

塑料滑动轴承综合性能测试系统研制^{*}

古乐^{1,2} 孟庆鑫¹ 刘先科²

(1. 哈尔滨工程大学机电工程学院, 哈尔滨 150001; 2. 哈尔滨工业大学机电工程学院, 哈尔滨 150001)

摘要 研制了自润滑塑料滑动轴承综合性能测试系统并对聚四氟乙烯(PTFE)基复合材料滑动轴承进行了实际测试。该系统能够实现滑动轴承工作过程中载荷、速度、表面温度、摩擦力信号的在线测量并计算摩擦系数和工作PV值,利用该系统可以完成不同设计参数的塑料滑动轴承综合性能和承载能力测试与评价。

关键词 塑料 滑动轴承 性能测试

随着环境保护要求的不断提高,工业设备对于润滑油脂的泄漏限制日渐苛刻,无油自润滑轴承因此受到广泛青睐。另外在需要免维护或较长维护周期的设备中也希望能够采用无油自润滑轴承。随着高分子复合材料的迅猛发展,人们开发出了许多具备优良力学性能的塑料合金并将其在工业领域中广泛用作自润滑滑动轴承材料。聚四氟乙烯(PTFE)基复合材料^[1-2]、聚酰亚胺(PI)基复合材料^[3]、聚醚醚酮(PEEK)基复合材料^[4]等都作为滑动轴承材料在不同工况下得到成功应用。设计塑料滑动轴承时,轴瓦材料的机械强度、耐磨性、承载PV值及线膨胀系数等参数都是重要的选择依据。而机械工程师从手册中所能获取的相关参数都只是在标准试验机上获得的测试数据,没有考虑实际轴承工作时的配副、工况等条件的影响,因此许多重要设备往往由于设计参数不合适,导致轴承过度磨损或润滑性能无法满足要求,进而缩短设备维护周期。笔者研制了塑料滑动轴承综合性能测试系统并对芳纶增强PTFE基复合材料轴瓦的综合性能进行了测试。

1 塑料滑动轴承的设计理论和对测试系统的要求

1.1 塑料滑动轴承主要失效形式和设计参数

自润滑轴承的轴瓦必须由自身具备足够强度和润滑性的材料制造,保证轴承有足够的承载能力、低摩擦系数和低磨损率。自润滑塑料轴承的主要失效形式包括过量塑性流动或蠕变、过度磨损和过度生热,相应设计准则包括静强度准则、耐磨性准则和耐热性准则。

自润滑塑料滑动轴承主要参数包括宽径比和轴承间隙。主要参数的取值区间可以从设计手册中获得,但重要场合下经常需要通过试验来确定。

1.2 对测试系统的基本要求

根据自润滑塑料滑动轴承的基本设计理论,塑料滑动轴承的实验系统必须能够完成不同宽径比和

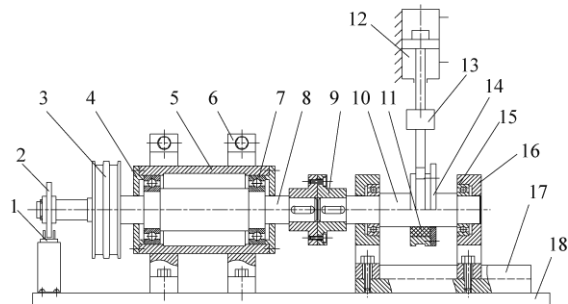
轴承间隙的轴承实验;同时定量获取轴承实验过程中的压力(P)、速度(V)、PV值和轴承温升;测定轴承实验后的磨损率;最后综合评价轴承材料的性能和指导轴承设计。

