

自动取款机摩擦学系统在沙尘环境中的磨损特性研究

武通海, 刁东风, 谢友柏

(西安交通大学 润滑理论及轴承研究所, 陕西 西安 710049)

摘要: 模拟塔克拉玛干沙漠的沙尘环境, 对 (A TM) 自动取款机摩擦学系统进行了磨损试验, 分析了聚酰亚胺 (PI) 和聚萘二甲酸乙二醇酯 (PEN) 高聚物薄带在 3 种载荷以及有无纸币基体情况下的沙尘磨损性能和机理。结果表明: PI 薄带的抗沙尘磨损能力较 PEN 薄带强; 纸币基体可以改善 PEN 薄带的抗沙尘磨损能力; PI 薄带的磨损机理表现为剧烈的刨削磨损, PEN 薄带则表现为微犁沟和疲劳剥落。

关键词: 自动取款机摩擦学系统; 薄带; 磨损性能

中图分类号: TH117.3

文献标识码: A

文章编号: 1004-0595(2005)05-0466-04

准确清分纸币是自动取款机 (Auto Teller Machine, 简称 A TM) 最重要的功能, 而此功能的实现大多依赖于器件的摩擦学原理^[1]。近年来, 由于沙尘暴的影响, 以西部为典型的我国大部分地区已经形成了一种恶劣的沙尘环境^[2], 而日本和韩国的部分城市也遭受源于我国的沙尘暴影响^[2,3]。

A TM 的维护经验表明, 由于空气中的沙尘粒子以气流或纸币为载体侵入, 导致其摩擦学系统高聚物薄带的磨粒磨损已经成为 A TM 服役失效的主要原因。到目前为止, 关于 A TM 摩擦学系统的磨损研究报道很少。本文作者从沙尘环境适应性方面着手, 对 A TM 摩擦学系统高聚物薄带在沙尘环境中的磨损性能进行了研究。

1 实验部分

1.1 沙尘样本

所用沙尘采自我国西部沙尘暴的主要发源地——塔克拉玛干沙漠, 采用标准筛和激光粒度仪测量沙尘粒径分布范围在 $0.7 \sim 300.0 \mu\text{m}$ 之间。

1.2 试验系统

图 1 给出了试验系统结构简图。由气流和沙尘混以特定浓度的二相流在箱体内模拟沙尘环境, 环境中的沙尘沉积通量可以在风量一定的情况下, 通过调节已标定的沙尘进给装置的给沙量进行控制。本试验采

用的沙尘沉积通量为 $960 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{d}$ 。

图 2 给出了从真实 A TM 自动取款机中提取的摩擦试验系统。将纸币对称帖附在滚子表面, 外部用

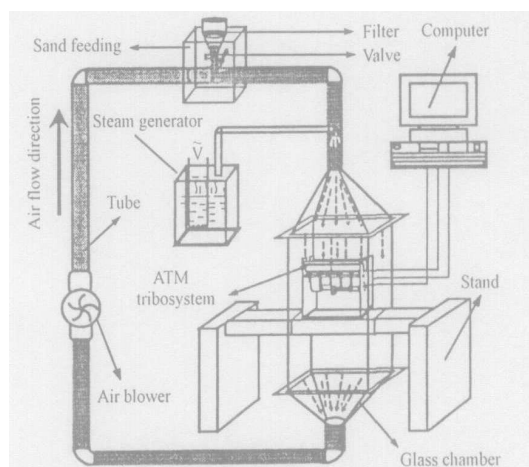


Fig 1 Sketch of experimental system of A TM tribosystem in sand dust environment

图 1 试验系统简图

2 种材料的薄带 (tape 1 和 tape 2, 厚度 $40 \mu\text{m}$) 包裹, 并在结合处用双面胶布将 2 种薄带粘于滚子表面。试验用薄带材料为聚萘二甲酸乙二醇酯 (PEN) 和聚酰亚胺 (PI)。表 1 列出了 2 种薄带的机械力学性能。其他试验条件: 滚子转动线速度为 1.6 m/s ; 载荷 0.6 N 和 1.0 N 。

