

DOI: 10.3969/j.issn.0254-0150.2011.11.007

镀银膜轴承在油和脂润滑下的摩擦性能*

曹萍¹ 白越² 张艳华³ 高庆嘉² 吴宏圣²

(1. 长春工程学院理学院 吉林长春 130022; 2. 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所 吉林长春 130033; 3. 长春奥普光电技术股份有限公司 吉林长春 130033)

摘要: 试验研究镀银膜轴承在干摩擦、润滑油和润滑脂复合润滑下的摩擦性能。试验结果显示: 在中低速下, 镀银膜轴承在银膜和液体润滑剂(油和脂)复合润滑下的摩擦因数仅相当于银膜干摩擦下摩擦因数的10%左右, 且变化平稳; 在高转速下, 试验轴承在银膜和液体润滑剂复合润滑下的摩擦因数随转速增加而增加, 且银膜与润滑脂复合润滑条件下的摩擦因数随转速增加得更快, 但仍小于银膜干摩擦下的摩擦因数; 镀银膜轴承在银膜和液体润滑剂(油和脂)的复合润滑下的磨损小于银膜干摩擦时的磨损; 中低速下, 镀银膜轴承在液体润滑剂(油和脂)复合润滑下的摩擦磨损性能远优于银膜干摩擦时的摩擦磨损性能。

关键词: 镀银膜轴承; 摩擦; 磨损

中图分类号: TH117.3 文献标识码: A 文章编号: 0254-0150(2011)11-029-3

Tribological Characteristics of Deposited Ag Film Bearing under Dry ,Oil and Grease Lubricating

Cao Ping¹ Bai Yue² Zhang Yanhua³ Gao Qingjia² Wu Hongsheng²

(1. School of Science ,Changchun Institute of Technology ,Changchun Jilin 130022 ,China; 2. Changchun Institute of Optics ,Fine Mechanics and Physics ,Chinese Academy of Sciences ,Changchun Jinlin 130033 ,China; 3. Changchun UP Optotech Co. Ltd. ,Changchun Jilin 130033 ,China.)

Abstract: The tribological characteristics of deposited Ag film bearing under dry ,oil and grease lubricating were analyzed by experimentations. The test results show that the coefficient of friction(COF) of deposited Ag film bearing under oil and grease lubricating is less 90 percent than the COF of deposited Ag film bearing under dry lubricating in the low and medium rotating speed ,the changes of the COF under oil and grease lubricating are more smooth than that of the COF under dry lubricating. The COF of deposited Ag film bearing under oil and grease lubricating increases with speed increasing in the high speed ,and the increasing of COF of deposited Ag film bearing under grease lubricating is faster than that under oil lubricating ,yet both are less than under dry lubricating. The wear of deposited Ag film bearing under oil and grease lubricating is less than that under dry lubricating. Synthetically ,the tribological characteristics of deposited Ag film bearing under oil and grease lubricating are greatly improved than that under Ag film dry lubricating.

Keywords: deposited Ag film bearing; friction; wear

精密运转部件表面沉积一层固体润滑剂可以有效减小摩擦,降低磨损^[1-3]。银及银基薄膜在高低温、真空环境下具有优良的润滑性能,在精密齿轮、轴承等运转部件中有广泛应用^[4]。国内外许多研究人员对

银和银基薄膜的摩擦和磨损性能进行了大量研究工作,使得银和银基薄膜的制备工艺和性能得到了极大的改善。

相比液体润滑,固体润滑在低速运转时表现出良好的特性,但固体润滑有其不可忽视的缺点:摩擦因数大;因热传导困难,摩擦部件的温度容易升高,不适合高速运转;产生磨屑污染摩擦表面;有时产生振动和噪声;自行修补能力差,软金属毕竟有一些流动性,也只能适量恢复其润滑性能,这些都是限制其广泛应用的主要因素。

当前,随着润滑要求的不断提高,单一润滑技术已经无法满足某些特殊应用场合的需要,因此,固-

* 基金项目: 国家自然科学基金项目(50905174); 吉林省自然科学基金项目(20101530); 吉林省科技发展计划项目(201101090); 教育部留学回国基金项目(20110430235)。

收稿日期: 2011-07-18

作者简介: 曹萍(1982—),女,博士,讲师,主要研究极限条件摩擦润滑学、半导体材料制备及表征。E-mail: caoping8233@yahoo.com.cn.

