

doi: 10.3969/j.issn.1001-3849.2020.04.007

液压缸活塞销高温锰系磷化处理

王莉¹, 李庭贵¹, 王凤²

(1. 泸州职业技术学院 机械工程学院, 四川 泸州 646000; 2. 西华大学, 四川 成都 610039)

摘要: 为满足使用环境对液压缸活塞销耐磨性提出的较高要求, 采用两种方法对活塞销样件进行高温锰系磷化处理, 表征和测试了锰系磷化处理后的样件的形貌和性能, 并与原始样件进行了对比。结果表明: 采用高温锰系磷化处理后, 活塞销样件宏观上都呈黑色, 其显微硬度有不同程度的提高, 耐磨性能也有所改善。其中, 在表调处理后再进行高温锰系磷化处理对于提高活塞销样件的耐磨性能效果最好。

关键词: 活塞销; 高温锰系磷化; 表调处理; 显微硬度; 耐磨性能

中图分类号: TG174

文献标识码: A

High Temperature Manganese Phosphating Treatment of Piston Pin for Hydraulic Cylinder

WANG Li¹, LI Tinggui¹, WANG Feng²

(1. School of Mechanical Engineering, Luzhou Vocational and Technical College, Luzhou 646000, China; 2. Xihua University, Chengdu 610039, China)

Abstract: In order to meet the high requirement of using environment for the wear resistance of piston pin for hydraulic cylinder, the piston pin samples were treated by high temperature manganese phosphating with two different methods. The morphology and properties of the samples after manganese phosphating treatment were characterized and tested, and were compared with that of the original sample. The results showed that the piston pin sample after high temperature manganese phosphating treatment show light black at the macro level, and its microhardness and wear resistance have been improved. It was the best effect to improve the wear resistance of piston pin samples to be treated with high temperature manganese phosphating after surface conditioning treatment.

Keywords: piston pin; high temperature manganese phosphating; surface conditioning treatment; microhardness; wear resistance

磷化是在含有磷酸或磷酸盐及其它化学试剂的溶液中, 金属表面发生化学和电化学反应生成磷酸盐转化膜的过程。目前常用的磷化工艺有常温锌系磷化、常温铁系磷化、中温锌锰系磷化、中温锌

钙系磷化和高温锰系磷化^[1]。其中, 高温锰系磷化工艺具有成膜速度快、磷化膜重大等优点, 锰系磷化膜既可以作为减摩耐磨层, 也可以作为腐蚀防护层, 常用在紧固件、齿轮、杆类和轴类等零件表面。

收稿日期: 2020-01-03

修回日期: 2020-03-10

通讯作者: 王莉(1974-), 女, 副教授, 主要研究方向为机械材料、机械基础、化工机械, Email: luzhou_646000@163.com

基金项目: 四川省科技计划项目(2019YFG0064); 泸州市科技项目(2015-S-53(4/5))

关锰等^[2]研究了核主泵用紧固件高温锰系磷化工艺,比较了三种不同锰系磷化工艺的效果。李文平等^[3]研究了齿轮用20CrNiMo材料和22CrMo材料的高温锰系磷化工艺,证实了锰系磷化膜可以起到减摩润滑作用。马刘宝等^[4]采用高温锰系磷化工艺对油套管接箍进行处理,通过正交实验确定了锰系磷化工艺参数,并进行了验证。韩谦逊^[5]采用高温锰系磷化工艺对无氟压缩机用的零件进行处理,并分析了工艺参数对锰系磷化膜性能的影响。许艳等^[6]研究了薄壁无缝轴套的高温锰系磷化工艺,证实锰系磷化膜能降低轴套的磨损速率。

活塞销是液压缸中起连接作用的零件^[7],为了满足实际应用要求,活塞销必须有足够高的机械强度和理想的耐磨性能。为了提高活塞销的耐磨性能,本文采用两种不同方法对活塞销进行高温锰系磷化处理,并考察了经过锰系磷化处理后的活塞销的性能。

1 实验

1.1 材料和方法

活塞销样件由未经热处理的20#钢圆棒加工而成,其尺寸为 $\Phi 10.2 \times 40$ mm。样件前处理步骤如下:打磨→除尘→除油→浸蚀→清洗→干燥。磷化液组成和工艺条件为:BW-240型浓缩液、游离酸度2.5~5.0、酸比7.0~9.0,磷化液温度90℃、磷化时间24 min。

