

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610134118.9

[51] Int. Cl.

F16C 19/06 (2006.01)

F16C 33/58 (2006.01)

F16C 33/32 (2006.01)

F16C 33/44 (2006.01)

B23Q 5/54 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009年1月7日

[11] 授权公告号 CN 100449162C

[22] 申请日 2006.11.2

[21] 申请号 200610134118.9

[73] 专利权人 沈阳建筑大学

地址 110168 辽宁省沈阳市浑南新区浑南
东路9号沈阳建筑大学

[72] 发明人 吴玉厚 李颂华

[56] 参考文献

US6033120A 2000.3.7

CN1586814A 2005.3.2

CN2076175U 1991.5.1

US6158894A 2000.12.12

角接触轴承的配置方式. 王红梅等. 农机
化研究, 第2期. 2005

全陶瓷轴承的研究现状及其应用前景. 王
重海等. 现代技术陶瓷, 第3期. 2003

审查员 杨庆国

[74] 专利代理机构 沈阳技联专利代理有限公司

代理人 王德荣

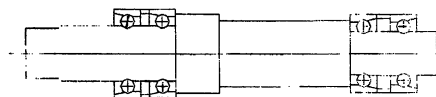
权利要求书1页 说明书7页 附图2页

[54] 发明名称

一种无内圈式热等静压氮化硅全陶瓷球轴承
及其制造方法

[57] 摘要

一种无内圈式热等静压氮化硅全陶瓷球轴承及其制造方法, 涉及一种机械配件, 包括有陶瓷外圈、保持架、陶瓷球及高精度机床主轴, 该球轴承为角接触型, 外圈和主轴分别设有一个各自的外滚道和内滚道, 彼此面对面, 各自的凹面朝着对方, 外圈带有锁口, 滚动体陶瓷球设置在滚道之间, 主轴和陶瓷球、陶瓷轴承外圈装配成一体, 轴承和机床主轴为分离式安装。高精度无内圈全陶瓷轴承加工工艺步骤可分为粗研、半精研、精研、超精研、抛光, 本发明应用在机床主轴单元上, 其轴承本身采用陶瓷材料, 结构简单, 重量轻, 耐高温, 极限运转速度高。



1. 一种无内圈式热等静压氮化硅全陶瓷球轴承，包括有陶瓷外圈、保持架、陶瓷球及高精度机床主轴，其特征在于，该球轴承为角接触型，外圈（1）和主轴（2）分别设有一个各自的外滚道和内滚道，彼此面对面，各自的凹面朝着对方，外圈（1）带有锁口，滚动体陶瓷球（3）设置在滚道之间，主轴和陶瓷球、陶瓷轴承外圈装配成一体，轴承和机床主轴（2）为分离式安装；陶瓷球（3）为氮化硅陶瓷烧结而成；保持架（4）采用全陶瓷保持架或聚醚乙酮材料制成，采用外圈引导结构。

2. 一种无内圈式热等静压氮化硅全陶瓷球轴承的制造方法，其特征在于，高精度无内圈全陶瓷轴承加工工艺步骤可分为粗研、半精研、精研、超精研、抛光，由粗到精分多道工序来完成，轴承圈以及主轴上的沟道采用金刚石定型砂轮（7）进行高速精密研磨；加工陶瓷球（3）的制造方法为锥形研磨法；外圈（1）需要用金刚石定型砂轮（7）进行沟道的磨削加工，其沟道的加工分成由粗到精的阶段，需要相应粒度的金刚石定型砂轮（7）和选择相应的磨削速度进行加工，最后抛光阶段用超精密磨削进行加工。

3. 如权利要求 2 所述的一种无内圈式热等静压氮化硅全陶瓷球轴承的制造方法，其特征在于，陶瓷球（3）的研磨分为粗研、半精研、精研、超精研、抛光阶段。

一种无内圈式热等静压氮化硅全陶瓷球轴承及其制造方法

技术领域

本发明涉及一种机械配件，特别是涉及一种高速高精主轴用的无内圈式热等静压氮化硅全陶瓷球轴承及其制造方法。

背景技术

氮化硅陶瓷具有比重轻、耐磨、耐高温、高弹性模量、高抗压强度及韧性、无磁性、绝缘等优良的综合特性，特别适于制造陶瓷球轴承和陶瓷主轴等高速机床陶瓷部件，并在机械、电子、航空航天、化工等领域广泛应用。与主轴配合的轴承是数控机床的关键部件，轴承精度的高低以及使用寿命都与生产密切相关，故高精度长寿命的轴承是实际生产中所需要的。

