

文章编号:1001-2354(2000)08-0044-03

镶嵌自润滑关节轴承及其润滑材料的制备^{*}

盛选禹¹, 雒建斌², 温诗铸²

(1. 清华大学 核能技术设计研究院, 北京 100084; 2. 清华大学 摩擦学国家重点实验室)

摘要:采用镶嵌自润滑轴承替代船闸闸门支撑铰的原有轴承。镶嵌自润滑材料采用了超细粉 MoS₂ 作为主要成份,介绍了镶嵌自润滑材料的制备过程。自润滑复合材料具有良好的润滑性能,能够满足实际需求。

关键词: 自润滑; 关节轴承; MoS₂

中图分类号: Th117 **文献标识码:** A

1 简介

闸门是船闸、水闸等水工建筑物中一个很重要的部件,而闸门的支撑铰对整个闸门的安全运行起决定作用。支撑铰的作用是同弧形闸门支臂的支撑端相连接,将整个闸门所受的水压力和一部分门重传递给闸墩,并保证闸门启闭时能绕水平轴转动。

支撑铰一般在水下 6 m ~ 12 m 左右,大修比较困难,必须将闸内的水抽净才能进行,因此要求大修期长,一般为 10 年,这就要求支撑铰有较好的耐磨性。船闸闸门很重,在 10 t ~ 100 t 范围。船闸开启时,摆动角度为 70°,这些因素使得发生相对运动的材料比较容易发生磨损。同时,为了保证闸门的顺利启闭,要求支撑铰的内套和外套之间摩擦小。为保证达到这些要求,本文研制了用于支撑铰的镶嵌自润滑滑动轴承。

早期的自润滑关节轴承也是在滑动表面制备润滑膜以达到减摩效果,最早在西德汉诺威工业博览会上展出了 H. Elges 公司和 KG 公司制造的在外圈内表面涂有 PTFE 涂层的关节轴承,日本 NTN 公司也进行了这方面的研究,他们在关节轴承的内滑动面喷涂 PTFE 涂层,制备的涂层摩擦系数低,而且具有较高的抗磨性。将固体润滑材料作成整体零部件使用的例子很多,有塑料制成的齿轮、轴承、凸轮、滚动轴承保持架等,以及将具有一定特性的材料(如导电性很好的石墨材料、硬度很高的陶瓷材料等),直接作成零部件来使用,如石墨电刷、电接点、宝石轴承、刀刃支承等。镶嵌自润滑轴承目前在国内还是一个空白,瑞典 SKF 公司镶嵌自润滑轴承研

究比较早,本文中自润滑关节轴承的结构是模仿 SKF 公司类似轴承结构的设计,其结构示意图如图 1 和图 2 所示。

自润滑关节轴承对船闸和水闸非常重要。闸门是船闸、水闸等水工建筑物上一个很重要的部件,而闸门的支撑铰对整个闸门的安全运行起决定作用。支撑铰结构的主要部件就是自润滑关节轴承。支撑铰的作用是同弧形闸门支臂的支撑端相连接,将整个闸门所受的水压力和一部分门重传递给闸墩,并保证闸门启闭时能绕水平轴转动。

2 轴承结构

轴承内圈套采用铁基合金材料,外圈套采用铸造铝青铜材料。主要是考虑到铝青铜材料具有一定的耐磨性,同时还具有良好的润滑性能。自润滑材料镶嵌在外圈套的内表面,镶嵌材料的排列方式如图 1 所示,一排是 5 个孔,另一排是 6 个孔,两排交替排列,而且圆柱孔中心按正方形排列。每一套轴承共有孔 320 个,孔深 8 mm。每个轴承的外圈套有两个半套组成,首先通过离心铸造工艺铸造出轴承的外圈套,然后切割为两个半套,在外圈套的内表面打孔,镶嵌固体自润滑材料。在每个半套上镶嵌固体润滑材料后,将两个半套合套,加工成一套完整的关节轴承。关节轴承的装配示意图如图 2 所示,滑动轴承的接触面是球面,轴承适用于低速转动的工况,转速轴的中心线可调 2° ~ 3°。当关节轴承工作时,内圈套相对于外圈套滑动,固体润滑材料会转移到内圈套的表面,并形成一层非常薄的固体润滑膜,从而将外圈套和内圈套的表面分开,同时起到润滑