采用两种不同方法对样件进行高温锰系磷化处理,方法一:前处理后的样件不经过表调处理直接浸入磷化液中进行高温锰系磷化;方法二:前处理后的样件先在含有表调剂的溶液中进行活化处理,再浸入磷化液中进行高温锰系磷化。为了便于表述,下文将采用方法一处理后的样件称为未表调-锰系磷化样件,将采用方法二处理后的样件称为表调-锰系磷化样件。

1.2 性能测试

未表调-锰系磷化样件和表调-锰系磷化样件先用清水冲洗干净并干燥后,再进行性能测试。

使用PowerShot G7X Mark II型数码相机拍摄样件的宏观形貌,使用FEI Quanta200型扫描电子显微镜观察样件的微观形貌。

使用THVS-50型显微维氏硬度计测试样件的

显微硬度,载荷为100 g,保持15 s后卸载。使用UMT型摩擦磨损试验机测试样件的耐磨性,载荷为100 g,转速为100 r/min。使用扫描电镜观察样件的磨损形貌。

2 结果与讨论

2.1 宏观形貌和微观形貌

原始样件、未表调-锰系磷化样件和表调-锰系磷化样件的宏观形貌如图1所示。可以看出,未表调-锰系磷化样件和表调-锰系磷化样件都呈黑色,磷化膜覆盖完整,无挂灰现象。但前者表面有颗粒感,而后者表面平滑。

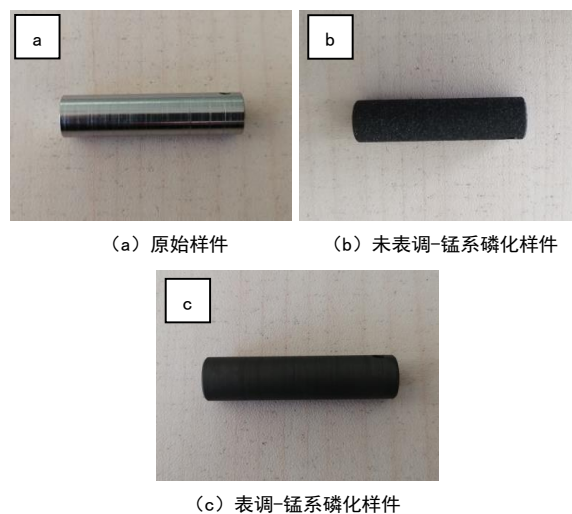


图1 三种样件的宏观形貌

Fig.1 Macromorphology of three samples

原始样件、未表调-锰系磷化样件和表调-锰系磷化样件的微观形貌如图2所示。从图2(a)可以观察到机械加工留下的刀痕,纹路清晰。从图2(b)可以看出,未表调-锰系磷化样件的磷化膜晶粒生长无序,呈不规则多边形,较紧密的堆积在一起,晶粒尺寸约10 μm 。从图2(c)可以看出,磷化膜同样呈不规则多边形,但晶粒明显细化,尺寸为5 μm 左右,晶粒堆积更紧密。通过对比可知,表调处理使磷化膜晶粒细化,结晶致密。表调处理被认为是生成形貌良好、组织致密的磷化膜不可或缺的重要工序^[8],其原理是消除前处理步骤造成的基体表面不均匀性,同时激活基体表面的活性,即增加基体表面活性点的数量,形成大量的结晶活化中心,有利于提高结晶密度、更快成膜,生成形貌良好、组织致

