

文章编号: 1004-4353(2018)01-0087-03

# 干摩擦条件下 45 钢摩擦性能研究

于志朋, 任靖日\*

( 延边大学 工学院, 吉林 延吉 133002 )

**摘要:** 以 45 钢为对磨材料, 采用止推圈式摩擦试验机测试了材料的摩擦系数, 研究了载荷、转速及表面粗糙度等 3 个因素对材料的滑动摩擦性能的影响以及这 3 种因素对材料摩擦系数影响的权重. 研究表明: 摩擦系数随着载荷的增大而减小, 随着转速的减小而减小; 载荷、转速和表面粗糙度对摩擦系数影响的权重分别为 0.57、0.36 和 0.07.

**关键词:** 45 钢; 摩擦系数; 权重

**中图分类号:** TH142.1

**文献标识码:** A

## Study on friction properties of 45 steel under dry friction

YU Zhipeng, REN Jingri\*

( College of Engineering, Yanbian University, Yanji 133002, China )

**Abstract:** Based on 45 steel of grinding material, using the thrust coil friction testing machine tested the material friction coefficient, load, sliding velocity and roughness is studied in three factors such as the effect of the sliding friction properties of the material and weights of three kinds of factors on the coefficient of friction materials affect. The result show that the friction coefficient decreases with increasing load. As the rotational speed decreases, the friction coefficient decreases. The influence of load, speed and surface roughness on friction coefficient is 0.57, 0.36 and 0.07 respectively.

**Keywords:** 45 steel; friction coefficient; weight

## 0 引言

目前, 世界三分之一的总能源被一种或多种形式的摩擦磨损所消耗<sup>[1]</sup>, 因此减小摩擦和控制磨损对节约社会资源具有重要的意义. 45 钢是最常见的优质碳素钢材料之一, 其摩擦磨损性能在金属材料中非常具有代表性, 所以研究者在讨论金属材料的摩擦磨损性能时常采用 45 钢作为参考对象<sup>[2]</sup>. 宋玉才等研究了 45 钢摩擦磨损性能与载荷、滑动速度、硬度及硬度差之间的关系, 结果表明滑动速度对摩擦系数的影响最大, 其次是载荷, 最小的为硬度差<sup>[3]</sup>. 陶景青研究了 65Mn 钢摩擦磨损性能与载荷、滑动速度、表面粗糙度之间

的关系, 结果表明摩擦系数随着滑动速度和载荷的增大而减小, 随着表面粗糙度的增大而增大<sup>[4]</sup>. 基于上述研究结果, 本文研究载荷、转速及表面粗糙度对 45 钢干滑动摩擦性能的影响以及这 3 种因素对 45 钢摩擦系数影响的权重, 旨在为机械运动副的参数选择、结构设计及其制造提供参考.

## 1 试样制备和实验方法

### 1.1 试样制备

由于本实验是在常温下进行的, 因此对原有试件图纸进行了改进, 去掉了测温孔<sup>[5]</sup>. 试样制备时首先将金属棒料按照设计好的试样图纸先在车

收稿日期: 2017-12-14

\* 通信作者: 任靖日(1960—), 男, 博士, 教授, 研究方向为摩擦学及表面工程.

床上加工试环,然后在钻床上加工定位孔,并将成型的试样用抛光机打磨平整,最后利用不同粗细程度的砂纸对上、下试样表面进行加工得到不同表面粗糙度的试样.止推圈摩擦副上、下试样的设计尺寸如图 1 所示.

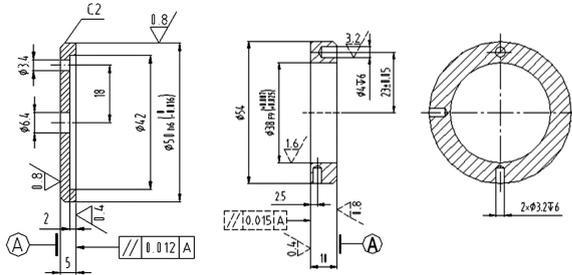


图 1 上、下止推圈尺寸图

## 1.2 实验方法

摩擦试验采用止推圈滑动摩擦副,在 MMW-1A 微机控制万能摩擦磨损试验机上进行,上、下试样的材料均为 45 钢.为减小实验误差,每组实验进行 3 次,实验结果取其平均值.实验参数如表 1 所示.