液复合润滑技术日益受到润滑研究者的关注^[5-6]。初步的研究结果表明,在一定条件下,固体润滑剂在与润滑油和润滑脂协同润滑时能提供优于单一润滑的复合润滑效果^[7-8]。当前,固-液复合润滑都是在摩擦试验机或自己开发的摩擦试验装置上进行,尚未见基于轴承的固-液复合摩擦试验方面的研究报道。

本文作者对镀银膜轴承在干摩擦、润滑油和润滑脂复合润滑下的摩擦和磨损特性进行试验研究,初步分析不同转速下镀银轴承在干摩擦、润滑油和润滑脂复合润滑下的摩擦和磨损特性,为镀固体润滑膜轴承在润滑油和润滑脂的复合润滑下的应用提供初步的试验依据。

1 试验部分

试验装置如图 1 所示,由 SZG-441A 手持数字转速表获得电机转速信号并对其速度进行调节;通过在加载盘放置砝码实现对摩擦副加载不同的载荷;由 Agilent 数据采集器(34970A)采集平行梁式高灵敏度压力传感器(CZL-608)输出的电压信号,然后对采集的数据进行处理分析得到摩擦副滑动摩擦因数。

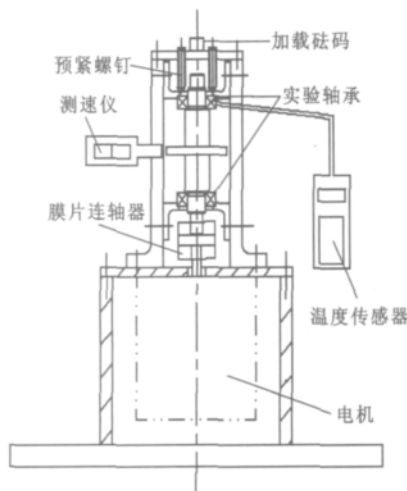


图 1 试验装置示意图

Fig 1 Test device sketch

试验用液体润滑剂分别为 4122 高低温仪表油和德国 FAG 轴承专用润滑脂 Arcanol L252, 4122 润滑油在 100 °C 时的运动黏度为 14.48 mm²/s; FAG 轴承润滑脂 L252 (KE2G-40) 的基础油为合成酯油,稠化剂为锂复合皂, FAG 脂在 40 °C 时的运动黏度为 150 mm²/s。

试验轴承采用角接触球轴承 7002C, 轴承内、外圈采用离子镀工艺在其表面制备银膜,其膜厚度为 1.06 μm,膜临界负荷 $p \geq 25$ N,承载能力 $w \geq 6$ GPa。制备的镀银试验轴承实物如图 2 所示。