* 收稿日期:1999-10-15; 修订日期:2000-03-06

作者简介:盛选禹(1969-),男,博士,从事过耐磨涂层、固体润滑涂层、静摩擦机理、固体电解质制氧机的研究,现在主要从事反应堆结构件的设计和应力分析。

作用。

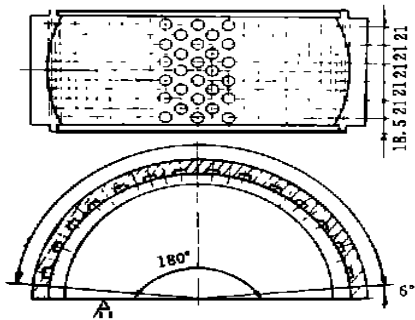
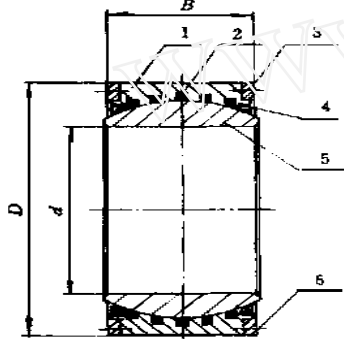


图1 关节轴承的外圈套及润滑材料的排列方式



- 1. 外圈套 2. 固体自润滑材料 3. 端盖 4. 橡胶密封圈
- 5. 内圈套 6. 螺钉

图2 关节轴承的装配示意图

3 镶嵌用固体润滑材料

所采用的固体润滑材料是一种复合材料,由清华大学研制,原来是应用在航天工业中。所研制的材料具有非常优异的润滑性能,一般情况下,摩擦系数可以达到0.05左右,润滑材料的摩擦系数见图3。复合固体润滑材料中有超细粉润滑材料作为其中的原料之一,其中的一种成份为MoS₂超细粉。作者曾经采用MoS₂为航天部门制备具有优异润滑性能的固体粘结涂层,试验证明,采用超细粉材料是使复合固体润滑材料具有低摩擦系数的重要原因之一。

MoS₂超细粉的参数如下:粉末平均粒度0.8 μm,含量为98.5%,其余杂质成份为SiO₂、Fe、MoO₃。

研制的固体润滑材料在镶嵌之前,要经过以下几个加工阶段:混料、烘干、压制成形、烧结、车加工。这几个阶段某一个控制不好,就有可能导致最终制备的材料达不到预期的性能。

混料就是把MoS₂超细粉与其它固体润滑材料和添加剂均匀混合在一起,目前作者采用的方法是把固体材料泡在工业酒精中,浸泡一段时间后,加入

氧化锆磨球,在磨球机上磨4h以上。若混料不均匀,则润滑材料的外观质量不好,材料的结合强度降低。在镶嵌之后,对外圈套内表面进行车加工时,可能会导致镶嵌材料断裂。

烘干是在120℃下,在烘箱内保温12h以上。若烘干不彻底,材料在以后的烧结中会造成一定的困难,没有烘干的液体成分使润滑材料在烧结时易燃。若烘干时间过长,润滑材料的性能发生改变,制备的润滑材料达不到预期的减摩效果。

压制成形是在自动控制的压力机上进行的。压制成形过程中,若压力过大,材料在烧结时容易断裂或在内部产生裂纹。

润滑材料的烧结是在有可控硅控制的电阻炉内进行,最高温度为410℃,升温总时间为6h左右。润滑材料的烧结非常关键,若温度控制不好,很难使润滑材料达到良好的减摩效果。烧结时电炉的温度超过设定温度的5%,材料就发生过烧,大部分材料被氧化,烧结后的材料既没有强度,也没有润滑性能。若温度稍低于设定温度,成份中的某些高分子材料没有转变为具有润滑性能的结构,则材料仍然达不到良好的润滑效果。

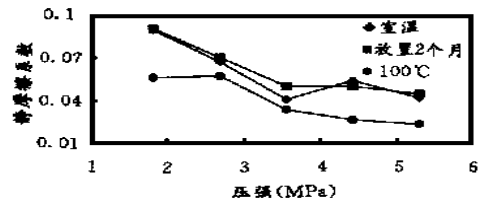


图3 固体润滑材料的摩擦系数

固体润滑材料的制备是镶嵌自润滑滑动轴承成败的关键。本文所采用的材料是经过两年多的试验,最终优选出的配方,并在润滑材料中首次采用了超细粉材料。

4 讨论

试验发现,为达到减摩的目的,在轴承表面上形成一层薄MoS₂转移膜是非常重要的。当试验开始时,静摩擦系数会比较大,若反复测量几次,静摩擦系数就会降低下来,而且波动范围很小,此时观察轴承表面发现有润滑膜存在。MoS₂具有极好的粘附性,工业上有将洁净的金属在MoS₂上滑动以便在金属表面形成MoS₂膜的例子。在本试验中,MoS₂采用超细粉,经对磨几次试验后,MoS₂便转移到对偶副的表面上。

