

# 摩圣材料对铸铁试样摩擦表面改性的影响

刘永强<sup>1</sup> 张 栋<sup>2</sup>

(1 空军工程大学工程学院,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灰铸铁—45<sup>#</sup>钢摩擦副做旋转对磨实验。在摩擦副中滴入摩圣试剂,在大气环境中变载荷、定转速条件下进行实验。主要探索摩圣材料对灰铸铁摩擦副表面改性的机理和耐磨规律。结果表明:摩擦试样表面有大量光滑的灰色块状物生成,表面微区亦增添了来自矿物粉体中的元素;显微硬度明显提高,其中灰色区尤为显著;表面粗糙度显著降低,起到了良好的耐磨减摩效果。

**关键词** 摩擦,磨损,摩圣,表面改性

## Influence of Mosheng Material on Surface Modification of Cast Iron Specimen

Liu Yongqiang<sup>1</sup> Zhang Dong<sup>2</sup>

(1 Air Force Engineering University, Xi'an 710038)

(2 Aeronautical Technology Research Center, Beijing 100076)

**Abstract** Influence of mosheng material on the friction performance of cast iron-45<sup>#</sup> steel pair is studied by an improved friction apparatus. The mosheng material is added to the pair, and then the friction experiment is carried out at variable loads and constant velocity under air condition. Emphases are mainly put on the mechanism of surface modification and abrasion-resistant rule. Investigation with microscope indicates that many grey blocks are observed in the specimen surface and some elements that come from the mineral powder 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 mosheng material.

**Key words** Friction, Abrasion, Mosheng material, Surface modification

### 1 前言

摩擦可消耗大量能量,据估计<sup>[1]</sup>,全世界有 1/2 ~ 1/3 的能量消耗在摩擦上。我国仅冶金、矿山、煤炭、农机、电力、建材等 6 个部门的粗略统计,每年因摩擦磨损就耗资 20 ~ 30 亿元<sup>[2]</sup>。由于摩擦所导致的失效是包括航空材料在内的机电材料失效的主要原因<sup>[3]</sup>。由此可见,磨损失效不仅造成大量材料和部件浪费,而且可能导致灾难性的事故后果<sup>[4]</sup>。本文所做的是摩圣技术(摩擦表面再生技术)的减摩机理和耐磨规律,是 20 世纪 90 年代从乌克兰引进的前苏联一项尖端军工技术——超细矿物粉体综合润滑减摩技术。它是由多种弥散的超细矿物质组成

的混合物,是一种复合型润滑材料,在机械使用过程中加入润滑系列,进入摩擦副接触表面,达到耐磨减摩效果。它可添加于任何类型的机油中,但不与机油发生化学反应,不改变机油的黏度,依靠在金属摩擦表面原位生成金属陶瓷层的再生技术,将精加工和表面处理过程最大限度的延伸至机械设备的使用过程中。它的使用无须拆卸、停车,改性、修复、减摩可在正常运行的工况下自动完成。摩圣是一种新型节能、环保减摩技术,它的诞生有望为解决摩擦磨损、降低能耗、减少环境污染,减少机械设备的制造、维护及保养成本提供具有实效的途径<sup>[5]</sup>。

### 2 实验

收稿日期:2005-04-11;修回日期:2005-07-13

作者简介:刘永强,1971 年出生,硕士,主要从事机械设计方面的教学和研究工作

## 2.1 测试设备

用 ZXH - 13 型台式钻床改装成磨擦实验机。电压 220 V, 转速 515 r/min, 功率 180 W。用 AA - 160 电子分析天平称量试样质量, 最大量程 160 g, 精度为万分之一克。用 YOU KON 200 显微硬度计测试样表面显微硬度, 载荷为 0.98 N。用 S440 扫描电子显微镜对试样表面进行观察。采用 Kevex 能谱仪进行微区试样成分分析。

## 2.2 试剂及试样制备

试剂用摩圣凝胶和 25# 变压器油配制, 质量浓度为 68.28%。用灰铸铁试样和 45# 钢试样配对作对磨实验。灰铸铁试样尺寸为 40 mm × 10 mm。只在外缘 10 mm 宽圆环区域摩擦试验。

## 2.3 实验方法

试剂直接滴入摩擦副中, 在变载荷下作摩擦试验。其中 0~4 h 加载 6 N; 4~60 h 加载 20 N; 60~160 h 加载 30 N。在实验过程中定期对试样表面清洗观察, 并称量。