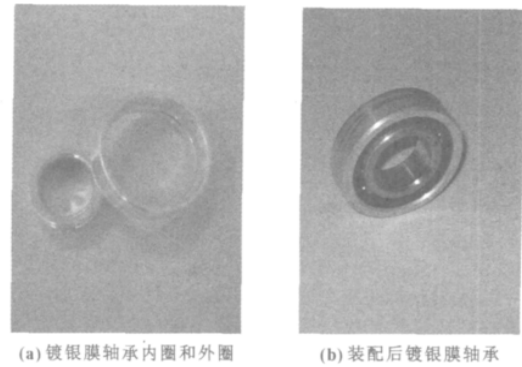


图 2 镀银膜试验用轴承

Fig 2 Deposited Ag film bearing for test

试验用轴承分为 3 组 6 只,第一组 2 只镀银膜轴承不加润滑剂,第二组 2 只镀银膜轴承加 4122 润滑油,第三组 2 只镀银膜轴承加 L252 润滑脂,润滑油和润滑脂的用量为轴承空腔的 1/5,该种条件下的润滑效果好^[9]。每组 2 只轴承分别用于摩擦和磨损性能试验。轴承添加润滑油和润滑脂后装配密封圈,保证在整个试验周期内良好的液体润滑效果。在 10 N 的外加载荷下,改变电机驱动转速,分析镀银轴承在干摩擦、加润滑油和润滑脂 3 种情况下不同转速下的摩擦因数变化。每组轴承在 10 N 的外加载荷下,保持 1 000 r/min 转速,连续旋转 12 h,分析镀银膜轴承在干摩擦、油润滑和脂润滑下的磨损特性。

2 结果与分析

摩擦试验结果如图 3 所示,可以看出,试验轴承在 4122 润滑油和 L252 润滑脂润滑条件下的摩擦因数均小于轴承在银膜干摩擦条件下的摩擦因数;在 0 ~ 1 200 r/min 的中低转速范围内,试验轴承在银膜和液体润滑剂(油和脂)的复合润滑下的摩擦因数仅相当于银膜干摩擦下摩擦因数的 10% 左右,且变化平稳;当转速高于 1 200 r/min 时,试验轴承在银膜和液体润滑剂复合润滑下的摩擦因数随转速增加而增加,且银膜与润滑脂复合润滑条件下的摩擦因数随转速增加得更快,但仍小于银膜干摩擦下的摩擦因数。

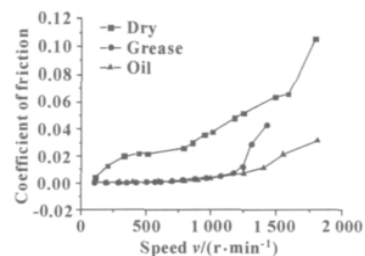


图 3 镀银膜轴承在干摩擦、脂和油润滑下的摩擦因数随转速的变化曲线

Fig 3 The coefficient of friction of deposited Ag film bearing under dry, grease and oil lubricating

磨损试验后轴承外圈磨痕如图4所示,可以看出,干摩擦试验后的磨痕为典型的“犁沟”状,磨痕较深;油润滑和脂润滑试验后的磨痕也接近“犁沟”状,磨痕较浅,边缘有“点”状磨痕,初步分

析是由于液体润滑剂在接触区的挤压冲击造成的。综合看来,银膜在润滑油和润滑脂复合润滑下的磨损远轻于干摩擦下的磨损,这也和前面摩擦试验的结果相对应。

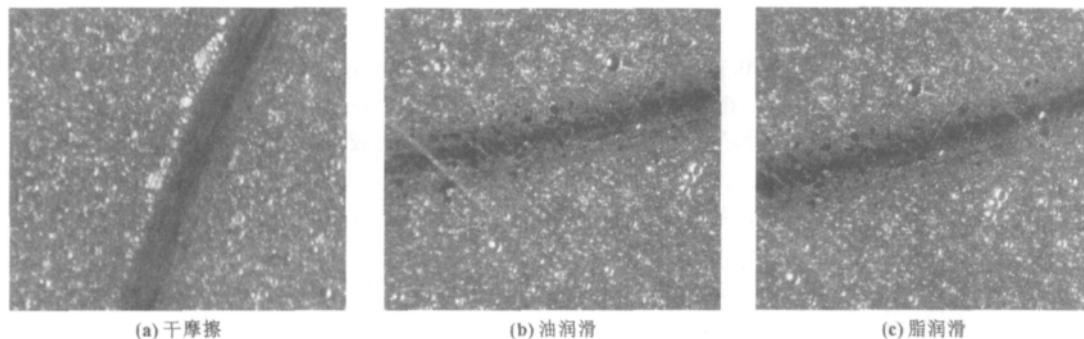


图4 磨损试验后轴承外圈磨痕

Fig 4 The wear scar of outer ring of the test bearing after wear experiments

3 结论

(1) 在中低转速下,镀银膜轴承在银膜和液体润滑剂(油和脂)复合润滑下的摩擦因数仅相当于银膜干摩擦下摩擦因数的10%左右,且变化平稳。

(2) 在高转速下,试验轴承在银膜和液体润滑剂复合润滑下的摩擦因数随转速增加而增加,且银膜与润滑脂复合润滑下的摩擦因数随转速增加得更快,但仍小于银膜干摩擦下的摩擦因数。