表 1 实验参数

载荷/N	转速/(r/min)	表面粗糙度/ $\mu\text{m}$
30	30	1.1
30	60	0.6
30	90	0.2
50	30	0.2
50	60	1.1
50	90	0.6
70	30	0.6
70	60	0.2
70	90	1.1

## 2 实验结果与分析

### 2.1 载荷与摩擦系数的关系

干摩擦状态下,45 钢摩擦副载荷与摩擦系数之间的关系如图 2 所示.由图 2 可以看出,随着载荷的增大,材料的摩擦系数逐渐减小,其原因是载荷较小时,在摩擦磨损过程中摩擦副表面温度上升较小,表面氧化程度较低,粘着力较高,从而使摩擦系数较高<sup>[6]</sup>;随着载荷的进一步增大,摩擦副表面的形变强化加剧,进而使摩擦副表面硬度提高,粘着力减轻,温度上升,氧化层增厚,从而使摩

擦系数降低.

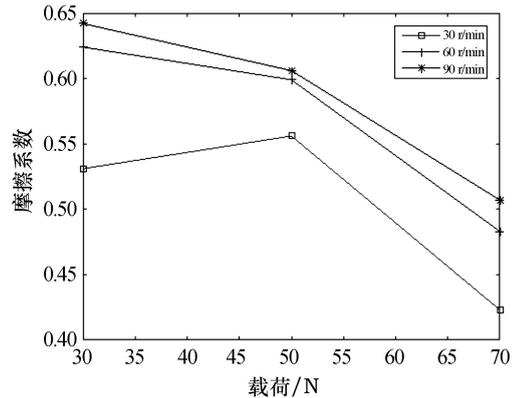


图 2 载荷对摩擦系数的影响

### 2.2 转速与摩擦系数的关系

干摩擦状态下,45 钢摩擦副转速与摩擦系数之间的关系如图 3 所示.由图 3 可以看出,随着转速的增大,摩擦系数也逐渐增大.其原因是随着转速的增大,摩擦副表面升温速度加快,从而使得摩擦副表面的氧化程度加剧,表面硬度降低.另外,随转速的增大,摩擦副表面的磨屑不断增加,磨屑以磨料的形式作用,增加了摩擦副表面的摩擦.

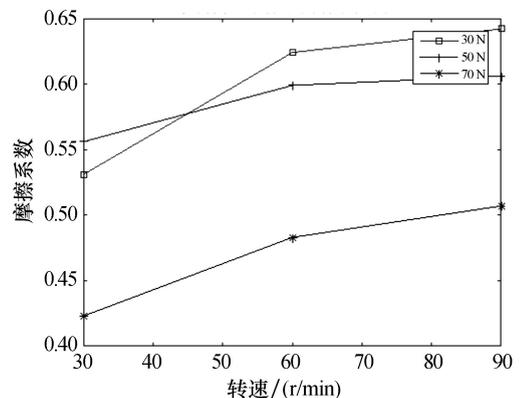


图 3 转速对摩擦系数的影响

### 2.3 表面粗糙度与摩擦系数的关系

干摩擦状态下,45 钢摩擦副表面粗糙度与摩擦系数之间的关系如图 4 所示.由图 4 可以看出,随着表面粗糙度的增大,摩擦系数呈现无规律变化.由图 5 和表 2 可以看出,磨损后摩擦副表面粗糙度发生较大改变,其原因是在摩擦磨损实验过程中,摩擦副表面凹凸峰开始接触发生迁移;摩擦副表面氧化加剧,氧化层增厚;摩擦副表面的磨屑不断增加<sup>[7]</sup>.