## 3 结果及讨论

### 3.1 试样外观检查及质量变化

观察发现, 试样表面原始明显的加工纹路, 不断地变浅、变暗, 直至消失; 整个摩擦表面逐渐被抛光, 灰暗的颜色逐渐变亮; 同时有不同程度的乳白色膜生成; 直至最后, 试样整个摩擦表面被较均匀乳白色膜覆盖, 表面明显变得比较光滑、平坦。试样表面的粗糙度检测结果表明, 原始表面粗糙度 Ra 值为 0.241 μm, 经摩圣处理后降低为 0.074 μm, 减少了 30 多倍, 具体数据见表 1。

表 1 试样表面粗糙度值 (测量值)

Tab 1 Roughness of specimen surface

部位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	平均值
摩圣区	0.800	0.600	0.400	0.200	0.000	-0.200	-0.400	-0.600	-0.800	-1.000	-1.200	0.074
原始区	2.000	1.500	1.000	0.500	0.000	-0.500	-1.000	-1.500	-2.000	-2.500	-3.000	0.241

超细矿物粉体, 在匹配表面相对运动时, 比较容易滚动, 起到了微滚珠作用, 对摩擦副接触表面可以起到超细加工、精细研磨、抛光的作用, 大大降低表面粗糙度。图 1 为摩圣处理后的试样。其中外圈为经过摩圣处理的区域, 中间部分为未经处理的区域。

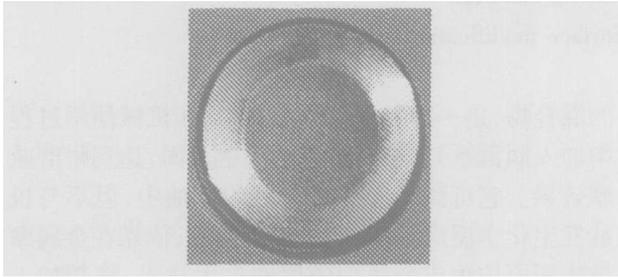


图 1 摩圣处理后的试样

Fig 1 Specimen treated by mosheng material

图 2 为试样质量变化曲线。图 2 表明试样的质量一直在减少, 但是减少率越来越小, 直至最后几乎没有变化。摩圣粒子对于正在发生磨损的部位, 摩擦力和微粒研磨剪切力产生的微局部在高温作用下, 微粒材料与铸铁表面上的铁发生物理化学反应, 生成一种保护层, 达到了摩擦副表面再生作用; 并使表面粗糙度减小, 耐磨性增强。使用摩圣技术对

摩擦副表面有抛光和再生作用, 能大大降低表面粗糙度, 减少磨损, 能提高材料的耐磨减摩性, 起到有效的表面改性作用。

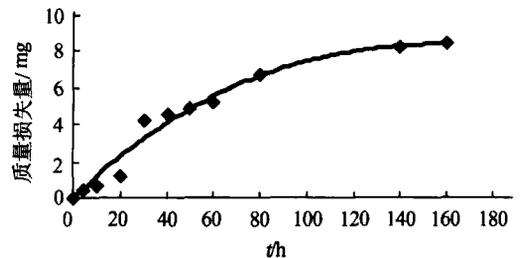
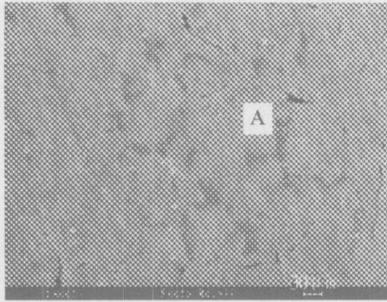


图 2 试样质量变化曲线

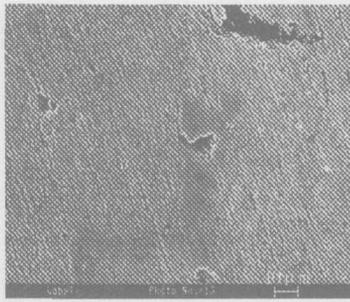
Fig 2 Variation of specimen quality

### 3.2 表面形貌

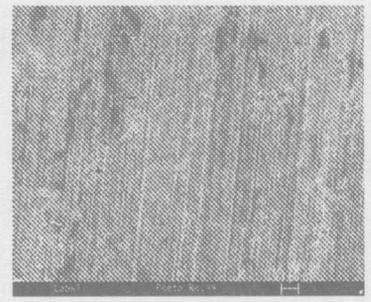
图 3 为摩圣处理前后灰铸铁试样表面形貌。电镜下发现摩圣表面比较平整, 有一些模糊不清的线摩擦痕迹和一些石墨细片, 还有大量均匀分布的深灰色平滑块状物见图 3(a)。图 3(b) 为 A 点灰色块状物局部放大。图 3(c) 为未经摩圣处理的区域, 有较明显且粗大的加工痕迹, 划痕明显、连续, 无灰色斑块存在。