(3) 镀银膜轴承在银膜和液体润滑剂(油和脂)复合润滑下的磨损小于银膜干摩擦时的磨损。

(4) 中低转速下,镀银膜轴承在液体润滑剂(油和脂)复合润滑下的摩擦磨损性能远优于银膜干摩擦时的摩擦磨损性能。

参考文献

- 【1】 Baker C C, Chromik R R, Wahl K J. Preparation of chameleon coatings for space and ambient environments [J]. *Thin Solid Films* 2007, 515(7): 6737-6743.
- 【2】 周先辉, 孙友松, 魏良模. 边界润滑摩擦面固体润滑涂层技术发展的若干趋势 [J]. *润滑与密封*, 2006, 31(4): 175-178.
Zhou Xianhui, Sun Yousong, Wei Liangmo. Some developing trends of solid lubricant coatings on boundary-lubricated tribological interface [J]. *Lubrication Engineering*, 2006, 31(4): 175-178.
- 【3】 Hilton, M R, Fleischauer, P D. Applications of solid lubricant films in spacecraft [J]. *Surface and Coatings Technology*, 1992, 54/55: 435-441.
- 【4】 高晓明, 孙嘉奕, 胡明, 等. 沉积温度及膜厚对离子镀银膜结构及摩擦学性能的影响 [J]. *机械工程材料* 2007, 31(7): 11-14.

Gao Xiaoming, Sun Jiayi, Hu Ming, et al. Effects of substrate temperature and film thickness on structure and tribological properties of Ag films prepared by Ion plating [J]. *Materials for Mechanical Engineering* 2007, 31(7): 11-14.

- 【5】 曹萍, 白越, 黄敦新, 等. 二硫化钼膜在不同润滑条件下的摩擦学性能分析 [J]. *润滑与密封* 2010, 35(10): 18-21.
Cao Ping, Bai Yue, Huang Dunxin, et al. Tribological characteristics of MoS₂ film under different lubrication conditions [J]. *Lubrication Engineering* 2010, 35(10): 18-21.
- 【6】 冶银平, 陈建敏, 周惠娣. 黏结固体 MoS₂ 润滑涂层在油润滑条件下的摩擦学性能 [J]. *润滑与密封* 2007, 32(9): 10-12.
Ye Yinping, Chen Jianmin, Zhou Huidi. Tribological properties of bonded MoS₂ solid lubricating coatings under oil lubrication [J]. *Lubrication Engineering* 2007, 32(9): 10-12.
- 【7】 郑友华, 李冀生, 王美玲. 固体润滑涂层在干摩擦及有油条件下的摩擦磨损性能 [J]. *润滑与密封* 2001, 26(3): 35-37.
Zheng Youhua, Li Jisheng, Wang Meiling. The friction and wear characteristics of the solid film lubricant and its function in the oil [J]. *Lubrication Engineering* 2001, 26(3): 35-37.
- 【8】 罗虹, 刘家浚, 刘芬, 等. 脂润滑下二硫化钼溅射膜的摩擦特性 [J]. *摩擦学学报*, 1994, 15(4): 314-319.
Luo Hong, Liu Jiajun, Liu Fen, et al. The frictional characteristic of sputtered MoS₂ films under grease lubrication [J]. *Tribology*, 1994, 15(4): 314-319.
- 【9】 杨作起, 白越, 黄敦新, 等. 卫星姿态控制飞轮轴承不同润滑状态下功耗分析 [J]. *润滑与密封* 2007, 32(5): 144-146.
Yang Zuqi, Bai Yue, Huang Dunxin, et al. Bearing power loss analysis under different lubricating states for satellite attitude control flywheel [J]. *Lubrication Engineering* 2007, 32(5): 144-146.