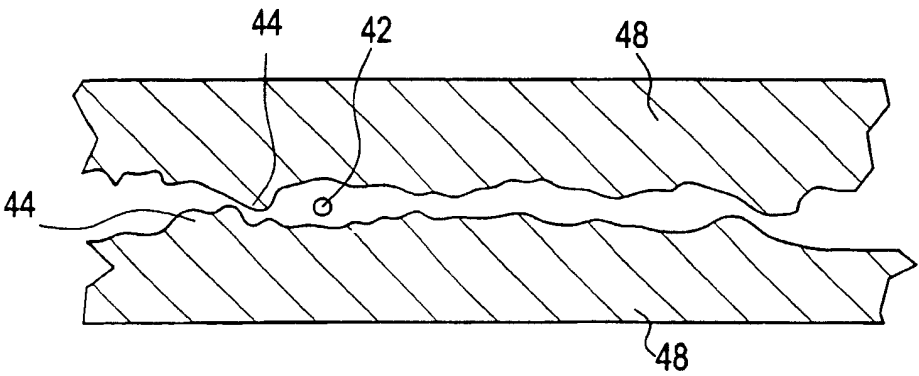


图 5B

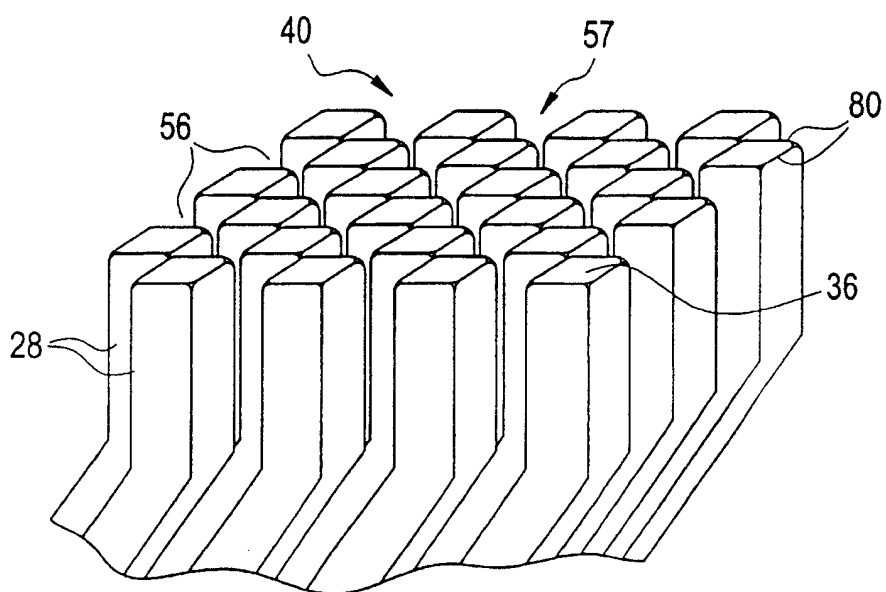


图 6

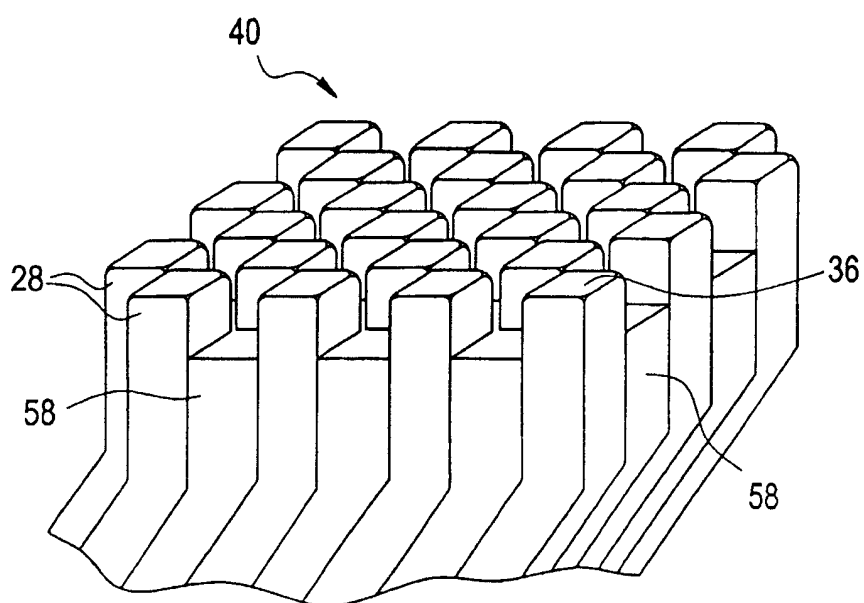