密的磷化膜。

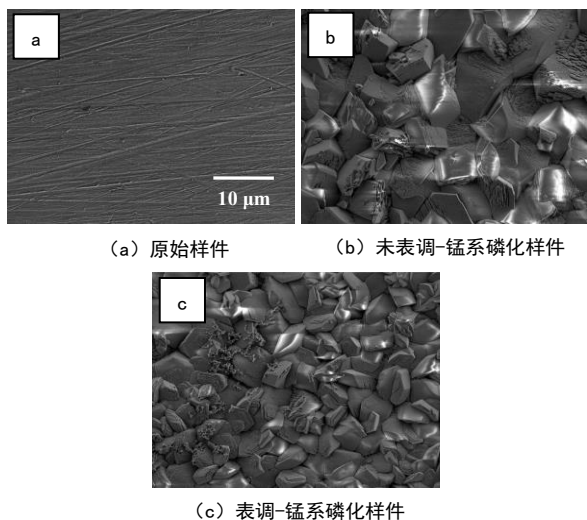


图2 三种样件的微观形貌

Fig.2 Micromorphology of three samples

2.2 显微硬度

原始样件、未表调-锰系磷化样件和表调-锰系磷化样件的显微硬度测试结果如表1所示,显微硬度由高到低依次为:表调-锰系磷化样件>未表调-锰系磷化样件>原始样件。相比于原始样件,未表调-锰系磷化样件和表调-锰系磷化样件的显微硬度有不同程度的提高,其中表调-锰系磷化样件表面磷化膜的晶粒相对细小、组织更致密,因此抵抗金刚石压头压入其表面的能力较强,表现出较高的显微硬度。

表1 三种样件的显微硬度测试结果

Table 1 Microhardness of three samples

	测试值/ HV	平均值/ HV
原始样件	132.0, 134.7, 127.1, 145.0, 141.3	136.0
未表调-锰系磷化样件	214.5, 191.3, 223.0, 218.2, 206.4	210.7
表调-锰系磷化样件	265.5, 274.3, 293.6, 281.0, 270.0	276.9

2.3 耐磨性能

原始样件、未表调-锰系磷化样件和表调-锰系磷化样件的摩擦因数随时间的变化如图3所示。三种样件的摩擦因数曲线都可以划分成两个阶段:磨合阶段、稳定磨损阶段。在磨合阶段,摩擦因数

随时间延长呈振荡特征,原始样件和表调-锰系磷化样件的磨合阶段持续时间基本相同,即0~1 min。而未表调-锰系磷化样件的磨合阶段较长,可能是由于未表调-锰系磷化样件表面锰系磷化膜的晶粒较粗,致密性相对较差,在摩擦过程中真实接触面积动态变化,导致摩擦阻力随机变化。

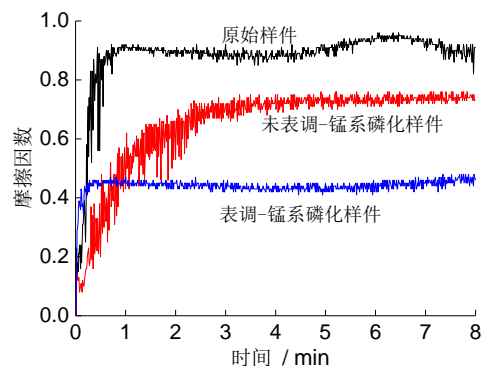


图3 三种样件的摩擦因数曲线

Fig.3 Coefficient curve of three samples

由图3可以看出,在稳定磨损阶段摩擦因数基本稳定。1~8 min时,原始样件和表调-锰系磷化样件都处于稳定磨损阶段。稳定磨损阶段各样件的平均摩擦系数如图4所示。可以看出,在稳定磨损阶段原始样件的平均摩擦因数为0.86,表调-锰系磷化样件的平均摩擦因数为0.44。3~8 min时,未表调-锰系磷化样件处于稳定磨损阶段,其平均摩擦

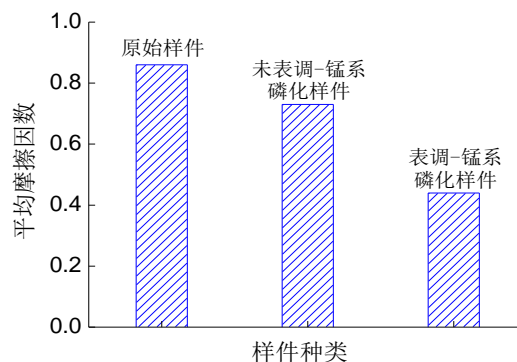


图4 稳定磨损阶段三种样件的平均摩擦因数

Fig.4 Average friction factor of three samples in stable wear stage

因数为0.73。摩擦因数能够反映摩擦副材料的耐磨性能,一般来说,摩擦因数越小,摩擦副材料的耐磨性能越好^[9]。结合图3和图4可知,原始样件经过高温锰系磷化处理后其耐磨性能有所改善。