2 测试系统工作原理及相关参数选择

2.1 系统基本结构与工作原理

测试系统主要由动力及传动部分、气动加载部分、信号获取与显示仪表部分、数据采集与处理软件4部分组成。

系统主要机械结构如图1所示。动力由电动机提供,通过V带传动3、动力轴8、联轴器9、驱动试验轴10按照所需要的转速旋转。为方便拆卸和更换试验轴承11,试验轴的轴承座16安装在导轨17上,可以沿轴向依次将试验轴的右侧轴承座和试验轴承向右取出。轴承工作载荷通过微型空气压缩机、压力调节阀和气缸12由径向施加。



1—光电测速器; 2—测速盘; 3—V带传动; 4—轴承端盖;
5—轴承座; 6—轴承座夹持单元; 7—动力头支撑轴承;
8—动力轴; 9—联轴器; 10—试验轴; 11—试验轴承;
12—气缸; 13—力传感器; 14—测摩擦力摆杆;
15—试验轴支撑轴承; 16—轴承座; 17—导轨; 18—底座

图1 自润滑滑动轴承实验台结构示意图

为测量试验轴承工作时的摩擦力矩,在加载接触处采用双滚动轴承接触结构,如图2所示。计算

^{*} 哈尔滨市青年科学基金资助项目(2004AFQXJ015)

收稿日期:2007-05-28

滑动轴承的摩擦系数时忽略加载接触面的滚动摩擦。

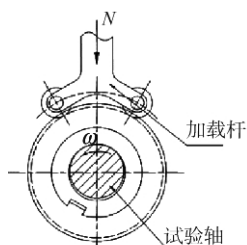


图2 气压加载接触处结构示意图

轴承测试过程中需要在线获取包括工作转速、工作载荷、轴承温升和摩擦力矩等参数。试验轴工作转速通过轴端光电测试器1和带对称凹槽的测速盘2获取;工作载荷通过串接在气缸活塞杆和加载杆之间的力传感器获取;轴瓦表面温升难以直接测量,取临近配合轴颈表面温度作为轴承温度,利用热电偶接触轴颈表面测量,为提高响应速度可在轴颈表面涂以少量导热硅树脂;滑动轴承摩擦力矩通过与试验轴承外套相连的摆杆和力传感器获取。所有获取的信号均传送到相应显示仪表后再经过数据采集卡接入计算机。

2.2 系统主要参数选择

(1) 动力与传动参数 为减小机械部分结构尺寸,滑动轴承轴颈直径设计为 25 mm,选取 Y90L-4 型三相异步电动机,其额定功率为 1.5 kW,满载转速为 1400 r/min。为适应不同表面滑动速度要求,配接 RIFENG-9000 型交流变频器调节电动机输出转速为 60 ~1200 r/min。V 带传动按照 1:1 传动比配置。试验轴承表面最高滑动速度可达 1.57 m/s,基本能够满足一般塑料滑动轴承的试验要求,如果需要可将 V 带传动比更换为 2:1,将滑动速度提高 1 倍。

(2) 气动加载参数 根据自润滑塑料的承载能力,设计轴承最大压力为 10 MPa,对 25 mm 的轴承取宽径比为 1,则滑动轴承工作载荷应为 6.25 kN,增加余量设计最大载荷为 10 kN。选用亚达 WY5.2 型双头微型气泵,额定压力为 0.6 MPa,气缸采用 QJD80 ×30 型,通过压力阀调节实际施加的载荷大小。

(3) 传感器与二次仪表 采用 MOC70T₄ 型光电开关获取试验轴转速信号,通过 HB966 型频率表实时显示转速值并将频率信号转换为模拟信号输送给数据采集卡。采用 K 式热电偶获取试验轴表面温

度,经 XMT602 型智能仪表显示温度值并变送输出至数据采集卡。试验载荷和摩擦力矩信号均采用 BK-2 型力传感器获取并经 XMT602 型智能仪表显示和变送输出至数据采集卡。

(4) 数据采集与处理 选用具有 12 位分辨率的 8112PG A/D 数据采集卡,可同时采集 16 路模拟信号,最大采样频率可达 100 kHz。利用 A/D 卡的接口函数,应用 VB 语言编制数据采集的可视化界面,并调用接口函数采集数据。采集来的数据经标定转换后存储并显示在计算机屏幕上。