自从1972年第一套陶瓷轴承研制成功开始，世界上的各工业强国就一直在竞相开发、研制新一代更高性能的陶瓷轴承，从产业化入手，进行相应的设备、工艺、工装等一系列的开发、研制，在材料制备、产品加工、生产组织及大规模实用化工艺开发等方面，投入了大量的人力、物力。从应用结果上看，最突出的效果是较大幅度地提高了轴承的使用寿命和极限转速，为发展高速和超高速精密机床提供了基础零部件。除此以外，在高温、腐蚀、绝缘、真空等行业的应用也已取得了良好效果。如在高速主轴部件中，陶瓷轴承的 $D_m \cdot n$ 值已达到212~250万；在高温领域，陶瓷轴承耐高温已达到800℃；可在强酸、强碱、盐等一些高腐蚀性介质中长期稳定地工作。当今世界上著名的

轴承巨头们无一不在开发、生产陶瓷轴承，而产品质量的高低，已成为衡量其企业实力的一个重要标志。

通常，陶瓷球轴承可分为混合式陶瓷球轴承(Hybrid Ceramic Ball Bearing)和全陶瓷球轴承(All-ceramic Ball Bearing)两种。目前，国内绝大多数科研机构和企业对于陶瓷轴承的研究还仅限于混合式陶瓷球轴承，而且许多研究单位还处于试验研究阶段。而对于全陶瓷球轴承的研究在我国才刚刚起步，除极少数单位做了些基础研究之外，还没有进行更多的试验和产业化工作。当前，国内能够形成产业化规模，生产陶瓷球轴承的企业非常少，陶瓷球轴承型号不全，品种较少，而能研制并生产特种无内圈全陶瓷球轴承的单位更是没有。目前，国际上发展应用的高速陶瓷轴承主要是混合型，即滚动体用陶瓷材料制造，内外圈仍用轴承钢材料制造。由于生产工艺、成本价格等方面的因素，全陶瓷轴承的应用受到了一定的限制。但是，由于工程陶瓷所具有许多优良的性能，如较高的硬度和强度、很强的耐腐蚀、耐磨损、耐高温能力和良好的化学惰性等，以及全陶瓷球轴承的设计制造技术进一步成熟，其必将在机械、航空航天、化工、军事、电子电器以及精密制造等领域得到日益广泛的应用。

发明内容

本发明的目的在于提供一种无内圈式热等静压氮化硅全陶瓷球轴承及其制造方法，该无内圈全陶瓷球轴承与机床主轴进行装配，可提高轴承的转速和数控机床高速主轴的刚度、精度、使用寿命，达到高速高精密的加工目的。

本发明的目的是通过以下技术方案实现的：

一种无内圈式热等静压氮化硅全陶瓷球轴承，包括有陶瓷外圈、保持架、陶瓷球及高精度机床主轴，该球轴承为角接触型，外圈和主轴分别设有一个各自的外滚道和内滚道，彼此面对面，各自的凹面朝着对方，外圈带有锁口，滚动体陶瓷球设置在滚道之间，主轴和陶瓷球、陶瓷轴承外圈装配成一体，轴承和机床主轴为分离式安装。

如上所述的一种无内圈式热等静压氮化硅全陶瓷球轴承，其陶瓷球为氮化硅陶瓷烧结而成；保持架采用全陶瓷保持架或聚醚乙酮材料制成，采用外圈引导结构。

如上所述的一种无内圈式热等静压氮化硅全陶瓷球轴承，该轴承的主要的参数：如陶瓷球直径、陶瓷球数目、沟道曲率半径、外圈沟道直径、外圈沟位置、锁口高度，可通过优化设计软件或程序进行优化设计。

一种无内圈式热等静压氮化硅全陶瓷球轴承的制造方法，高精度无内圈全陶瓷轴承加工工艺步骤可分为粗研、半精研、精研、超精研、抛光，由粗到精分多道工序来完成，轴承圈以及主轴上的沟道采用金刚石定型砂轮进行高速精密研磨；加工陶瓷球的制造方法为锥形研磨法；外圈需要用金刚石定型砂轮进行沟道的磨削加工，其沟道的加工分成由粗到精的阶段，需要相应粒度的金刚石定型砂轮和选择相应的磨削速度进行加工，最后抛光阶段用超精密磨削进行加工。

如上所述的一种无内圈式热等静压氮化硅全陶瓷球轴承的制造方法，其陶瓷球的研磨分为粗研、半精研、精研、超精研、抛光阶段。

本发明的优点与效果是：

1. 本发明的轴承本身采用陶瓷材料，其结构简单，重量轻，耐高温，极限运转速度高。
2. 本发明是一种可装配的角接触型的全陶瓷球轴承，与传统的轴承相比，在滚动中产生的热量较少，弹性变形小，运转精度高。
3. 本发明的轴承受热量影响小，延长了轴承的寿命、提高了轴承高精度和高速稳定性能，并大大降低了维修保养的成本。
4. 本发明为全陶瓷球轴承，应用在机床主轴单元上，在运转过程中的寿命比传统的钢球轴承提高了3倍以上，并可在无须添加润滑油脂的情况下正常运转。
5. 本发明将传统的陶瓷内圈摒弃，取而代之的采用将主轴上加工出轴承沟道，将主轴和陶瓷球、陶瓷轴承外圈装配成一体，不但能实现原来传统轴承的支撑作用，而且较原来相比结构简单、重量轻、转速高。