采用超细粉MoS₂,涂层摩擦系数要小于使用一

般粒度的 MoS_2 。 MoS_2 的减摩作用是由于 MoS_2 具有层状结构,当晶粒的(0001)面与滑动方向平行时,层与层之间剪切强度低,容易相互错动。 MoS_2 晶粒取向在刚开始滑动不久时,就改变了,使晶粒的层与层之间更容易产生滑移。用超细粉材料, MoS_2 晶粒细小, MoS_2 晶粒取向更容易发生改变。

固体润滑剂选择搭配适当,可利用它们的协同效应,获得性能优异的固体润滑涂层。 MoS_2 与其它固体润滑剂在无机涂层中已有联合作为润滑剂的例子,在等离子喷涂涂层中也有应用,它们可以很好地降低摩擦系数。一般固体润滑剂具有层状结构,层与层之间容易滑动。其它固体润滑剂与 MoS_2 混合在一起,可以减小层与层之间其它非六方晶系物质的含量,使它们能够呈层状密排,提高晶粒的方向性,容易产生滑移层。

单独使用 MoS_2 作为润滑剂,当其杂质含量很低时,在真空条件下的摩擦系数很小,在 10^{-3} 的量级。如果 MoS_2 中有一些非六方晶系的不纯物质存在,破坏了晶粒的方向性,或者加速了 MoS_2 的氧化,即使有 MoS_2 存在,也起不到润滑作用。其它固

体润滑剂的润滑性能同样受不纯物质的影响,而且环境的影响也很大。当固体润滑剂含有水分时,摩擦系数增大,同时在使用过程中,无法保证固体润滑剂的纯度,因此,单纯靠一种固体润滑剂减摩效果并不明显,而利用 MoS_2 与其它固体润滑剂的联合作用是非常有意义的,制备的涂层减摩成果明显。

自润滑滑动轴承是第一次自行设计,因此在结构上还有很多值得商榷的地方。

如轴承外圈套的开孔问题,这些开孔是为了以后镶嵌自润滑材料。开孔深度为 8 mm。由于自润滑材料成本较高,开孔越深,加工孔的工时越多,使用的自润滑材料越多,轴承的成本越高。从实际应用角度考虑,外圈套不可能被磨损掉 8 mm,如果被磨损 8 mm,轴承早已经报废。因此为了降低成本,开孔深度可以减小。但为了润滑材料不脱落,轴的开孔深度也不宜太浅,改进后的孔深度定为 4 mm。

孔内径的大小和孔的排列方式也都没有经过严格的试验测试和分析,是设计者凭经验设计的,若孔的内径还可以减小,而且分布更稀疏一些,则能节省固体润滑材料的用量。

(上接第 10 页)

自由端 $y=0$

4 结论

通过高速齿轮的齿部修形技术研究,提出了一般高速齿轮齿部修形的通用设计原则和修形简化计算公式,避开了齿部修形的复杂计算,经生产实践

检验可有效地降低高速齿轮传动的振动和噪声。但对于特殊工况下高速齿轮修形的精确设计与计算,还有待于进行复杂的动态分析和进一步的理论研究。

参考文献

- [1] MAAG Gear Book [R]. 1963.
- [2] 萨本信. 高速齿轮传动设计[M]. 北京:机械工业出版社,1986.
- [3] 宋乐民. 齿形与齿轮强度[M]. 北京:国防工业出版社,1987.

(上接第 35 页)

强度非金属材料聚四氟乙烯制造。整台仪器的体积比改进前减小一半;经定性实验对比,实验时间节省约 50%,重复性提高 20%~40%;改进前整套系统较庞大、繁杂,只能在实验室应用,改进后系统紧凑、简单,不仅在室内,而且在室外也可操作,不会影响实验效果,为现场检测控制提供了有利条件。本实验机经一年的实际操作与检测,效果良好,各方面运行正常。

3 结论

(1) 本设计机构巧妙、结构简单、体积小,适合中小型单位、实验室装备及现场测试;

(2) 简化了操作过程,减少了实验时间,操作可靠,重复性较好;

(3) 节省材料,节约能源;

(4) 有利于实验的进一步系统化、集成化及应用计算机控制技术。

目前,在国内外尚未见到类似报道及类似产品,具有实现产品的系列化和推广的现实意义。

参考文献

- [1] B N 索柯罗夫. 离心分离理论及设备[M]. 机械工业出版社, 1986:10~32.
- [2] V L 道蒂, W H 詹姆斯. 机构学[M]. 台北:晓圆出版社,1994: 20~46.
- [3] 孙启才. 分离机械[M]. 北京:化学工业出版社,1993:62~74.