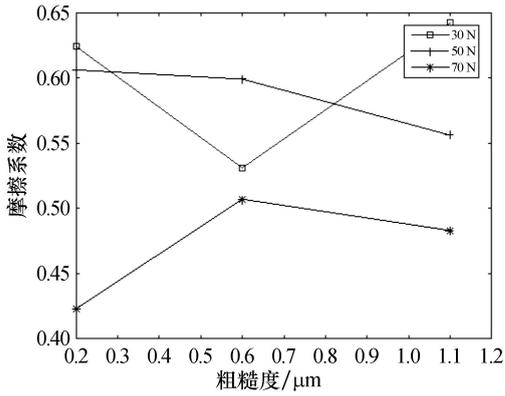


图 4 表面粗糙度对摩擦系数的影响

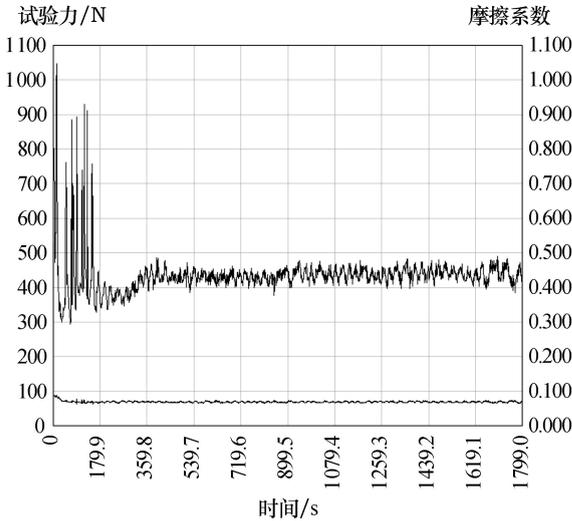


图 5 试验力-时间-摩擦系数

表 2 磨损前后表面粗糙度

磨损前表面粗糙度/ $\mu\text{m}$	1.1	0.6	0.2
磨损后表面粗糙度/ $\mu\text{m}$	5.0	4.3	2.9

### 2.4 极差分析

对试验结果进行极差计算,由此得出 3 种因素对摩擦系数影响的权重,结果如表 3 所示.由表 3 可知,权重大小的关系为  $R_F > R_R > R_{Ra}$ ,计算极差值求得载荷、转速和表面粗糙度所占权重分别为 0.57、0.36 和 0.07.

表 3 极差分析

摩擦系数	载荷 $R_F/\text{N}$	转速 $R_R/(\text{r}/\text{min})$	表面粗糙度 $R_{Ra}/\mu\text{m}$
$K_1$	1.797	1.51	1.681
$K_2$	1.761	1.706	1.637
$K_3$	1.413	1.755	1.653
$k_1$	0.599	0.503	0.560
$k_2$	0.587	0.569	0.546
$k_3$	0.471	0.585	0.551
极差 $R$	0.384	0.245	0.044

### 3 结论及展望

本文在干摩擦状态下研究了载荷、转速及表面粗糙度对 45 钢干滑动摩擦性能的影响以及 3 种因素对 45 钢摩擦系数影响的权重.结果表明:①随着载荷的增大,摩擦系数逐渐减小;②随着转速的增大,摩擦系数逐渐增大;③摩擦系数与表面粗糙度呈现无规律状态;④载荷、转速和表面粗糙度对摩擦系数影响的权重分别为 0.57、0.36 和 0.07.本文在研究中仅考虑了载荷、转速和表面粗糙度 3 种因素对 45 钢干滑动摩擦性能的影响,忽略了硬度、温度等因素对实验结果的影响,因此今后的工作中将对各种因素进行综合考虑,以期得到更好的实验结果.

### 参考文献:

- [1] 布尚(Bhushan B). 摩擦学导论[M]. 葛世荣译. 北京:机械工业出版社,2006:2-3.
- [2] 王洋. 45 钢磨损性能和磨损机制的研究[D]. 镇江:江苏大学,2010:9-10.
- [3] 宋玉才,金晓鹏. 45 钢摩擦副摩擦磨损性能的试验分析[J]. 辽东学院学报,2010,17(1):53-55.
- [4] 陶景青. 旋耕机刀片摩擦磨损特性试验研究[D]. 成都:西华大学,2015:59-60.
- [5] 汤梓铭. 止推圈摩擦试验及仿真分析[D]. 延吉:延边大学,2017:22-23.
- [6] 姚晏群. 低碳低合金钢摩擦磨损性能研究[D]. 南京:南京理工大学,2013:30-40.
- [7] 赵志刚. 45 钢和 H13 钢干滑动磨损行为和磨损机制的研究[D]. 镇江:江苏大学,2014:31-40.