原始样件、未表调-锰系磷化样件和表调-锰系磷化样件的磨损形貌如图5所示。从三种样件的磨损形貌照片可以观察到犁削痕迹和散落的磨屑,三种样件的磨损形式都以磨粒磨损为主。具体来说,原始样件磨损表面的犁沟状磨痕较深且较宽,磨屑分布比较零散;未表调-锰系磷化样件磨损表面表现为片状剥落现象,并伴有磨屑堆积现象;表调-锰系磷化样件磨损表面的犁沟状磨痕较浅,局部有大块磨屑剥落形成的凹坑。

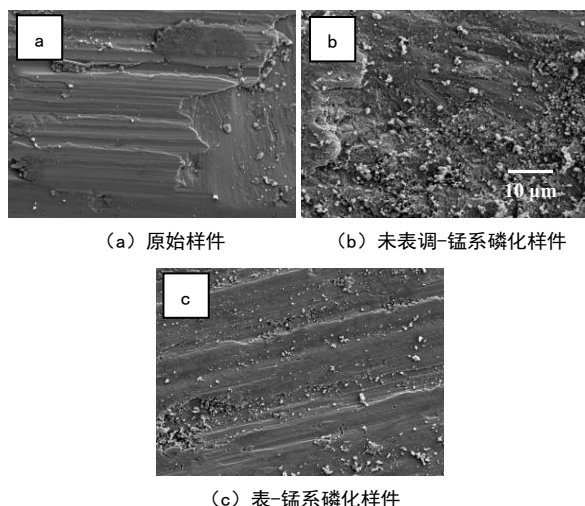


图5 三种样件的磨损形貌

Fig.5 Wear morphology of three samples

综合上述分析,原始样件经过高温锰系磷化处理后耐磨性能有所改善,并且在表调处理后再进行高温锰系磷化处理对于提高活塞销样件的耐磨性能效果最好。其原因主要有两方面:(1)未表调-锰系磷化样件和表调-锰系磷化样件的显微硬度高于原始样件,在不考虑其它影响因素的情况下,显微硬度越高,说明样件抵抗弹塑性变形能力和抵抗破坏能力强,因此耐磨性能较好;(2)锰系磷化膜的摩擦因数较低,能够起到类似于润滑的作用,减少摩

擦阻力,从而减轻锰系磷化处理后活塞销样件的磨损损耗。

3 结论

(1)高温锰系磷化处理后的活塞销样件宏观上呈黑色,覆盖完整,但微观上有明显的差别,表调-锰系磷化样件的晶粒明显细化,晶粒堆积更紧密。

(2)显微硬度由高到低依次为:表调-锰系磷化样件>未表调-锰系磷化样件>原始样件,耐磨性与该顺序相同。

(3)高温锰系磷化处理能提高活塞销样件的显微硬度,从而改善耐磨性能,并且在表调处理后再进行高温锰系磷化处理对于提高活塞销样件的耐磨性能效果最好。

参考文献

- [1] 谢明,李丽波,李悠,等. 常温锌锰系磷化工艺及磷化膜性能研究[J]. 电镀与环保, 2018, 38(6): 63-65.
- [2] 关锰,孟园月,张春华,等. 紧固件表面锰系磷化膜的制备及摩擦磨损性能[J]. 沈阳工业大学学报, 2016, 38(2): 147-152.
- [3] 李文平,赵冉. 磷化处理对齿轮材料摩擦磨损特性的影响[J]. 汽车工艺与材料, 2016, 9: 57-59.
- [4] 马刘宝,朱靖,赖兴涛. 油套管接箍锰系磷化工艺研究[J]. 钢管, 2011, 40(6): 49-52.
- [5] 韩谦逊. 无氟制冷压缩机主部件锰系耐磨磷化工艺的应用及改进[J]. 材料保护, 2005, 38(12): 77-79.
- [6] 许艳,杨栋波. 一种薄壁无缝轴套的研究[J]. 内燃机与配件, 2014, 9: 33-34.
- [7] 方金梅. 活塞销的连接配合与故障分析[J]. 农机使用与维修, 2014, 5: 40-41.
- [8] 曹阳,李新立,沈继洲,等. 液体表面调整剂的研究[J]. 材料保护, 2004, 37(5): 28-30.
- [9] 李万钟,徐颖强,孙戡,等. 滑动摩擦结合面磨合磨损表征方法与影响因素[J]. 中国表面工程, 2017, 30(1): 125-131.