

铬钛共渗及渗层耐磨性分析

楼白杨, 李乐国, 马晓春, 郑晓华

(浙江工业大学 机械制造及自动化教育部重点实验室 材料与表面工程研究所, 杭州 310014)

摘 要: 通过表面铬钛渗层改性处理, 可提高钢的表面硬度和耐磨性, 从而提高工件的表面性能。对钢的铬钛共渗及其耐磨性进行分析研究, 并与铬和钛的单渗层进行性能对比。结果表明, 铬钛共渗层由混合铬碳化物和 TiC 构成, 这使得铬钛共渗层具有比铬和钛的单渗层更好的耐磨性。

关键词: 铬钛共渗; 组织; 耐磨性

中图分类号: TG156.88

文献标识码: A

文章编号: 1007-9289(2006)05-0019-03

Chromizing-Titanizing Layer and Its Wear Behavior

LOU Bai-yang, LI Le-guo, MA Xiao-chun, ZHENG Xiao-hua

(The MOE Key Laboratory of Mechanical manufacture and Automation, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014 China)

Abstract: The microstructure of Cr-Ti coating was examined by electron probe scope, optical microscope and hardness meter. The room-temperature wear behavior of Cr-Ti coating was analyzed and compared with that of Cr coating, Ti coating and basis carbon steel. The results show that the Cr-Ti coating has better wear resistance than those of the Cr coating, Ti coating and the substrate. The wear resistance of Cr-Ti coating is mainly effected by the structure of the coating. The coating consists of complex compounds containing chromium carbides and TiC where Cr carbide exist mainly outside the coating and TiC exists mainly inside the coating. The complex compounds cause the coating have both advantages of Cr coating and Ti coating, resulting in good wear resistance of Cr-Ti coating at room temperature.

Key words: Cr-Ti coating; microstructure; wear resistance

0 引 言

钢铁材料表面强化处理是提高材料表面硬度和耐磨性的重要途径, 在生产中得到了广泛的应用。目前在钢铁材料表面获得碳化钛、氮化钛、碳化铬等高硬耐磨耐腐层的研究和应用已有不少报道^[1~5], 而通过钛和铬的共渗处理获得钛铬复合高硬耐磨层的研究较少。文中主要对钛铬共渗层及其耐磨性进行分析探讨。

1 试验材料与方法

用 45 钢作为基体材料。共渗剂主要由高碳铬铁(含铬量为 $w(\text{Cr})=67\%$ 、含碳量为 $w(\text{C})=10\%$)、钛铁(含钛量为 $w(\text{Ti})=27\%$)、氧化铝及其他添加剂组成。高碳铬铁和钛铁经破碎机破碎成 74~500 μm

(30~200 目)的粉末。

采用低真空粉末包装法进行共渗处理和单渗处理, 获得铬钛共渗层及铬和钛的单渗层。热处理工艺为 1000 $^{\circ}\text{C}$ $\times$ 8 h、随后炉冷。

用光学显微镜观测试样的金相组织, 用 EPM-810Q 电子探针仪对渗层进行成分分析, 用 D-9C 型 X 射线衍射仪对渗层相结构进行分析。磨损试验是在 MN-200 型磨损试验机上进行, 干摩擦磨损试验时载荷为 15 kg, 润滑摩擦磨损试验时载荷为 50 kg, 润滑剂为 20[#] 机油, 试验时转速均为 200 r/min。

2 试样结果和分析

2.1 渗层显微组织

钢经铬钛共渗后表面可形成均匀致密的共渗层, 共渗层由白色的化合物层及黑色的过渡层构成, 如图 2(a)所示。共渗层的硬度介于渗铬层和渗钛层之间, 如表 1 所示。钢经共渗后, 渗层中化合

收稿日期: 2006-04-24; 修回日期: 2006-10-08

作者简介: 楼白杨(1958-), 女(汉), 杭州人, 博士, 教授。

物层厚度为 $12\ \mu\text{m}$ 左右, 过渡层厚度在 $10\ \mu\text{m}$ 左右。渗层经高锰酸钾热侵蚀后显示出化合物层由短柱状晶构成, 晶粒生长方向垂直于试样表面, 如图 1(b) 所示。X 射线衍射分析结果表面化合物层中主要存在 TiC 、 Cr_{23}C_6 、 $(\text{Cr,Fe})_7\text{C}_3$ 等相结构(见图 1)。从图 3 的成分分析结果认为, 化合物层外侧以铬碳化合物为主、内侧以碳化钛为主。

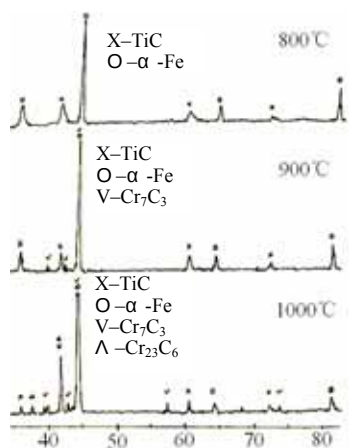
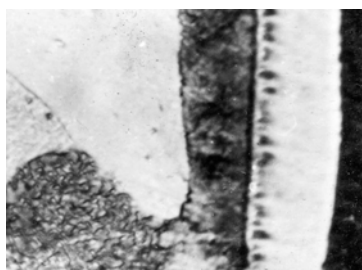