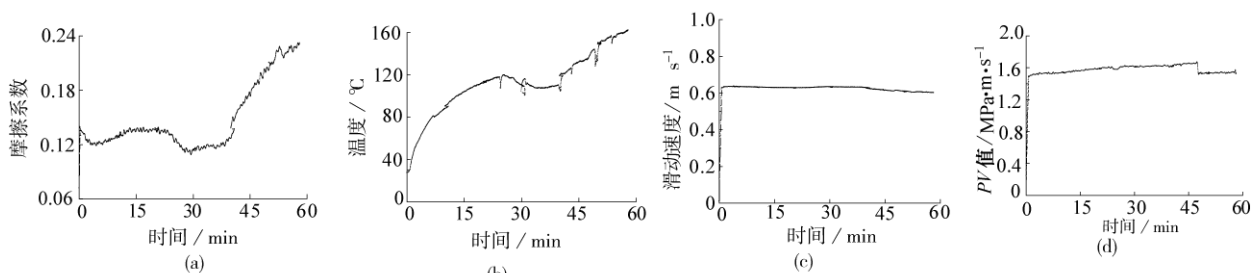
3 测试实例

轴承材料采用芳纶质量分数为 15% 的增强 PT-FE 复合材料。芳纶、PTFE 微粉经机械共混后在 60 MPa 压力下压制成型,成型坯体控温烧结后机械加工至所需尺寸。烧结温度为 380℃,烧结时间为 300 min,升/降温速率为 20℃/min,降温至 200℃后随炉冷却。

试验轴材料为 45[#] 钢调质处理,表面粗糙度为 1.6 μm,与轴瓦配对轴段的实测尺寸 24.96 mm。选取轴承宽径比为 1,轴承间隙根据文献[5]的相对间隙选为 0.008 mm,实际车削加工轴承外径 39.94 mm,内径 25.32 mm,宽 25.24 mm,则宽径比近似为 1,实际间隙 0.18 mm。轴承内表面粗糙度为 3.2 μm。

增强 PTFE 材料的极限 PV 值一般在 0.4 ~ 1 MPa·m/s,选取相对滑动速度 0.6 m/s、工作压力 1 MPa 时塑料轴承工作平稳,摩擦系数为 0.12 ~ 0.14,工作 600 min 后平均磨损率约为 0.4 μm/h。磨损率采用离线测量方式,将轴承径向 6 等分划线,利用千分尺或读数显微镜测量试验前后轴径变化量。在限定轴承磨损率的条件下,通过试验可以获得轴承在一定表面相对滑动速度下的最大压力值,改变相对滑动速度即可获得一系列的对压力值,从而绘制 P-V 曲线。

为获得所测试塑料轴承的极限承载能力,在滑动速度为 0.6 m/s 条件下,逐渐增加载荷至压力为 2.5 MPa,所测性能数据如图 3 所示。在 PV 值为 1.5 MPa·m/s 时轴承仍工作稳定,平均摩擦系数为 0.14,材料在工作 40 min 后性能变差,摩擦系数增加,温度升高,转速降低。试验开始时磨损轻微,而后期摩擦生热量急剧增加,摩擦力骤升,而且磨损加剧,有磨屑不断产生,说明此时轴承已达到承载极限,不能继续正常工作。



a—摩擦系数; b—温度; c—滑动速度; d—PV 值

图3 PTFE 复合材料的性能测试曲线

4 结语

自润滑滑动轴承的设计和性能评价都极大地依赖于轴承的性能实验。笔者研制的自润滑塑料滑动轴承综合性能测试系统可以完成不同材料工艺、不同宽径比、不同设计间隙下给定载荷、转速下塑料轴承摩擦系数、温升的在线测量和磨损率的离线测量,同时可以完成塑料轴承承载 PV 值和 $P-V$ 曲线的测量,对于重要设备中塑料轴承的性能测试和指导设计具有重要意义。

