

ART对45钢表面改性的研究

刘永强¹, 张栋², 李锋¹

(1. 空军工程大学 工程学院, 陕西 西安 710038; 2. 空军航空装备研究所, 北京 100076)

摘要:运用改装的摩擦实验机对45钢—灰铸铁摩擦副做旋转对磨实验,探索ART对45钢摩擦副表面改性的机理和耐磨规律。实验结果表明,磨损试样表面有大量小质点镶嵌,微区亦增添了来自矿物粉体中的元素;显微硬度明显提高,粗糙度显著降低。ART起到了良好的减摩耐磨效果。

关键词:摩擦;磨损;ART;表面改性

中图分类号: TG174.44 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2008)01-0092-03

摩擦磨损是机械零部件的3种主要破坏形式(磨损、腐蚀和断裂)之一,是降低设备效率和准确度甚至使其报废的一个重要原因^[1-5]。减少机械设备金属零部件的摩擦磨损、降低能源消耗和减少环境污染是现代机械设计制造和使用所面临的三大课题^[6],而在特殊情况下(润滑油意外泄露),仍能维持机械设备正常运行并完好无损,更是人们梦寐以求的目标^[7]。ART(金属磨损自修复技术)是一种超细矿物粉体综合润滑减摩技术^[8],是硅酸盐矿物等原料进行超细化加工,产生的粉体粒主要组分为水合硅酸^[9]。在机械使用过程中以润滑油(脂)为载体带入润滑系统中,对摩擦副接触表面自修复处理,达到减摩耐磨效果。它不溶于润滑油(脂),并且也不与润滑油(脂)发生化学反应,不改变油(脂)的性能,还可承受“干摩擦”,达到良好的表面改性效果^[10]。本文采用ART技术对45钢摩擦表面纹性进行了研究,所得结果证实ART是一种优良的摩擦副表面优化再造技术。

1 试样制备与试验方法

1.1 试样制备

试样在45钢棒材截取,尺寸为40 mm×10 mm,端面精车加工作为实验工作面,表面粗糙度 $Ra=0.40\ \mu\text{m}$ 。只在外沿10 mm宽圆环部位进行对磨实验。用AA-160电子分析天平称量试样质量,精确度为0.1 mg;用YOUKON200显微硬度计测量试样表面显微硬度,载荷值为100 N。用S440扫描电子显微镜对试样表面进行观察,采用KEVEX能谱仪进行微区成分分析。

1.2 试验方法

将一台ZQ4116/II型台式钻床改装成一个简易摩擦试验机。电压为220 V,转速为500 r/min,功率为375 W。用灰铸铁和45钢配对做磨擦试验,载荷为19.6 N,在摩擦副表面直接加入浓度为0.042 g/mL的试剂,进行试验。共试验60 h。在试验过程中定期对试样清洗观察表面状态变化,并称量质量变化。

2 试验结果

2.1 试样外观检查及质量变化

收稿日期:2007-04-16

作者简介:刘永强(1971-),女,陕西西安人,讲师,主要从事机械设计和摩擦学新材料研究。E-mail:LYQ@163.com

观察发现,试样表面原来的加工痕迹不断的变浅、变暗,直至消失;整个试样的表面逐渐被抛光;同时有不同程度的乳白色膜生成;直至最后,试样表面全部被乳白色膜覆盖。试样表面粗糙度的检测结果表明,经 ART 处理过的试样表面粗糙度明显下降, R_a 从 0.40 μm 减少到了 0.25 μm 。试样质量变化曲线见图 1。