附图说明

图1为本发明无内圈陶瓷轴承与主轴配合示意图；

图2为本发明无内圈陶瓷轴承结构示意图；

图3为本发明保持架主视图；

图4为本发明保持架左视图；

图5为本发明锥形陶瓷球研磨装置示意图；

图6为本发明陶瓷外圈加工示意图。

具体实施方式

高速高精度无内圈全陶瓷轴承包括：由热压氮化硅制成的外圈 1 和陶瓷球 3，由 PEEK（聚醚乙酮）制成的保持架 4、由钢制成的带沟道的主轴 2。其中内圈已由机床主轴代替，可以实现高速的转动，而陶瓷外圈则按传统轴承的安装方式固定在轴承座内，由于结构的特殊性，本发明采用可装配式的轴承设计安装方式。

该球轴承是角接触型的，也就是说，外圈 1 和主轴 2 分别有一个各自的外滚道和内滚道，他们彼此面对面，各自的凹面朝着对方，外圈 1 带有锁口，使得轴承经装配好后不可分离。该球轴承的装配采用外圈 1 加热膨胀，以进行装配。陶瓷球滚动体 3 设置在滚道之间，并在径向与设计成基本承受径向和一定轴向负荷的轴承中的这些滚道滚动接触。陶瓷球 3 由氮化硅陶瓷烧结而成，其精度水平至少达到钢球的 G5 级精度，部分达到钢球的 G3 级精度。

由于轴承外圈和轴承球均采用热压氮化硅做为材料，其加工表面会产生不同的裂纹，故本发明给出的高精度无内圈全陶瓷轴承加工工艺可分为粗研、半精研、精研、超精研、抛光等几个步骤，由粗到精分多道工序来完成。轴承圈以及主轴上的沟道采用金刚石定型砂轮进行高速精密研磨。陶瓷轴承装配后达到 P4 级水平。主轴上加工出的沟道要进行精密的研磨加工，并进行后期处理才能和陶瓷球进行装配，以延长其使用寿命。因为陶瓷球的硬度大，不能和主轴材料直接接触。需要进行表面处理，达到理想的接触摩擦状态。轴承球采用锥形研磨加工工艺，由于工艺划分科学，故研磨效率高、陶瓷球精度高。加工后的陶瓷球精度可达到 G3、G5 级水平。圆度 $\leq 0.08\mu\text{m}$ ，表面粗

糙度 $\leq 0.01\mu\text{m}$ 。

陶瓷球 3 的制造方法为锥形研磨法。研磨时，上研磨盘 5 安装在传动轴上，传动轴与机床主轴之间采用柔性件连接，并带动上研磨盘随机床主轴一起以角速度旋转，下研磨盘 6 安装在机床的底座上固定不动，待研磨的陶瓷球置于上研磨盘与下研磨盘之间的沟槽之中。该机床主轴是钻床主轴，该主轴能在 100~1200 转/分之间进行有级或无级调速，并能使上研磨盘对陶瓷球施加向下的研磨压力，该研磨压力能随不同工序的研磨要求进行调节。陶瓷球的研磨也分粗研、半精研、精研、超精研、抛光等阶段，这是因为陶瓷球的要求比较高，表面的研磨质量直接关系到轴承的精度和使用寿命等方面。

外圈 1 的加工与球的不同，外圈需要用金刚石定型砂轮 7 进行沟道的磨削加工。沟道的加工也要分成由粗到精的阶段。这就需要不同粒度的金刚石定型砂轮 7 和选择不同的磨削速度进行加工。尤其到最后的抛光阶段，这关系到轴承套圈的使用寿命。所以要用超精密磨削进行加工。

本发明由于在高速的条件下运行，故本发明采用外圈引导结构的保持架。这是因为高速主轴轴承正常运转时，保持架运转速度远低于轴的运转速度。由固定不动的外圈挡边引导保持架，可大大减少保持架与引导面间的碰擦与振动，使轴承的工作更稳定。高速主轴轴承内圈散热条件差，更应得到更为充分的润滑。采用外圈引导保持架，有利于使轴承得到充分的冷却与润滑。随球的转动，送入轴承内圈沟道的润滑油在球体的带动下和自身离心力的作用下，被不断抛入外圈沟