(a) 灰铸铁摩圣区表面形貌



(b) 图(a)中A点灰色块放大



(c) 原始试样表面形貌

图3 摩圣处理前后灰铸铁试样表面形貌

Fig. 3 Microscopic surface of cast iron specimen

### 3.3 表面成分分析

能谱分析表明,原始试样成分以 Fe 为主,还有极少量的杂质 Si。表 1 表明摩圣处理后试样表面成分有着很大的变化,仍以 Fe 为主,但其中增加了许多来自粉体中的矿物元素,有 O、Al、Si 等;试样表面大量均匀分布的平滑灰色斑块与摩圣区的成分相同,只是 O、Al、Mn、S、Cr 等矿物元素的含量比摩圣区更高。

表 2 试样成分的能谱分析

Tab 2 Analysis of surface components		% (质量分数)					
部位	O	Al	Si	S	Cr	Mn	Fe
摩圣区	3.77	0.35	1.85	0.35	0.50	0.75	92.43
灰色块 1	4.18	1.46	1.37	2.31	3.09	2.90	84.68
灰色块 2	4.04	1.44	1.39	2.16	3.13	2.79	85.04

在摩擦副匹配表面之间的超细矿物粉体及其产物,作为超细微粒子,可以进入摩擦副间隙并吸附于试样表面,在局部接触点的超高温和超高压作用下,融合到金属表面的晶格上,并向金属内部扩散,改善了金属本身的晶体结构,从而强化了其表面层,表面显微硬度将大大提高。

### 3.4 表面显微硬度

表 3 列出了试样不同部位的表面显微硬度值。

表 3 试样表面显微硬度测量值 (HV<sub>0.1</sub>)

Tab 3 Micro-penetration hardness of specimen surface

部位	1	2	3	4	5	平均值
原始区	335.7	327.3	347.5	341.5	330.1	336.4
摩圣区	458.9	445.5	420.4	428.6	436.9	438.1
灰色区	559.8	657.0	566.0	559.8	585.4	585.6
灰色块	1097.2	1287.7	932.7	906.8	946.1	1034.1

由表 3 可见,试样中未经摩圣处理的原始区域显微硬度较低,并且其数值较为接近;经摩圣处理的宇航材料工艺 2006 年 第 1 期

区域表面显微硬度均提高很多,并且数值有较大波动。在试样中有灰色斑块生成的区域附近,显微硬度值更高,比未经处理的原始试样表面硬度值提高 3 倍多。

在摩擦副匹配表面之间的超细矿物粉体及其产物,由于粒径非常小,在匹配表面相对运动时,比较容易滚动,尤其是接近球形和圆棒的粉体;这样就起到了微滚珠作用,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,产生强烈的不均匀塑性变形,大大提高了表面显微硬度。

## 4 结论

(1) 经摩圣处理试样表面明显变得光滑、平坦,并又有大量光滑的灰色块状物生成,说明使用摩圣技术对摩擦副表面有抛光作用,可大大降低表面粗糙度。

(2) 经摩圣处理的试样,表面微区增添了来自矿物粉体中的元素,提高了试样表面显微硬度。

(3) 摩圣粉使摩擦学系统有多种表面优化再造机制,具备表面优生再造功能,可以起到良好的耐磨减摩效果。

### 参考文献

- 1 齐毓霖. 摩擦与磨损. 北京: 高等教育出版社, 1986: 2
- 2 材料耐磨抗蚀及其表面技术编委会. 材料耐磨抗蚀及其表面技术概论. 北京: 机械工业出版社, 1986: 3
- 3 屈晓斌. 材料的磨损失效及其预防研究的现状及发展趋势. 摩擦学报, 1999; 19(2): 187~192
- 4 陈建敏, 薛群基. 摩擦失效与摩擦学新材料. 见: 第三次全国机电装备失效分析预测预防战略研讨会, 1998: 73~80
- 5 刘永强. 超细矿物粉体对摩擦副表面改性的研究. 空军工程大学工程学院硕士论文, 2003

(编辑 李洪泉)