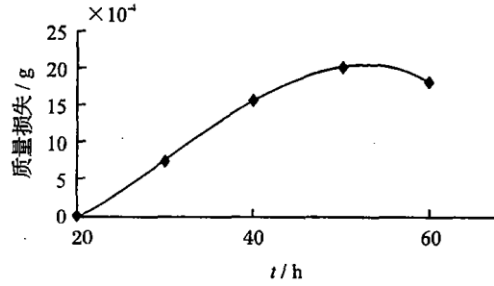


图 1 试样质量变化曲线

Fig. 1 Variation of specimen quality with time

从实验曲线可以看出,实验一开始试样磨损率较大,随着时间的推移,磨损率逐渐减小,直至最后试样质量反而会增加。ART 粒子尺寸非常小,可以进入较为粗糙的接触表面,填平其中的显微凹坑,从而达到自修复和抛光的效果;同时使表面粗糙度大大减小,提高材料的抗磨减摩性能,起到有效的表面改性作用。

2.2 表面形貌

45 钢原始试样表面加工刀痕比较粗大、连续,有大量的微小突起和小凹坑。试验后(如图 2 所示)原始加工纹路已经很不明显,深而粗大的刀痕失去,只有一些比较稀疏的亮划线,已经变得较短小,并且模糊不清。由图 3、图 4 可见,摩擦面上镶嵌有大量的黑色小质点。由于 45 钢材料较软,而 ART 粉体及其产物硬度及强度均很高,故其可以作为超细硬质点(质点成分主要含氧、硅、钙、铁,镁)嵌入摩擦副真实接触部位的表面。

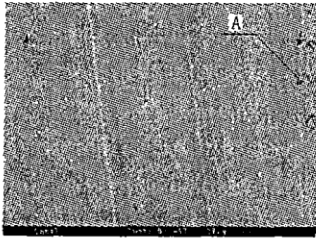


图 2 低倍下表面微观形貌

Fig. 2 Microscopic surface at lower magnify power

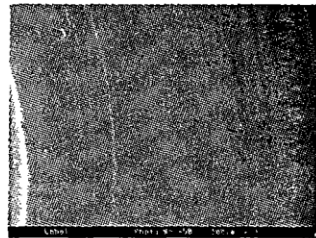


图 3 较高倍数的表面形貌

Fig. 3 Microscopic surface at higher magnify power

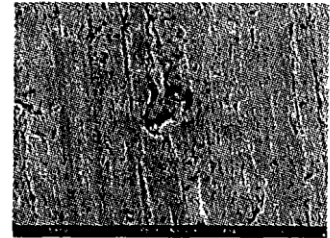


图 4 图 3 中小质点 A 放大形貌

Fig. 4 Further magnification of location A in fig. 3

2.3 表面成分分析

采用 KEVEX 能谱仪对试样进行微区成分分析,原始试样质量成分只含铁(96.74%)和微量镁(0.70%)、硅(2.56%)等杂质。

经 ART 摩擦试验后,如表 1 所示,试样中仍以铁为主,此外还有大量的氧,较多的镁、硅,少量的铬、锰等;小质点中氧、镁和硅的含量更高。

表 1 试验后试样表面成分的质量百分数

Tab. 1 Percentages of surface components after experiment %

部位	成分						
	O	Mg	Si	S	Cr	Mn	Fe
摩擦区	9.65	3.08	2.52	-	-	-	85.00
小质点	13.90	8.84	8.58	0.25	0.19	0.40	67.84

2.4 表面显微硬度

由表 2 可见,原始区的显微硬度值差别不大,而摩擦区的显微硬度值明显提高,但在不同区域有波动。

表 2 试样表面显微硬度值

Tab. 2 Micro-penetration hardness of specimen surface Hv0.1

部位	测量值					平均值
	1	2	3	4	5	
原始区	287.4	296.6	262.0	270.1	282.0	279.6
摩擦区	408.7	441.2	386.6	376.7	386.7	400.0

3 结论

1) ART 超细微粒子,可以进入摩擦副间隙并吸附于试样表面,对摩擦副接触表面可以起到精细研磨、抛

光的作用,大大降低表面粗糙度;

2) ART 粉体对摩擦副表面的实际接触斑点起到微观范围内的辗压(或挤压)、剪切等作用,使其加工硬化,产生强烈的不均匀的塑性变形,大大提高表面显微硬度;