道，使引导面和沟道都得到良好的润滑。故在同等润滑条件下，外圈引导保持架的轴承寿命要长于内圈引导保持架的轴承。保持架采用全陶瓷保持架或 PEEK 材料制成的实体保持架，采用外圈引导结构。该结构还便于轴承的润滑和清洗。其中 PEEK（聚醚乙酮）是用于陶瓷轴承的最好的保持架材料。PEEK 与 HIPS 之间的摩擦系数最小为 0.028。而且，在整体陶瓷轴承实验中，证明能满足高速要求。为增加轴承自身储油能力，应在保持架上开出相应的油沟。

本发明设计过程中当轴承内径、外径和内圈宽度确定后，对其他参数进行了优化设计。使轴承性能最佳，寿命最长。其中主要的参数沟道曲率半径、内外圈沟道的设计等参数上进行了反复的优化，例如：外圈沟道直径、外圈沟位置、锁口高度等，以达到最佳的运动状态。

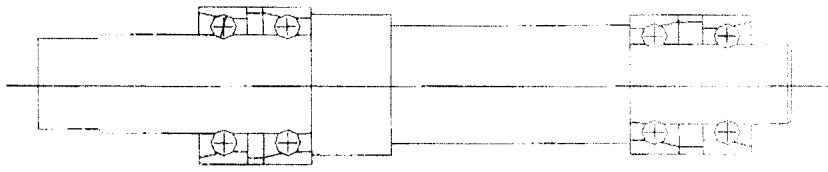


图 1

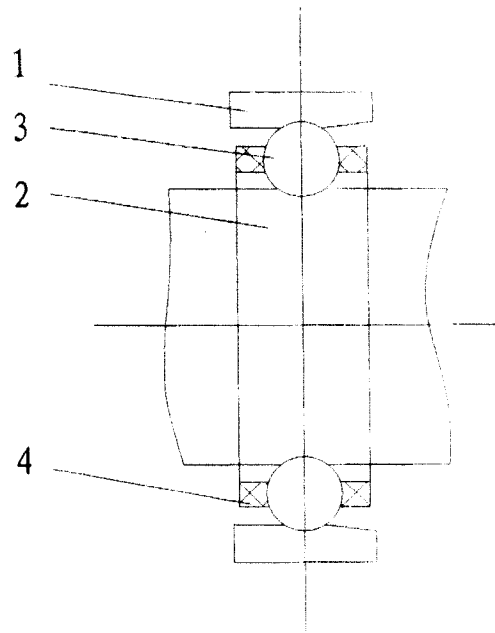


图 2

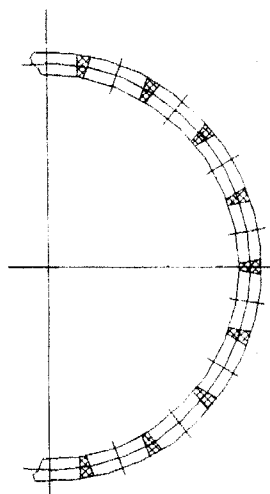


图 3

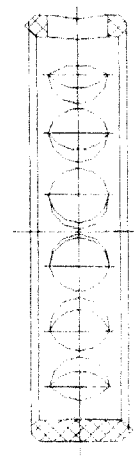


图 4

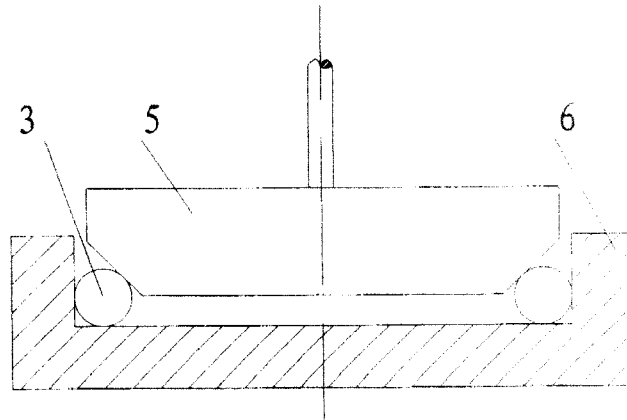


图 5

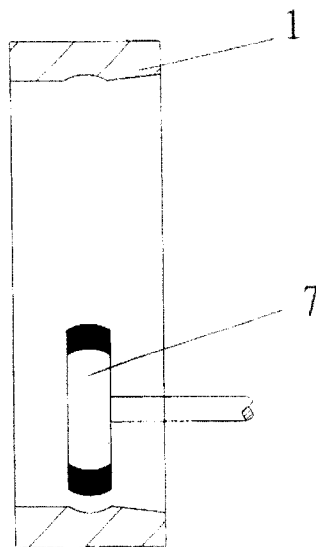


图 6