图 7

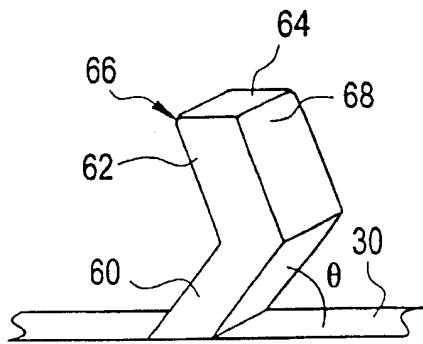


图 8A

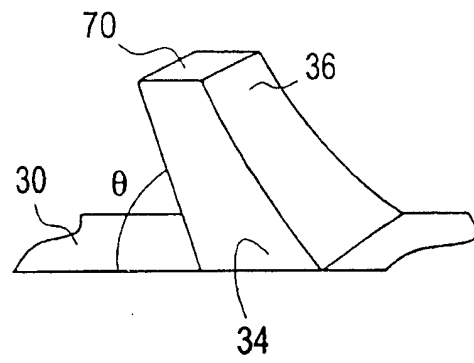


图 8B

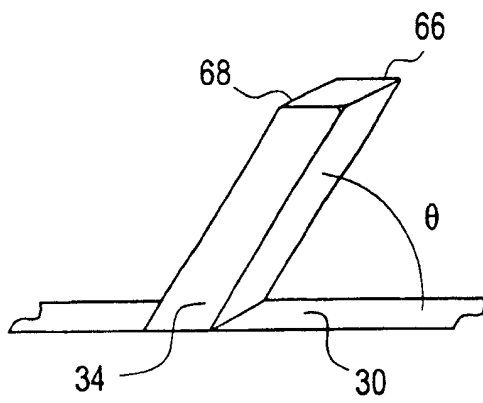


图 8C

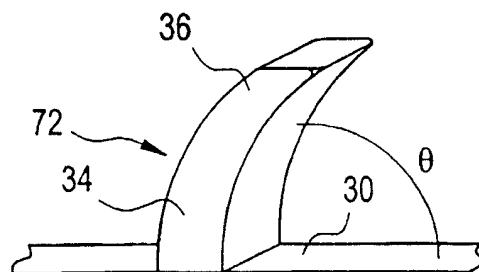


图 8D

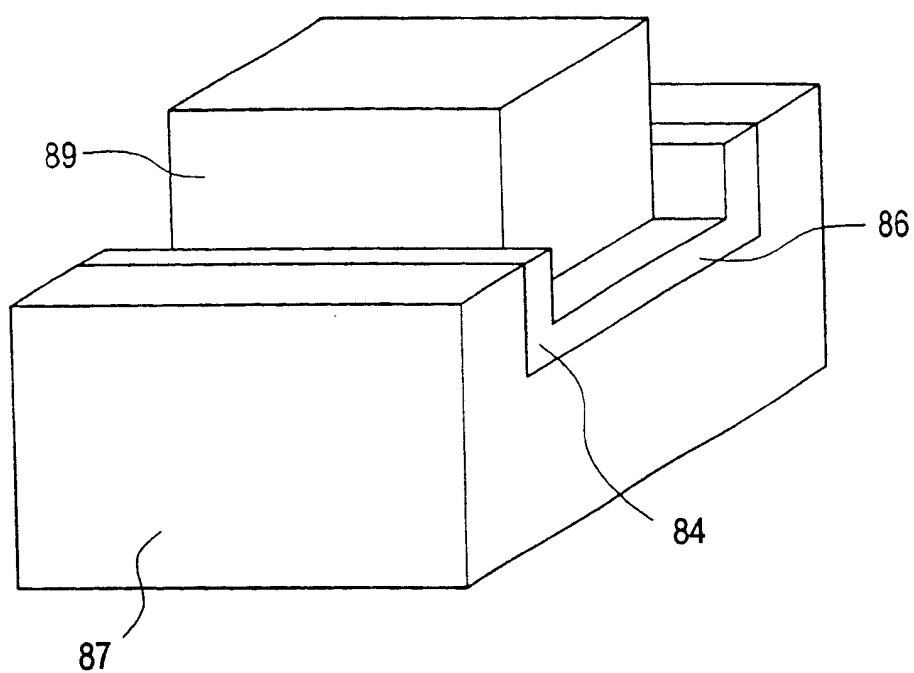


