

塑料摩擦试验方法的研究

丁新艳 刘国钧 罗能凤 王 进

(株洲时代新材料科技股份有限公司技术中心, 株洲 412007)

摘要 以尼龙和超高分子量聚乙烯为研究对象, 寻求一种理想的摩擦试验用试样预处理方法; 并研究塑料在钢上滑动和钢在塑料上滑动的两种摩擦类型的摩擦系数区别及关系。通过反复性试验发现, 采用砂纸预处理螺纹状试样, 并与螺纹状摩擦副配套使用, 摩擦面积和稳定性都大幅度增加; 两种不同的滑动方式所得到的摩擦系数相差很大, 具有不可比性。

关键词 摩擦 塑料 尼龙 超高分子量聚乙烯

摩擦学特性是机械部件的重要特性之一, 摩擦系数则是摩擦学特性的主要表征参数。材料的摩擦磨损性能不是材料的固有特性, 而是材料所在摩擦学系统的特征表现^[1]。因此, 材料的摩擦磨损试验是一项系统性很强的工作, 必须在适当的自身状态和系统环境条件下评价材料的摩擦磨损性能, 才能得到正确的结果^[2]。因此在查阅资料时, 对于同一种材料都会有许多不同数值的摩擦系数, 数据不稳定, 可比性差。

塑料减摩耐磨、化学稳定性好、比强度大、易成型等诸多特点, 使得塑料在摩擦学界一直备受欢迎。塑料摩擦的分类方法很多^[3]。按摩擦副的运动形式可分为滑动摩擦、滚动摩擦和滑-滚摩擦; 按摩擦副的运动状态可分为静摩擦、动摩擦和不完全静摩擦; 按摩擦副材料配合与运动综合分类, 可分为塑料在金属上滑动、金属在塑料上滑动、塑料在金属上滚动等等。

笔者主要是按摩擦副材料配合与运动综合分类, 考虑塑料在金属上滑动和金属在塑料上滑动两种摩擦方式的摩擦系数是否有区别, 并且对于特定的材料是否可以替换或转换摩擦系数之间的关系进行了研究。然后对本公司两种典型材料尼龙(PA)和超高分子量聚乙烯(PE-UHMW)的摩擦系数进行了反复的探索性试验, 以寻求一种测试结果稳定、能反映材料摩擦特性的测试方法。

1 试验部分

1.1 试样的制备

采用模压成型法制成 $\varnothing 10\text{ mm} \times 20\text{ mm}$ 销状和 $\varnothing 74.08\text{ mm} \times 5.70\text{ mm}$ 圆盘试样, 在销状试样的基础上采用如图1所示的工装加工制得螺纹状试样。

1.2 试验

对磨体采用尺寸为 $\varnothing 60\text{ mm} \times 10\text{ mm}$ 和 $\varnothing 10\text{ mm}$

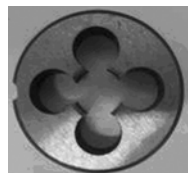


图1 制样工装

$\times 20\text{ mm}$ 的45#钢, 粗糙度为 $Ra1.6$ 。试验仪器为微机控制立式万能摩擦磨损试验机。试验前, 将试样(包括预磨后试样)及对磨体表面用分析纯丙酮清洗干净, 干燥后, 按照GB/T 2918-1998进行状态调节后[温度 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$, 湿度 $(50 \pm 5)\%$]进行试验。

按照科技基[2006]158号《铁道货车用心盘磨耗盘和旁承磨耗板技术条件及检验方法》附件试验条件: 加载压强 1.0 MPa , 线速度 0.04 m/s 。试验时间 60 min , 销状试样采用内表面光滑的摩擦副, 螺纹状试样采用螺纹式摩擦副, 如图2所示。每完成一组试验, 对磨体需卸下用丙酮清洗干净, 待冷却至室温后再使用。

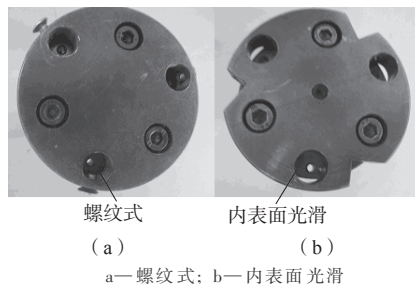


图2 不同的试样对应不同的摩擦副

通过测量所知试样尺寸为 $\varnothing 9.92\text{ mm} \times 20\text{ mm}$, 单针大环中间轨迹直径 d 为 42.80 mm , 可计算加载力 F 的设定值为 78 N , 角速度 ω 设定值为 18 r/min 。摩擦副的选择为选择“其它方式摩擦副”, 系数按照下面公式计算。

$$K = \frac{1}{\text{轨迹半径}} = \frac{1}{42.80/2}$$

开始试验前先输入通过计算转换后的 F 、 w 、 K 和时间的设定值,按照要求安装好试样,开始试验。试验完成后按照式 (1) 计算摩擦系数。

$$\mu = f/F = [M/(d/2)]/F = 2M/dF \quad (1)$$

式中: μ ——摩擦系数;

f ——摩擦力;

