

# 利用微机改进微动磨损试验装置研究

Study of Modifying the Fretting Test Apparatus with Microcomputer

王晓震, 金东明 (北京航空材料研究院, 北京 100095)

WANG Xiao-zhen, JIN Dong-ming

(Institute of Aeronautical Materials, Beijing 100095, China)

**[摘要]** 采用步进电机为动力源的微动磨损试验机结构简单, 制造方便, 但电机工作时本身振动也传递到工作台上, 这些振动尽管振幅极小, 很难测出, 但明显干扰了电接触件间的接触稳定性, 从而影响了微动磨损的试验结果。通过改进, 减小了步进电机振动造成的负面影响, 取得了很好的效果。

**[关键词]** 微机; 电接触; 磨损

**[中图分类号]** TH703.8 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1001-4381 (1999) 10-0042-02

**Abstract:** The fretting apparatus with step motor takes advantage of simplicity in structure and easy fabricating. However, in operation the vibration from motor will be transferred to flat, interfering in the contacting stability of electronic probe and then affecting the experimental result of fretting, though the vibration possess small amplitude and difficult to measure. The vibration is monitored with computer to lessen the negative influence.

**Key words:** microcomputer; electric contact; fretting

材料界面的热胀冷缩、材料的应力松弛、环境的机械振动及电源的接通和断开等都不同程度地引起电接触件间微米级振动磨损。这一现象在机械方面早就有所认识, 但由此造成的电接触失效问题认识较少。这是因为微动使界面不断磨损、反复的氧化, 生成了各种磨损碎片并堆聚在接触区周围, 使接触区绝缘增大, 接触电阻升高, 最终缩短了电器元件的寿命。为了研究微动磨损对电接触的影响, 国内外建立了不同的试验装置, 并对不同的电接触材料及镀层进行了研究。

为了深入开展微动磨损对电接触材料影响的研究, 参照国内外所采用的试验设备(根据动力源划分主要有热胀冷缩式、步进电机式<sup>[1,2]</sup>、压电陶瓷式<sup>[3]</sup>等)及复杂程度, 建立了以步进电机为动力源的试验设备。这种设计结构简单, 容易达到试验要求的振动振幅(10~50 $\mu$ m)和频率(0.1~2Hz), 但步进电机工作时自身的振动传递到工作台上, 明显影响了试验结果。为此, 通过计算机对工作台上的电接触件输出的电信号进行观测后, 找到了问题所在, 从而进行了改进。

## 1 微动磨损试验装置和测量电路

### 1.1 微动磨损试验装置

微动磨损装置驱动部件采用步进电机, 利用谐波减速器以很大的传动比减速, 再通过滚轴丝杠实现平稳的水平方向的微小往复滑动。试验通过调整步进电机的步频和转数, 达到调节微动磨损的振幅和频率的目的。

步进电机与谐波减速器连接方式分三种, 直接连接即刚性连接、用皮带连接和橡胶棒连接方式。

### 1.2 试验测量电路

试验采用图1所示的连线方法, 触头采用 $\phi 2$ mm的半球形Cu, 平板试样采用AgCu10, 接触载荷30g, 电流100mA。计算机采集频率为1865Hz。

## 2 试验结果

### 2.1 不同连接方式时微动磨损下的瞬间接触电阻信号

微动频率0.1Hz时不同连接方式的接触电阻信号如图2所示, 其中图2d为静态接触电阻, 即步进电机静止时的接触电阻, 为一条平稳的直线。从图2中a, b, c曲线中可以看出, 电机每走一步, 其产生的振动都传

**[收稿日期]** 1999-03-10

**[基金项目]** 中国航空科学基金项目(94)21002

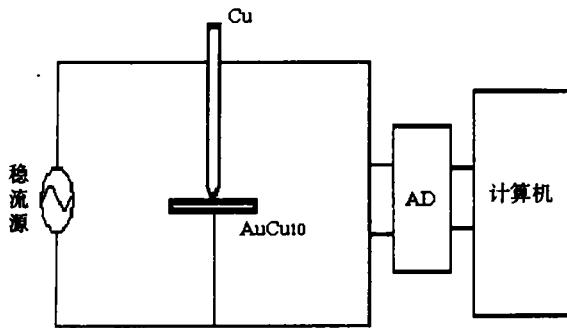


图1 测量电路

Fig.1 Experiment circuit

递到了试验台上的电接触件，其电信号出现一个脉冲。刚性连接时信号的振幅较大，当采用橡胶棒连接时，振动造成的信号已很弱，接近静态时的情况。

## 2.2 刚性连接和橡胶棒连接时微动磨损下的接触电阻变化

图3a, b分别是微动磨损频率0.1Hz、振幅 $30\mu\text{m}$ 时刚性连接和橡胶棒连接接触电阻随微动周期的变化。从图3a中可看出，开始时即静态接触电阻只有 $20\text{m}\Omega$ ，