基金项目: 日立公司资助项目。

收稿日期: 2004-11-21; 修回日期: 2005-03-03/联系人武通海, e-mail: wutonghai@tlbi.xjtu.edu.cn

作者简介: 刁东风, 男, 1961 生, 教授, 博导, 目前主要从事环境科学以及纳米技术方面的研究。

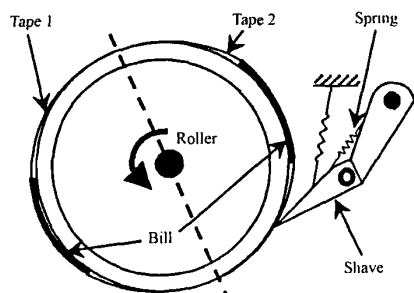


Fig 2 Experimental system sketch of A TM tribo-system
图 2 A TM 摩擦学系统简图

1.3 磨损性能评价

利用日本M itu toyo 公司产 SJ-201P 型表面形貌

仪以一定磨损时间间隔测量某点的磨痕截面曲线, 通过拟合得出初始截面曲线, 对比磨损前后截面曲线可以得到近似磨损面积, 并以此评价其磨损性能 当任何一种薄带出现明显磨穿现象时终止试验 每种薄带根据有无纸币衬底选择有纸币基体(on the bill)与无纸币基体(no bill) 2 个测量点位置, 即沿滚子一周有 2 种薄带和 4 个测点, 利用扫描电子显微镜(SEM) 观察薄带的磨损表面形貌

2 结果与讨论

2.1 薄带磨损性能

图 3 给出了薄带的磨损面积随磨损距离变化的关系曲线 可见在 2 种载荷条件下, 薄带 1 较薄带 2

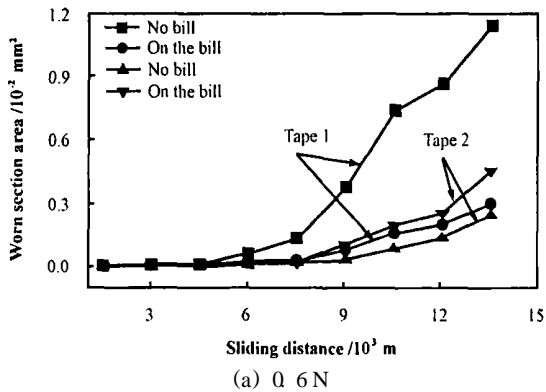
表 1 2 种高聚物薄带的机械力学性能

Table 1 Mechanical properties of 2 kinds of tapes

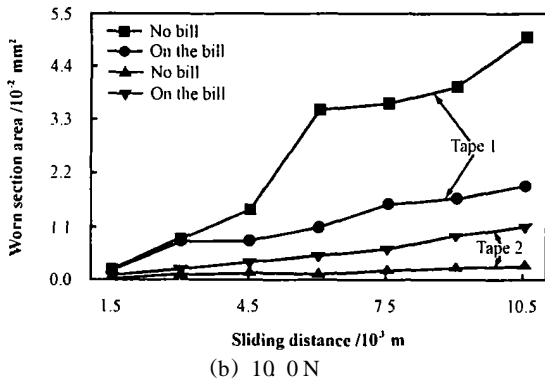
Tape	Material	Elastic modulus $E/10^6$ Pa	Tensile strength $S/10^6$ Pa	Tensile elongation at break $e/\%$
Tape 1	PEN	0.06	71.4	18
Tape 2	PI	0.09	217.0	11

的磨损面积大, 且随载荷增加而增大[图 3(a 和 b)],

表明薄带 2 比薄带 1 的抗磨粒磨损性能好. 在试验中



(a) 0.6 N



(b) 10.0 N

Fig 3 Sliding distance vs wear section area of 2 kinds of tape at different loads

图 3 在不同载荷下薄带的磨损面积随磨损距离变化的关系曲线

还发现, 磨穿现象均发生在薄带 1 上, 由此可见, 在相同情况下, 薄带 1 的磨损寿命低于薄带 2

对比 2 种载荷下薄带磨损面积的变化可以看出 [图 3(a 和 b)], 在相同磨损距离下, 薄带的磨损面积随载荷增加而增大, 薄带 1 的磨损速率随着载荷增加而急剧增大 从图 3 还可以看出, 在不同载荷下, 随着载荷的增加薄带 1 磨穿所用的磨损距离缩短

另外, 纸币基体对薄带 1 的磨损量有显著影响 [图 3(a 和 b)] 在相同载荷下, 薄带 1 的磨损量在无纸币基体的位置明显高于有纸币基体的位置; 对于薄带 2, 在不同载荷下纸币基体的影响不同