图 9

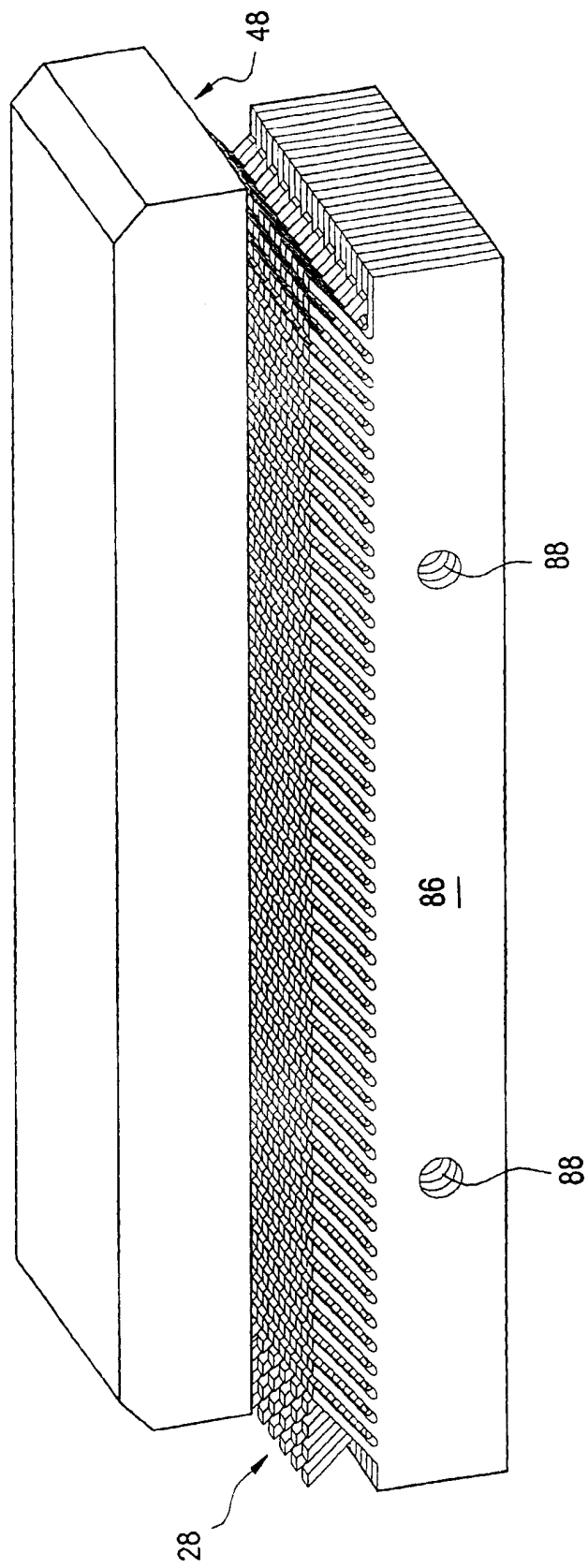


图 10

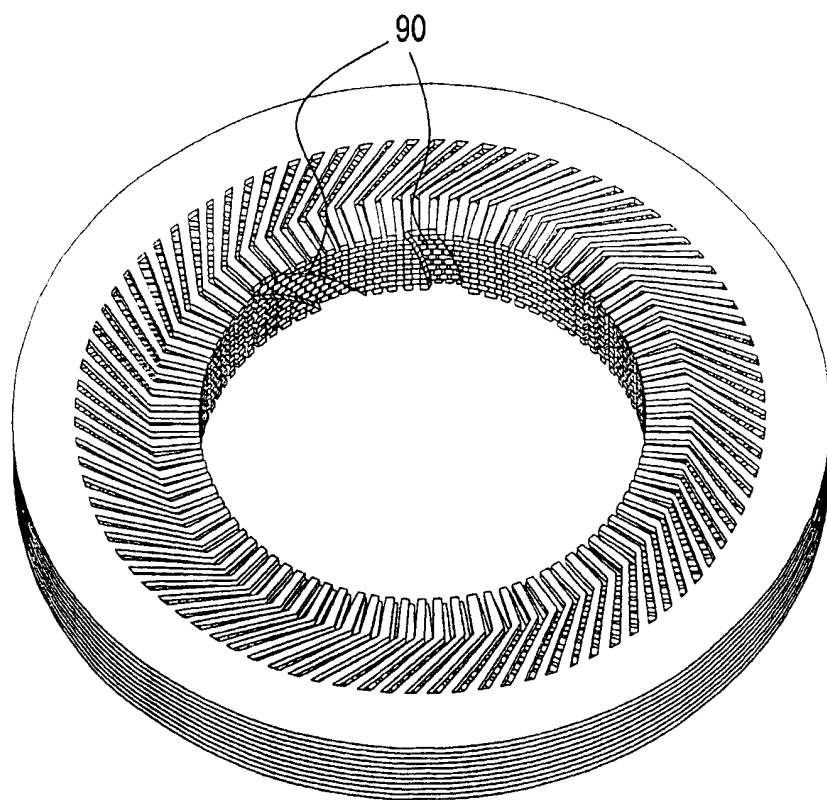


图 11