M ——摩擦力矩。

2 结果与讨论

2.1 试样预处理对摩擦系数测试的影响

首先采用塑料在钢上滑动的摩擦形式进行试验,这也是目前用得最多的一种配合形式。通过不断改变试样的预处理方法,得到结果如表 1 所示。

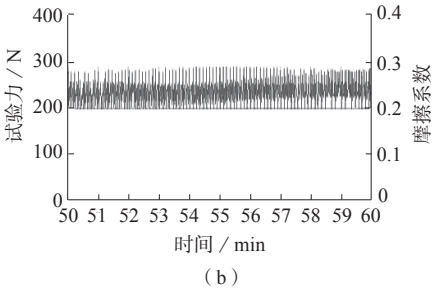
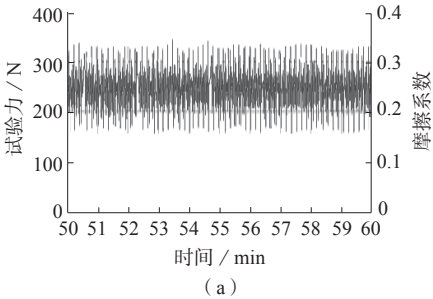
表 1 不同预处理方法对 PA 和 PE-UHMW 摩擦系数的影响

项 目		PA	PE-UHMW
销状试样	摩擦系数	0.2747	
	摩擦面积	< 70%	
	稳定性		
销状试样 (砂纸预磨 2 min)	摩擦系数	0.2162	0.2247
	摩擦面积	> 90%	< 70%
	稳定性	++	+
螺纹销状试样 (砂纸预磨 2 min)	摩擦系数	0.1958	0.2279
	摩擦面积	> 90%	> 90%
	稳定性	+++	++

注: 1) 所有摩擦系数皆为试验 20 min 后的数据平均值; 2) 砂纸预磨 2 min 是将砂纸用双面胶贴在对磨体上,在相同试验条件下将试样预磨 2 min; 3) 稳定性通过实验力-时间-摩擦系数曲线的平滑性来判断。

由表 1 可以看出,销状试样未经砂纸预磨,其表面不平整,对磨体与试样接触采取点接触或线接触。而在点接触或线接触条件下,正常的试验负荷能导致比面接触时高的初始接触比压,这会在摩擦面产生很高的摩擦热,引起材料局部的降解和融化,影响试验的可靠性^[4]。摩擦试验一旦启动,点接触和线接触的真实接触面积成为变量,接触应力同时也成为变量,所以摩擦曲线出现一定的波动。由于真实接触面积远不如实际接触面积,所以试验 60 min 后其摩擦面积也达不到标准的要求(> 70%),摩擦系数波动大,使得稳定性很差,如图 3a 所示。

当试样用砂纸预磨 2 min 后,表现平整度增加,其真实接触面积也随之增加。但是主轴在旋转过程中,光滑的试样与光滑内表面的摩擦副存在微小的往复运动,造成试样与对磨体实际接触面并不平整,所以其稳定性仍不是很理想。且此时 PE-UHMW 的摩擦面积仍达不到 70%。



a—PE-UHMW 销状试样;
b—PE-UHMW 螺纹销状试样(砂纸预磨 2 min)

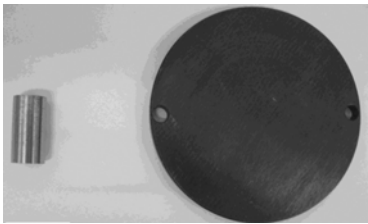
图 3 PE-UHMW 销状试样和螺纹销状试样(砂纸预磨 2 min) 的
试验力-时间-摩擦系数图

为此,改变摩擦副内表面的光滑度,使其在试验过程中试样与摩擦副彼此咬合,不发生滑动。采用内表面为螺纹状的摩擦副,试样用砂纸预磨 2 min,得到的结果非常理想。不管哪种材料,PA 还是 PE-UHMW,其摩擦面积都超过 90%,稳定性非常理想,如图 3b 所示。这是因为在往复滑动过程中,试样与对磨体一直保持很好的平行,此时采用的是面接触形式。在面接触情况下,接触面发生的形变基本上是微观范围内的粗糙峰的形变,接触应力在接触面上分布较均匀,真实接触面积变化也不是很明显,此时摩擦系统较为稳定,实际试验中的摩擦曲线也相对平滑。