2.2 讨论

图 4 示出 2 种薄带的磨损表面形貌 SEM 照片. 可见在没有纸币基体情况下, 薄带 1 的磨损表面除犁沟外, 主要表现为剧烈的“刨削”现象[图 4(a)] 这是由于沙尘粒子在摩擦副界面滑动时被压入薄带表面, 并导致薄带材料的塑性流动和材料在沙粒前方的大量堆积, 从而产生“刨削”效果[见图 4(a)中 I 区] 随着压入深度和材料堆积数量增加, 沙粒运动所受到的阻力增大, 当所受阻力足够大时, 沙粒停止刨削, 从而形成短程的刨削磨痕 图 4(c)所示为在无纸币情况下薄带 2 的磨损表面形貌 SEM 照片. 可以看出, 薄

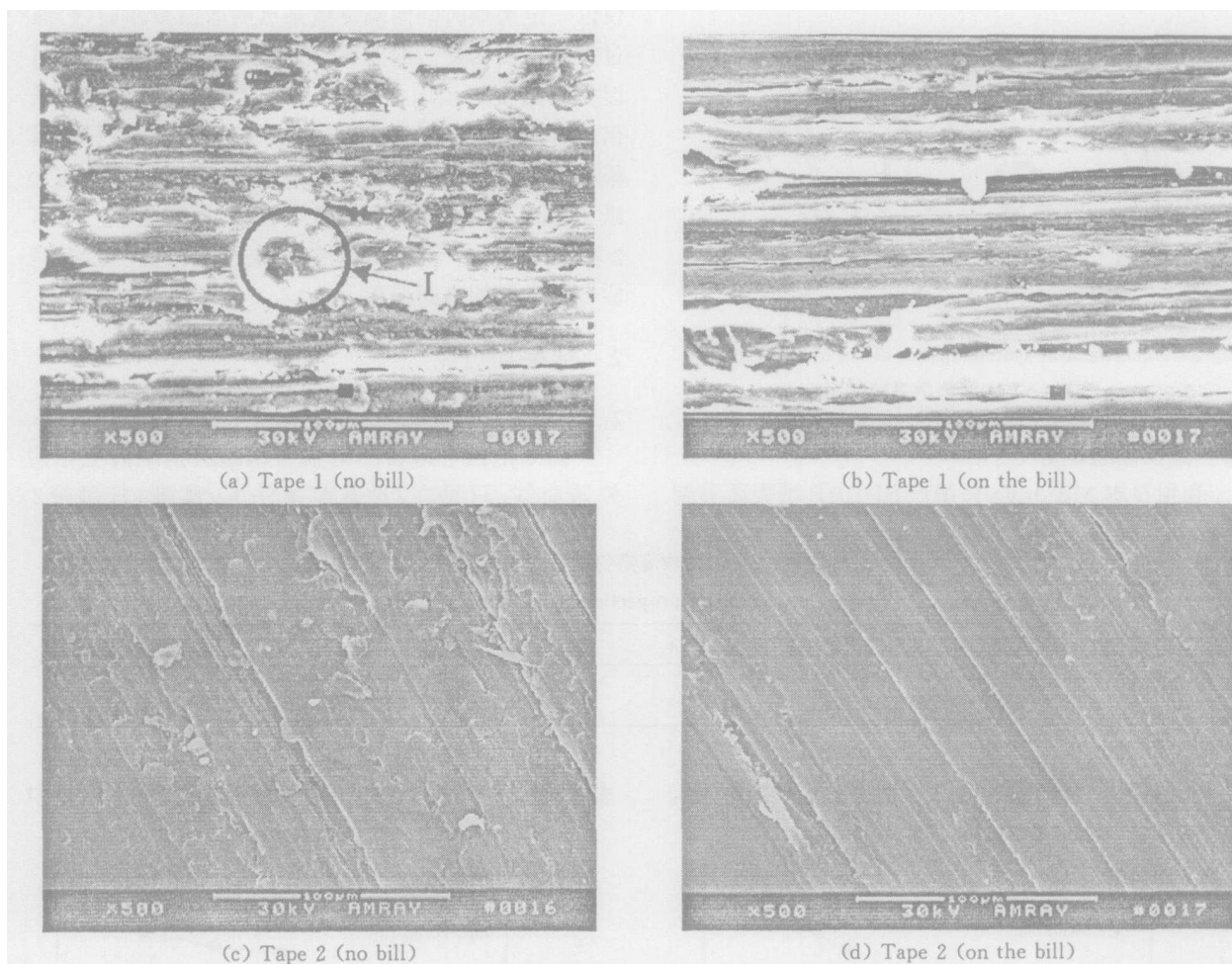


Fig 4 SEM photos of worn surface of tapes

图 4 薄带磨损表面形貌 SEM 照片

带 2 的磨损表面主要由疲劳裂纹和犁沟构成, 且其磨损程度明显高于薄带 1。对比图 4(b 和 d) 可见, 在有纸币基体情况下, 薄带 1 的磨损表面无切削现象, 而只有细小犁沟且其磨损程度明显低于无纸币基体的情况。对比图 4(c 和 d) 可以发现, 薄带 2 磨损表面中有纸币基体位置没有明显疲劳裂纹, 二者的犁沟磨损程度无明显差别。

