

[新设备·新材料·新方法]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2017.01.016

变载荷对45钢摩擦副摩擦磨损性能的影响

季春云¹, 金晓怡¹, 朱星宇¹, 黄立新¹, 朱建柳²

(1. 上海工程技术大学 机械工程学院, 上海 201620; 2. 上海交通职业技术学院, 上海 200431)

摘要:针对实际工况中,45钢是在有润滑的状态下工作,且所受的载荷是变化的情况,课题组在自行改装的MMS-2A型多功能摩擦磨损试验机上采用环-块接触摩擦方式进行了实验,研究了在油润滑状态下变载荷对45钢摩擦副摩擦磨损性能的影响,与干摩擦条件下的磨损性能进行对比;并对45钢磨损表面进行了观察。结果表明:干摩擦和油润滑状态下的45钢摩擦副的摩擦因数呈现不同的变化趋势;油润滑条件下的磨损量比干摩擦条件下的磨损量要小很多;在油润滑条件下,45钢的磨损机理主要表现为磨粒磨损和疲劳剥落。研究验证了油润滑的存在有助于改善材料的耐磨性。

关键词:变载荷;45钢;摩擦磨损性能;油润滑

中图分类号:TH117.1

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2017)01-0071-04

Friction and Wear Behaviors of 45 Steel Frictions Coupling under Vibration Load

JI Chunyun¹, JIN Xiaoyi¹, ZHU Xingyu¹, HUANG Lixin¹, ZHU Jianliu²

(1. School of Mechanical Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China;

2. Shanghai Communications Polytechnic College, Shanghai 200431, China)

Abstract: In the actual working conditions, the 45 steel is working under lubrication condition, and the load is changing. The friction and wear properties of the 45 steel coupling under alternative vibration load and lubrication condition was studied by using MMS-2A multifunction friction and wear testing machine with ring-on-block friction pairs, and its results were compared with those under dry condition. The worn surface of the 45 steel was observed by metallurgical microscope. The results showed that wear volume under dry condition was higher than that under lubrication condition; and the wear mechanisms of 45 steel were abrasive wear and fatigue spalling. It proved that oil lubrication could improve the wear resistance of the material.

Keywords: vibration load; 45 steel; friction and wear; oil lubrication

45钢是机械中常用的中碳调质结构钢,价格便宜,材料来源方便。将调质后的45钢应用在不同的结构零件上面,可以表现出良好的综合力学性能。尤其是齿轮、连杆、螺栓以及轴类零件在施加交变载荷的情况下,实验结果显示其力学性能非常优越^[1]。磨损是金属材料中一种比较常见的失效形式,磨损性能的研究对提高金属零件的性能并且延长使用寿命具有非常积极的意义^[2-3]。目前国内外对45钢的研究主要是在静载荷以及表面处理方面,但是在变载荷方面的研究相对较少。Vityaz^[4]分析了表面处理对45钢摩擦磨损性能的影响,指出表面加入富勒烯的45钢的摩擦因数比未处理的45钢低3~4倍,耐磨性能是未处理的2

倍。Ivanov^[5]分析了等离子热处理对45钢力学和摩擦学性能影响,指出电流为400A时,处理后的45钢表面层的摩擦学性能最好。王若横^[6]等研究了干摩擦和油润滑2种工况下载荷对软氮化45钢摩擦学性能的影响,指出当载荷超过500N后,软氮化45钢的摩擦因数和磨损量急剧增加。唐媛媛^[7]等研究了干摩擦状态下,变振动载荷对Al₂O₃陶瓷钢摩擦副摩擦磨损性能的影响。在实际工况中,45钢摩擦副多数都是在润滑状态下工作的,但目前这一方面的研究较少。笔者主要研究油润滑状态下,45钢在变载荷作用下的摩擦性能,并且与干摩擦条件下的性能进行对比,为提高材料的耐磨性提供实验依据。

收稿日期:2016-06-20;修回日期:2016-08-20

第一作者简介:季春云(1991),女,江苏南通人,硕士研究生,主要研究方向为摩擦学。E-mail:1398146123@qq.com

1 实验设计

1.1 实验材料

实验材料为45钢,下试件内径为45 mm。经840℃奥氏体化25 min后在盐水中淬冷,然后在600℃回火2 h,处理后的试样的洛氏硬度HRC为57.9。

1.2 实验方法

在实验开始前用超声波清洗器对试件表面进行清洗,并用数显鼓风干燥箱烘干。实验时将已经清洗好的环状45钢作为下试样,块状45钢作为上试样,上试样固定,在自行改装的MMS-2A型多功能摩擦磨损试验机上进行,如图1所示。



图1 MMS-2A型多功能摩擦磨损试验机

Figure 1 MMS-2A multifunction friction and wear testing machine

实验在室温、油润滑条件下进行,钢环的转速为200 r/min,脉冲发送频率为2 000 Hz,初始载荷为100 N。改变脉冲发送量来调节输出正弦载荷的幅值。脉冲发送量依次为50 000,100 000,150 000,200 000,250 000,所对应的幅值依次为104,194,261,346和458 N,每组实验持续10 min。

为了研究初始载荷的大小对摩擦因数的变化有无影响,在实验前增设了5组实验,初始载荷依次为100,150,200,250和300 N。脉冲发送量为50 000,每组实验持续10 min。

实验结束后,立即用超声波清洗机对试样进行清洗,将清洗完毕的试样在鼓风干燥箱中烘干,烘干完毕用电子分析天平进行称质量。摩擦因数直接在MMS-2A型多功能摩擦磨损试验机上测出。摩擦副的磨损表面形貌通过金相显微镜观察。