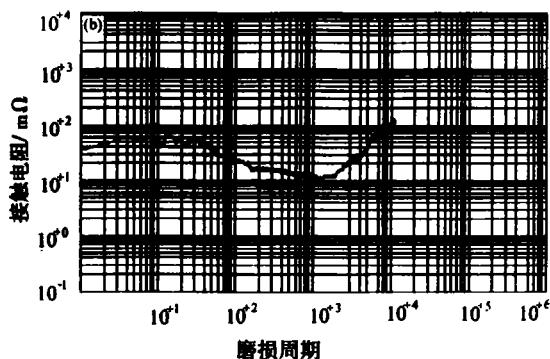
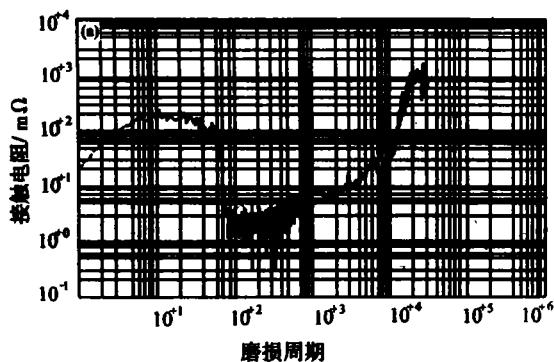


图3 微动磨损接触电阻 (a) 直接连接; (b) 橡胶棒连接

Fig.3 Contact resistance vs retting cicles (a) direct junction; (b) junction with rubber stick

## 3 分析和讨论

从图2中可以看出，步进电机振动每次引起的电接触电阻增大延续时间约为 $0.045\text{s}$ 。微机采样频率为 $1865\text{Hz}$ 时，每次数据采集时间间隔为 $0.0005\text{s}$ ，因而微机记录的电接触信号能够反映触头和平板的真实接触状态。

步进电机工作时除了传递力矩外，因惯性等原因引起的振动是造成电接触干扰信号的主要原因。当电机与工作台直接连接时，电机冲击振动的能量直接传递到工

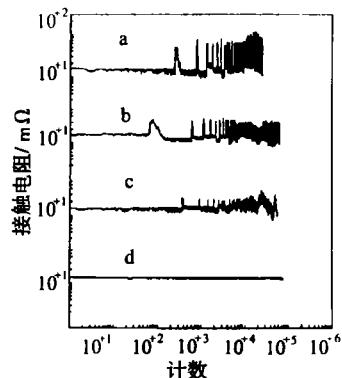


图2 微动磨损时瞬间接触电阻 (a) 直接连接;

(b) 皮带连接; (c) 橡胶棒连接; (d) 静态

Fig.2 Instant contact resistance vs sampling count

(a) direct junction; (b) junction with strap;

(c) junction with rubber stick; (d) static

可是微动试验一开始，刚性连接方式的接触电阻很快达到 $200\text{m}\Omega$ 。试验时用手可以触摸到试验台存在明显的颤动，但用千分表测量却不能显示试验台有振动。而采用橡胶棒连接，开始阶段接触电阻的变化很小。

作台上，在图2a的曲线上表现出很高的峰值。当采用橡胶棒连接时，步进电机冲击能量首先传递到橡胶棒上，并导致橡胶棒发生变形，使冲击的动能转变为势能。而当橡胶棒的形变恢复时，冲击的力量减缓了很多，同时很大一部分变形势能转化为热能，极大程度减轻了对工作台的冲击，从而使工作台上的触头和平板接触更加稳定。至于皮带连接时，虽然皮带是比较柔软的连接体，但皮带在传递力的方向上将几乎不发生弹性变形，从而起不到能量转换的作用。这是因为增加皮带的传递效

(下转第47页)