参考文献

- [1] 贾均红,陈建敏,周惠娣,等.碳纤维增强聚四氟乙烯复合材料在干摩擦和水润滑条件下的摩擦学行为对比研究[J].摩擦学报,2004,24(1):16-20.
- [2] 李同生,陶江,培红.锡青铜镶嵌聚四氟乙烯轴承材料的摩擦学特性研究[J].塑料,1997,26(4):7-11.
- [3] 李学岗,苏衍良,孙成栋,等.聚酰亚胺基纳米复合材料轴承的研制[J].工程塑料应用,2003,31(9):39-43.
- [4] 冯显灿,张人佶.碳纤维增强聚醚醚酮复合材料滑动摩擦转移膜的性能[J].材料研究学报,1999,13(6):645-649.

DEVELOPMENT OF EXPERIMENT SYSTEM FOR SELF-LUBRICATED PLASTIC PLAIN BEARINGS

Gu Le^{1,2}, Meng Qingxin¹, Liu Xianke²

(1. School of Mechatronics Engineering, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China;

2. School of Mechatronics Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

ABSTRACT A synthetic experimental test system for the self-lubricated plastic plain bearings is developed. The Kevlar reinforced PTFE composite plain bearings are tested on the system to verify its effectiveness. The online data such as load, sliding velocity, surface temperature and friction torque, can be obtained and recorded on the test system. The friction coefficient and PV value are computed and displayed on the computer screen. The synthetic performances and loading capacities of the plastic plain bearings with different design parameters can be tested and evaluated on this system.

KEYWORDS plastic, plain bearing, performance test

GE 塑料推出新型阻燃性无氯无溴 ValoxENH 树脂

最近 GE 塑料集团宣布推出最新系列的阻燃性 Valox 热塑性聚酯树脂,该产品旨在帮助电子电气制造商与供应商符合有关有害物质的使用与处置的限制规定。

ValoxENH 树脂采用对苯二甲酸丁二酯(PBT)为基体,可满足有关无卤部件的要求。与其它环保型阻燃性 PBT 材料相比具有更高的延展性与强度,与标准型阻燃性 PBT 材料相比具有更强的电气性能。其相对起痕指数为 325 V,而标准玻纤填充 PBT 为 200 V。该材料的灼热丝引燃温度同样超过标准 PBT。这种新材料是电气接头、继电器、灯座与家用电器等应用产品的首选。

ValoxENH 树脂系列的首个产品为 ENH4550,该产品属于 25% 玻纤填充型牌号,将于 2007 年第三季度起销售。该树脂除了符合 UL94 V-0 级的阻燃性之外,还具有出色的力学性能。该树脂具有更高的延展性与强度,可减少装配过程

中不合格产品的产生及使用过程中断裂情况的出现。

欧盟出台的 RoHS 指令限制使用(PBDE)及其它有害物质。WEEE 指令规定原始设备制造商与供应商不得使用含有溴化阻燃剂的塑料,并且必须在使用寿命结束后分别进行处理。GE 塑料集团生产的 ValoxENH 树脂中不含溴化或氯化添加剂即可提供一流的阻燃性,符合上述指令及其它环保规定的要求。

(全塑加工)

贝尔斯托夫公司开发出新型实验用挤出机

德国贝尔斯托夫股份有限公司开发出一种型号为 ZE 25 UTX Ultra-Glide 的新型试验用双螺杆挤出机。这种新型机器专门用于基础研究领域。它适合于加工热塑性工程塑料、聚烯烃材料及色母粒的小批量生产或反应性挤出。允许高达 150 kg/h 的产量,所装备的新型冷却和加热系统可以改善热传输效率及加热和冷却能力。这种新机器的长径比不同,有 ZE-A、ZE-R 或 ZE R/A 3 个型号。(全塑加工)