采用试样在实验前后的质量之差来评定材料的耐磨性能,即

$$\Delta W = W_0 - W_1。$$

式中: ΔW 为试样的磨损量,mg; W_0 为试样在实验前的质量,mg; W_1 为试样在实验后的质量,mg。

2 结果与分析

2.1 摩擦因数

图2表示的是不同初始载荷下摩擦因数随时间的变化曲线。由图可以看出初始载荷的变化不影响摩擦因数的变化趋势,依然存在载荷最大时摩擦因数最小,载荷最小时摩擦因数最大的规律。同时可以看出随着初始载荷的增加,摩擦因数整体在减小,而且越来越趋于平缓。

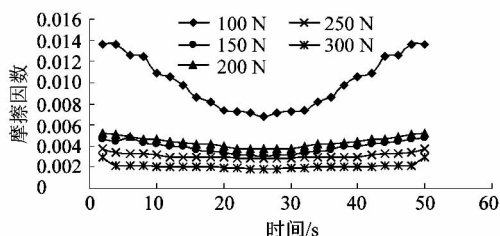


图2 不同初始载荷下摩擦因数随时间的变化

Figure 2 Variations of friction coefficient with test time under different initial loads

图3表示的是摩擦因数随最大载荷变化的曲线,图中载荷为正弦载荷的峰值。由图可以看出干摩擦状态下,摩擦因数随着最大载荷的增加而减小,这是因为实际情况下,实际接触面积比载荷增加得慢^[8];润滑状态下,随着最大载荷的增加,摩擦因数曲线呈现上升的趋势,由于载荷的增加,油膜承受不了增大的载荷,则发生破裂,摩擦因数就会增大^[9]。

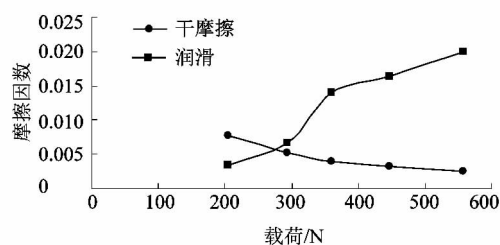


图3 不同摩擦状态下摩擦因数随最大载荷的变化

Figure 3 Variations of friction coefficient with maximum load under different friction conditions

结合图4(a)、图4(b)可知,当正弦载荷达到峰值时,此时的摩擦因数是最大的。随着载荷幅值的增加,正弦载荷的峰值也在增加,最小摩擦因数在减小。

2.2 磨损量

由图5可以看出干摩擦状态下,随着振动载荷幅值的增加,磨损量呈递增趋势,当幅值继续增加时,磨损量的升高趋势逐渐减缓。润滑状态下,随着振动幅值的增加,磨损量的变化不大,基本上趋于平稳。而且,干摩擦状态下的磨损量要比润滑状态下的磨损量

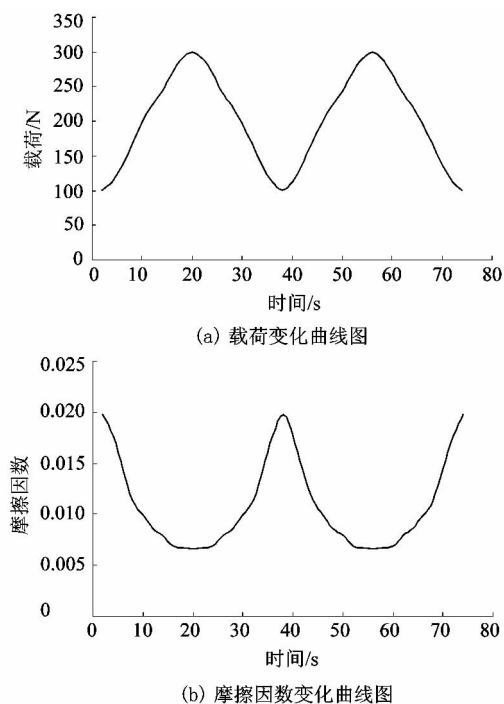


图4 载荷、摩擦因数随时间的变化

Figure 4 Variations of load and friction coefficient with test time

大得多,因此增加润滑可以减小材料的磨损率,提高材料的耐磨性能。

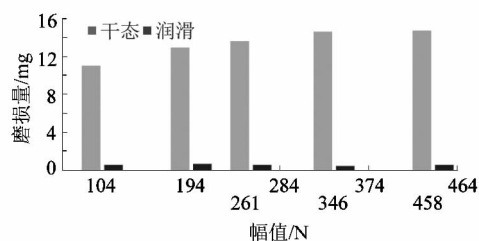


Figure 5 Wear volume for 45 steel under dry and oil lubrication condition

2.3 表面形貌

图6所示为试样45钢在不同幅值下的磨损形貌。可以看出,振动载荷幅值较低的情况下,磨损表面出现微观切削、犁沟和材料剥落,主要表现为磨粒磨损,如图6(b)、(c)、(d)所示。其中塑性变形主要是因为摩擦副摩擦过程中,磨粒伴随着润滑油进入2个滑动表面,在载荷的作用下对其产生碾压^[10];当幅值增加时,磨损表面的犁沟现象越来越严重,而且有大面积的剥落坑,主要表现为疲劳剥落,如图6(e)、(f)所示。其中剥落坑主要是因为随着载荷的增加,润滑油压升高,润滑油进入裂纹,对裂纹壁产生很大的冲击力,同



图6 润滑状态下45钢磨损表面形貌

Figure 6 SEM micrograph of worn surfaces of 45 steel under oil lubrication condition

(下转第78页)