3) 由于 45 钢材料较软,超细矿粉体及其产物可嵌入摩擦副真实接触部位的表面,提高材料表面的承载能力;

4) 粉体很容易吸附于摩擦副表面,对油膜的保存起到维系作用,还可以有效地起到隔离摩擦副表面接触的作用,增强了耐热性,减小摩擦,有效地避免粘着磨损,达到良好的表面改性效果。

参考文献:

- [1] 张 栋. 失效分析[M]. 北京:国防工业出版社,2004.
ZHANG Dong. Failure Analysis[M]. Beijing: National Defense Industry Press,2004. (in Chinese)
- [2] 屈晓斌. 材料的磨损失效及其预防研究的现状及发展趋势[J]. 摩擦学学报,1999,19(2):187-192.
QU Xiaobin. Current State and Development Trend of the Research on Material Wear Failure and Failure Prevention [J]. Journal of Tribology,1999,19(2):187-192. (in Chinese)
- [3] WANG Y. Nano - and Submission - Structured Sulfide Seff - Lubricating Coatings Produced by Thermal Spraying[J]. Tribology Letters,2004,17(2):165-168.
- [4] 范顺成. Cr3C2 - Mo - NiCr 基活塞环等离子涂层摩擦特性的实验研究[D]. 天津:天津大学,1999.
FAN Shuncheng. Experimental Research on the Friction Characteristics of the Cr3C2 - Mo - NiCr Group Piston Ring Plasma Coating[D]. Tianjin:Tianjin University,1999. (in Chinese)
- [5] XIE Feng. Wear and Its Influenced Fractors[J]. Synthetic Lubricants. 2006,33(1):36-39.
- [6] 籍国宝,陈光中. 摩擦磨损原理[M]. 北京:北京农业机械学院出版社,1992.
JI Guobao, CHEN Guangzhong. Principles of Friction and Attrition[M]. Beijing: Beijing College of Agricultural Mechanization Press,1992. (in Chinese)
- [7] Larsen Bass. Surface Engineering and the New Millennium[J]. Surf Eng,1998,14(2):81-83.
- [8] 刘永强. 超细矿物粉体对摩擦副表面改性的研究[D]. 西安:空军工程大学,2003.
LIU Yongqiang. The Study of Modified Theory of the Superfine Mineral Powder to the Friction Pair Surface[D]. Xi'an Air Force Engineering University,2003. (in Chinese)
- [9] 刘永强,张 栋,李 锋. 有机硅酸盐对 45 钢摩擦表面改性的研究[J]. 机械工程学报,2006,42(4):236-238.
LIU Yongqiang, ZHANG Dong, LI Feng. Effects of Organic Silicate on the Friction Performance of 45 Steel[J]. Journal of Mechanical Engineering,2006,42(4):236-238. (in Chinese)
- [10] 刘永强. 润滑研究的新进展与新材料[J]. 润滑与密封,2003,26(4):103-104.
LIU Yongqiang. New Scope and New Materials in Lubrication Study[J]. Journal of Lubrication and Sealing,2003,26(4):103-104. (in Chinese)

(编辑:田新华,徐楠楠)

A Study of the Effect of ART Reagent on Surface Modification of 45 Steel

LIU Yong - qiang¹, ZHANG Dong², LI Feng¹

(1. The Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710038, China; 2. Aeronautical Technology Research Center, Beijing 100076, China)

Abstract: The effect of ART reagent on the friction performance of 45 steel/cast iron pair is studied by using an improved friction apparatus. The ART reagent is added to the pair, and then the friction experiment is carried out at constant load and velocity under air condition. Emphases are mainly put on the mechanisms of surface modification and abrasion - resistant rule. Investigation by microscope indicates that many particles, such as the elements of ART reagent, are embedded into the surface. The micro - penetration hardness and surface roughness are greatly increased and decreased respectively, which demonstrates the pronounced abrasion - resistant effects of ART reagent.

Key words: friction; abrasion; ART reagent; surface modification