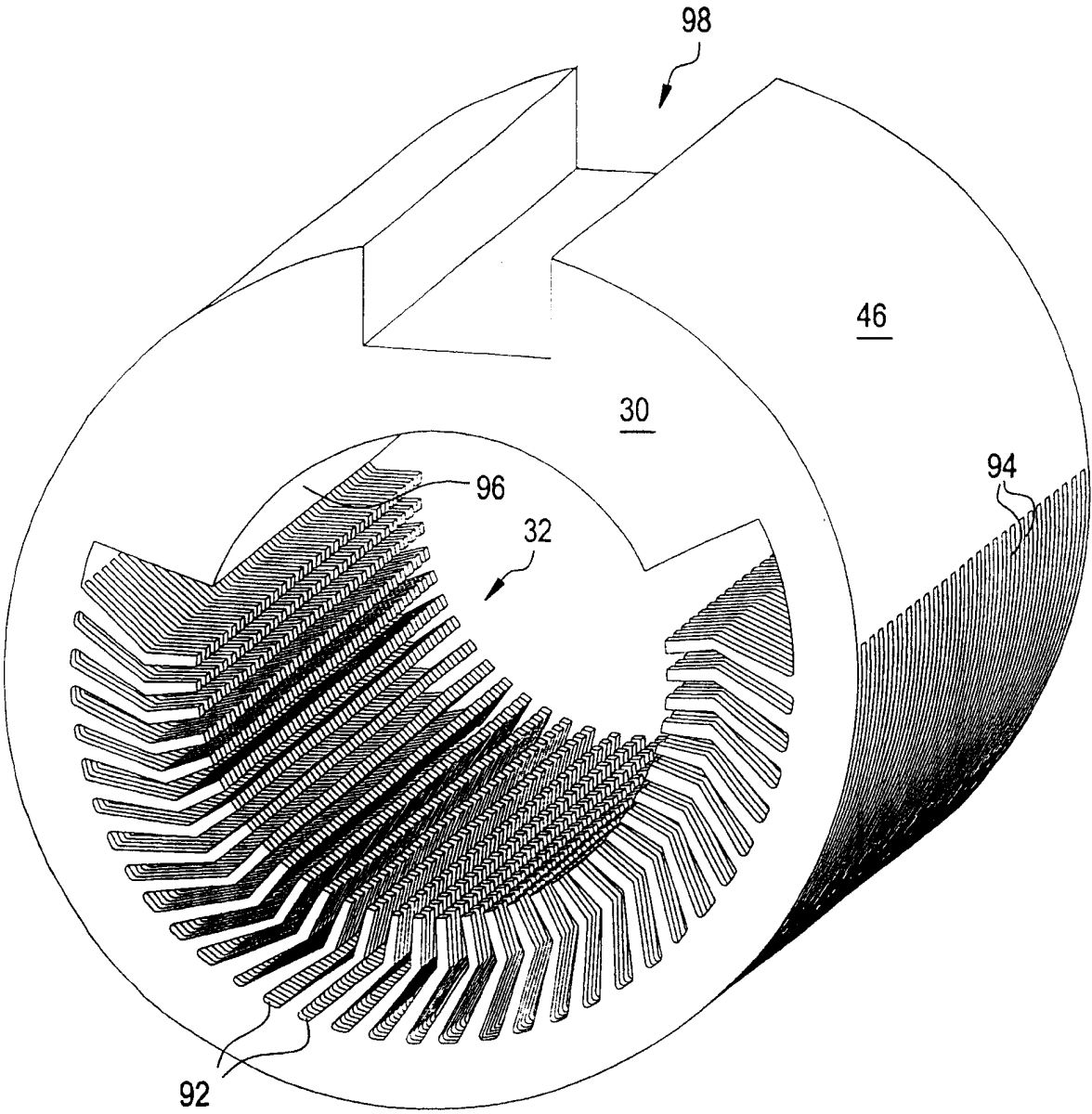


图 12

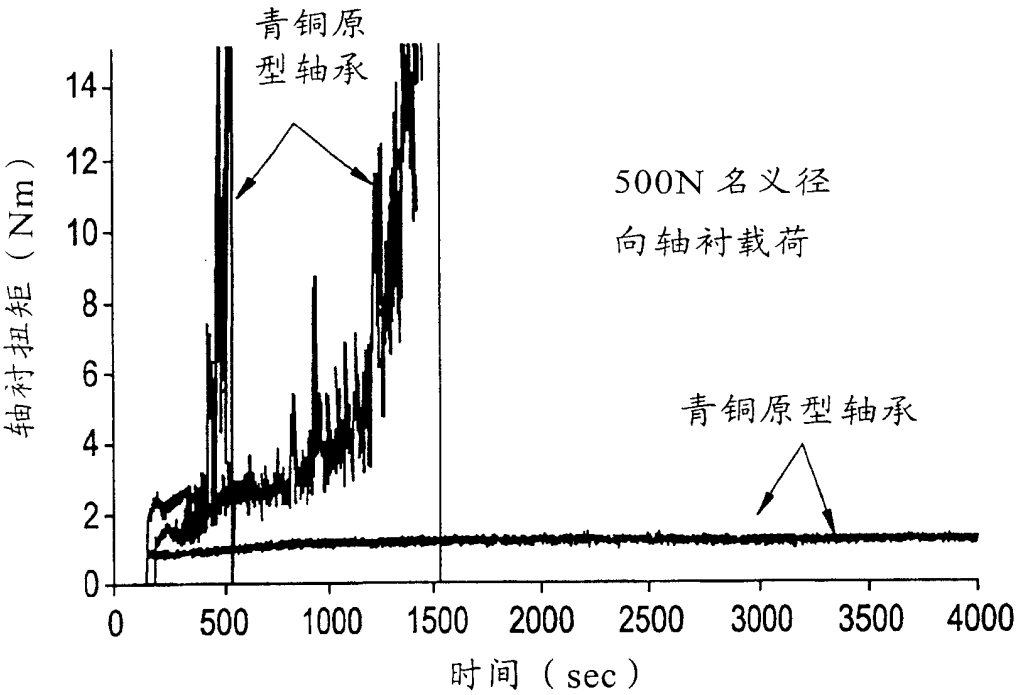


图 13

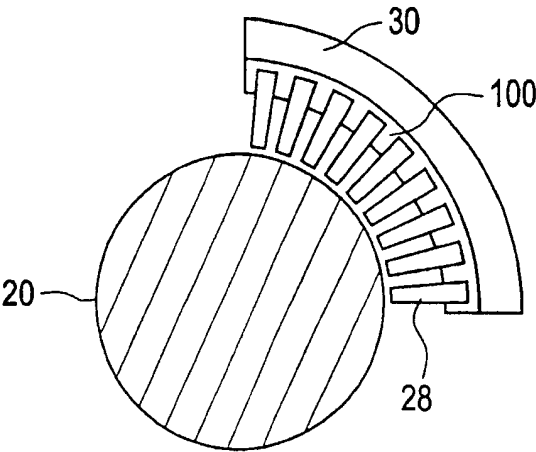


图 14