通过以上试验可知,用砂纸预处理后,试样试验面更加平整,其摩擦面积大大增加;当改用螺纹状试样与螺纹状摩擦副配套使用时,其摩擦面积和稳定性也都大大增加。

2.2 不同滑动方式对摩擦系数测试的影响

塑料在钢上滑动和钢在塑料上滑动两种类型最主要的区别就是滑动件不同。塑料在钢上滑动时,主要是塑料在滑动;而钢在塑料上滑动时,主要是钢在滑动。塑料在钢上滑动时,采用销状试样和圆盘对磨体,试验前销状试样预磨 2 min;钢在塑料上滑动时,采用销状对磨体和圆盘试样,试验前手动打磨圆盘试样,至目测表面平整为止。销状和圆盘对磨体如图 4 所示。



(a) (b)
a—销状对磨体; b—圆盘对磨体

图4 销状与圆盘对磨体

研究了不同滑动方式对 PA 和 PE-UHMW 两种材料摩擦系数的影响,如表 2 所示。由表 2 可以看出,不同滑动方式下,两种塑料的摩擦系数有很大的区别,钢在两种塑料上滑动的摩擦系数皆小于塑料在钢上滑动时的摩擦系数。

表2 两种不同的滑动方式对 PA 和 PE-UHMW 摩擦系数的影响		
项 目	塑料在钢上滑动(销状试样在圆盘对磨体上滑动)	钢在塑料上滑动(销状对磨体在圆盘试样上滑动)
PA	0.1958	0.1896
PE-UHMW	0.2279	0.0629

注:所有摩擦系数皆为试验 20 min 后的数据平均值。

这两种滑动方式在摩擦行为上是有区别的。不管哪种方式,在摩擦过程中都会产生摩擦热,使塑料表层温度急剧上升形成薄薄的软化层,圆盘试样相

比销状试样其摩擦热扩散速度快,试样过程中同样材料的圆盘试样其硬度相对于销状试样要大一些。另外,塑料的弹性变形较大,能使其承受的载荷较均匀地分布在整个名义接触的面积上,增加了真实受压面积,故钢在塑料上滑动时的摩擦系数偏小,同时这种摩擦方式使材料能承受较大的负荷。

3 结论

采用砂纸预处理螺纹状试样,并与螺纹状摩擦副配套使用,摩擦面积和稳定性都大大增加。塑料在钢上滑动和钢在塑料上滑动是两种不同摩擦类型,其摩擦行为区别较大,摩擦系数具有不可比性。在铁道运装货车行业推荐使用塑料在钢上滑动的摩擦方式,与实际使用过程中的摩擦系统保持一致。

参考文献

[1] 张东胜,林福严,马向东.弹性体摩擦磨损特性的测试[J].润滑与密封,2000(3):23-27.

[2] Xie Youbai. Three axioms in tribology[C] // Proc 3rd International Conf on Tribo-fatigue. Hunan University Press, 2000.

[3] 王承鹤.塑料摩擦学——塑料的摩擦磨损、润滑理论与实践[M].北京:机械工业出版社,1994.

[4] 李建,秦襄培,顾卡丽.塑料摩擦磨损试验方法的研究[J].摩擦学学报,2002,7(4):433-434.

STUDY ON THE FRICTION TEST METHOD FOR PLASTICS

Ding Xinyan, Liu Guojun, Luo Nengfeng, Wang Jin
(Zhuzhou Times New Material Technology Co.Ltd., Zhuzhou 412007, China)

ABSTRACT Taking nylon and high molecular weight polyethylene as the research objects, an ideal method of friction test sample pretreatment was found. And the difference and relationship of the two types of friction coefficient between the plastic sliding in steel and steel sliding in the plastic were also studied. Through repeated experiments, it was found that the screw thread sample was pretreated by using emery paper and was used with thread-like counterface could make friction area and stability increasing greatly. The friction coefficient from two different sliding ways varied considerably, not comparability.

KEYWORDS friction, plastics, nylon, high molecular weight polyethylene

《工程塑料应用》杂志开设“技术转让与合作”、“企业风采”栏目

为作好广大作者、读者单位最新科研成果及新产品、新技术的推广服务,《工程塑料应用》杂志和“工程塑料网”(www.epa1973.com)网站已开设“技术转让与合作”栏目,以方便买卖双方的有效交流与沟通。栏目内容可涉及科研成果及专利技术的转让,公司新产品、新技术简介等方面。另外,为了全方位宣传塑料行业精英企事业单位形象,《工程塑料应用》杂志增设“企业风采”栏目。报道内容主要是企业发展历史、企业文化、企业管理、研发创新能力、新产品发布、攻关项目介绍,人物专访等。来稿字数控制在5000字以内,可以附带图片。

《工程塑料应用》为中文核心期刊,是中国工程塑料工业协会会刊,国内外公开发行,屡获国家期刊奖,是中国塑料行业的权威媒体,知名度高,发行量大。可确保您发布的信息有足够的浏览量。欢迎各有关企事业单位踊跃投稿!

投稿时请加盖单位公章。具体刊登事宜请与编辑部直接联系。
地址:济南市108信箱杂志社 邮编:250031
电话:0531-85878057 85878278 传真:0531-85947355 85878057
E-mail: epa@epa1973.com