- and properties of MoS<sub>2</sub> films grown by d. c. magnetron sputtering [J]. Surf. Coat. Technol., 1990, 41: 127~134.
- [15] L. E. Sertzman, R. N. Bolster and I. L. Singer. Effects of temperature and ion-to-atom ration on orientation of IBAD MoS<sub>2</sub> coatings [J]. Thin Solid Films, 1995, 265: 143~147.
- [16] Q. Cong, D. Yu, J. Wang et al. Primary study of structures of r. f. -sputtered MoS<sub>2</sub> films [J]. Thin Solid Films, 1992, 209: 1~8.
- [17] V. Buck. Microanalysis and modeling of tribological coatings [J]. Surf. Coat. Technol., 1993, 57: 163~168.
- [18] 顾则鸣. 二硫化钼基共溅射膜摩擦学性能的研究 [J]. 固体润滑, 1987, 7 (4): 216~222.
- [19] Stupp, B. C. Synergistic Effects of Metals Co-Sputtered with MoS<sub>2</sub> [J]. Thin Solid Films, 1981, 84: 257~266.
- [20] M. R. Hilton, Fracture in MoS<sub>2</sub> solid lubricant films [J]. Surf. Coat. Technol., 1994, 68/69: 407~415.
- [21] S. H. Loewenthal, R. G. Chou, G. B. Hopple et al. Evaluation of Ion-Sputtered Molybdenum Disulfide Bearings for Spacecraft gimbals [J]. Tribol. Trans., 1994, 37: 505~515.
- [22] L. E. Seitzman, Z. L. Singer and R. N. Bolster et al. Effect of a titanium nitride interlayer on the endurance and composition of a molybdenum disulfide coating prepared by ion-beam-assisted deposition [J]. Surf. Coat. Technol., 1992, 51: 232~236.
- [23] Xushou Zhang, Pingyu Zhang, Jiuwen Liu et al. The Microstructure and Tribology of MoS<sub>x</sub> Films Modified by Ion Beam Bombardment [J]. Thin Solid Films, 1983, 229: 58~62.
- [24] Amitabn Jain, sangeeta srivastav. Treatment of MoS<sub>2</sub> films by high-energy heavy ion beams [J]. Thin Solid Films, 1996, 277: 128~131.
- [25] T. R. Jervis, M. Nastasi, R. Bauer et al. Laser surface Processing of Molybdenum disulfide Thin Films [J]. Thin Solid Films, 1989, 181: 475~483.
- [26] E. Kovalev, M. Ignatiev, I. Smurov et al. Wear behaviour of molybdenum disulfide diffusion coatings under vacuum conditions [J]. Surf. Coat. Technol., 1996, 80: 157.

【作者简介】 张晓玲 (1958-), 女, 山东工业大学副教授, 现为西安交通大学博士生。联系地址: 西安交通大学金属材料强度国家重点实验室 (邮编: 710049)

\* \* \* \* \*

(上接第 43 页)

率, 皮带中含有高强度的纤维组织, 这使得皮带可以自由弯曲, 但不能发生弹性变形, 因此起不到减缓振动的作用。

微动磨损的过程主要是: 磨损刚开始阶段由于表面膜破碎, 接触电阻保持不变或略微下降, 随着磨损的继续, 将会出现磨损颗粒, 并发生界面和磨损颗粒的氧化, 从而造成接触电阻上升。而图 3a 试验结果为, 开始阶段接触电阻即增加了很多, 这是因为微动磨损试验以微动频率 0.1Hz、振幅 30 $\mu$ m 进行时, 电机每秒种要步进 200 步。由此造成的振动严重影响了触头与平板的良好接触, 从而造成了接触电阻的急剧升高。当采用橡胶棒连接时, 由于橡胶棒具有的能量转化等作用消除了冲击造成的干扰现象, 使得磨损过程控制在试验条件下, 真正反映了材料的微动磨损状况, 如图 3b 的结果。

#### 4 结论

(1) 微动磨损装置采用国产步进电机驱动、直接或皮带连接传动时, 电机振动对试验结果影响很大; 采用软橡胶棒传动, 消除了步进电机振动造成的干扰, 取得

了很好的效果。

(2) 通过采用数据采集卡和微机监测电信号的瞬间变化, 为装置改进提供了参考。同时, 这也是一种测定低频振动频率的简易方法。

#### 参考文献

- [1] M. Antler. Survey of contact fretting in electrical connectors [C]. Proc. 19th Holm Conf. on Electrical Contacts, 1984, 3.
- [2] Anthony Lee and Michael S. Mamrick. IEEE Transation on Components, Hybrids, and Manufacturing Technology [J], 1987, (1): 63.
- [3] 邵淳波. 不同镀层表面的微动效应 [C]. 第十届全国电接触学会会议论文集, 北京, 1996, 101.

致谢: 在试验机的改造过程中, 得到了曹志坚和曹乃祥二位老师的极大帮助, 在此深表感谢。

【作者简介】 王晓震 (1965-), 男, 工程师, 主要从事精密仪表材料方面的研究。联系地址: 北京市 81 信箱 14 分箱 (100095) 电话 62456622-5145 E-mail: xiaozhen.wang@biam.ac.cn