关于高聚物的磨粒磨损机理有很多解释^[4~7], 其中用材料的极限变形能力解释高聚物磨粒磨损性能具有良好吻合性^[6,7], 即材料破坏的极限变形能力越大, 磨损耗散能量越大, 则耐磨损性能越好, 这种变形能力通常用材料变形因子来衡量, 即用抗拉强度和断裂延伸率的乘积($S \cdot e$)表示(表 1)。由表 1 可见, 由于 PEN 薄带的变形因子(12.8)小于 PI 薄带的变形因子(23.8), 所以 PEN 薄带的极限变形能力较 PI 薄带低, 因而表现出较低的抗磨粒磨损性能, 这与试验结果一致。

3 结论

a PI 薄带的抗沙尘磨损性能较 PEN 薄带更优良, 纸币基体可以明显提高 PEN 薄带的抗沙尘磨损性能, 而对 PI 薄带的影响取决于载荷。

b PI 薄带的磨损机理主要表现为由沙粒被压入而导致剧烈切削, PEN 则表现为微犁沟和疲劳剥落。

c 材料的极限变形能力可以解释 2 种高聚物薄带的沙尘磨损性能的差异。

参考文献:

- [1] Middleton D E S, Cowpland W. The friction of currency bills [J]. Wear, 1996, 193: 126-131.
- [2] 全浩. 关于黄沙研究与进展[J]. 环境科学研究, 1994, 7 (6): 1-12.
- Quan H. KOSA study in last 3000 years [J]. Research of Environmental Science, 1994, 7 (6): 1-12.

- [3] Yi S M, Lee E Y, Thomas M H. Dry deposition fluxes and size distribution of heavy metals in seoul, korea during yellow-sand event[J]. *Aerosol Science and Technology*, 2001, 35: 569-576
- [4] 何仁洋, 张嗣伟. 塑料与橡胶材料磨损金属的研究进展[J]. *摩擦学学报*, 2000, 20 (3): 232-235
- He R Y, Zhang S W. Advance in study on wear of metal by plastics and rubbers[J]. *Tribology*, 2000, 20 (3): 232-235
- [5] 贾均红, 周惠娣, 高生强, 等. 聚酰亚胺复合材料的摩擦性能及其机理研究[J]. *摩擦学学报*, 2002, 22(4): 273-276
- Jia J H, Zhou H D, Gao S Q, *et al*. The tribological behavior of carbon fiber reinforced polyimide[J]. *Tribology*, 2002, 22 (4): 273-276
- [6] 丛培红, 李同生, 刘旭军, 等. 温度对聚酰亚胺摩擦磨损性能的影响[J]. *摩擦学学报*, 1997, 17(3): 220-226
- Cong P H, Li T S, Liu X J, *et al*. Effect of temperature on friction and wear of polyimide[J]. *Tribology*, 1997, 17(3): 220-226
- [7] Kenneth G B. Resistance to particle abrasion of selected plastics[J]. *Wear*, 1997, 203-204: 302-309
- [8] Harsha A P, Tewari U S, Venkatraman B. Three-body abrasive wear behaviour of polyaryletherketone composites [J]. *Wear*, 2003, 254: 680-692

Wear Characteristics of ATM Tribosystem in Sand Dust Environment

WU Tong-hai, DIAO Dong-feng, XIE You-bai

(Theory of Lubrication and Bearing Institute, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: Wear performance of ATM (Auto Teller Machine) tribosystem was studied in simulated sand dust environment with nature sand from TAKEMANKAN desert and sand deposition flux $960 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{day}$. Abrasive wear characteristics of polymer tape of PEN (polyethylene-2, 6-naphthalenedicarboxylate) and PI (polyimide) due to sand particles was investigated at loads of 0.6, 1 and 1.5 N with/without bill substrate. Experimental results show that PI tape exhibits higher wear resistance to the sand particles than PEN does and that abrasive wear performance of PEN tape with bill substrate is improved obviously. The wear mechanism of polymer tapes is severe chipping by sand particles for PEN, and micro-ploughing and fatigue flaking for PI.

Key words: ATM tribosystem; tape; wear behavior

Author: DIAO Dong-feng, male, born in 1961, Professor, email: diao@tlbi.xjtu.edu.cn