图1 X射线衍射结构分析

Fig.1 Structure analysis with X-ray diffraction



(a)



(b)

图 2 渗层组织 ($\times 400$)

Fig.2 layer microstructure ($\times 400$)

2.2 磨损试验

在室温下对共渗层试样分别进行润滑摩擦磨损和干摩擦磨损试验, 并与渗铬层和渗钛层进行对比, 试验结果如图 4 和图 5 所示。

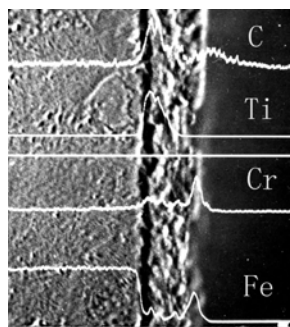


图 3 成分分析

Fig.3 Composite content analysis

表 1 渗层硬度 HV_{m}

区 域	试 样		
	铬钛共渗层	渗铬层	渗钛层
化合物层	2000~3300	1300~1600	3200~3800
过渡层	640	280	320

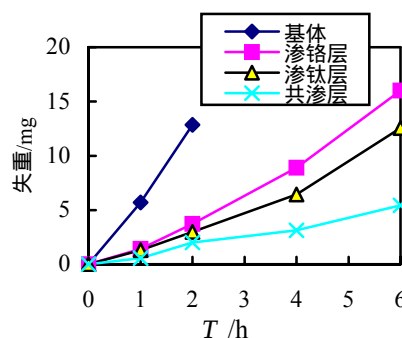


图 4 润滑摩擦磨损试验结果

Fig.4 Wear test under oil-lubrication condition

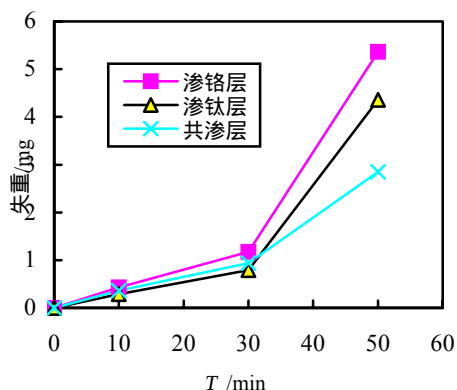


图 5 干摩擦磨损试验结果

Fig.5 Wear test in condition of dry-friction

一般来说, 渗铬层与渗钛层相比, 前者有较好的耐腐蚀性, 后者有较好的耐磨性但脆性较大。铬

钛共渗层可兼具两者的优点。在润滑摩擦磨损中，共渗层具有比渗铬层更高的硬度而有更好的耐磨性；与渗钛层相比，共渗层的脆性较小、与基体结合力强，所产生的磨粒磨损弱于渗钛层，从而共渗层表现出更好的耐磨性。在干摩擦磨损中，共渗层的耐磨性优于渗铬层而次于渗钛层，但随着磨损时间的增长，磨粒磨损作用增加，到一定程度后，共渗层表现出更好的耐磨性。

3 结 论

45 钢经铬钛共渗后可得到由碳化钛、碳化铬复合化合物层，渗层与基体结合致密，具有高的硬度和耐磨性。在润滑摩擦磨损中，共渗层的耐磨性优于渗铬层和渗钛层。

参考文献：

- [1] Kinket S, Angelepoulos G N, Dall W. Formation of TiC coatings on steels by a fluidized bed CVD process [J]. Surf. coat. Technol., 1994, 64:119-125.
- [2] Onate J I, Alonso F, Viviente J L, et al. A study of dual chromium plus carbon ion implantation into high speed steel [J]. surf.coat. Technol., 1994, 65:65-69.
- [3] Darbeida A, Von Stebut J, Barthde M, et al. Comparative tribological study of chromium coatings with different specific hardness [J]. surf. Coat. Technol., 1994, 68/69:582-585.
- [4] Babich M, Eremich B. Majer M, et al. Tribological behaviour of solid lubricating coatings[J].Trenie i Iznos, 1995, 16(2):284-290.
- [5] 唐达培, 高庆, 江晓禹. 氮碳化钛涂层的结构性能及结合强度 [J]. 材料保护, 2005, 33(4):13-15.

作者地址：杭州市浙江工业大学 310014

材料与表面工程所

Tel: (0571)88320479

E-mail: lby00518@163.com

~~~~~

(上接第 5 页)

- [7] Lin D L. Recent Advances in High-Temperature Ordered Intermetallics [J]. Journal of Shanghai Jiao Tong University, 1998, 32(2): 95-108.
- [8] 蒲泽林, 杨昆, 刘宗德. 电热爆喷涂层温度场的数值模拟 [J]. 中国表面工程, 2004, 17(1):20-23.

- [9] Li M J, Sun X F, Guan H R. High Temperature Oxidation Behavior of (Ni, Pd)Al Coating [J]. Acta Metallurgica Sinica, 2003, 39(4): 439-443.
- [10] D.Toma, W.Brandl, G.Marginean. Wear and corrosion behaviour of thermally sprayed cermet coatings [J]. Surface and Coatings Technology, 2001(2): 149-158.
- [11] Li M S. High Temperature Corrosion of Metal [M]. Beijing : Metallurgy Industry Press, 2001.
- [12] Li Y S, Niu Y, Wu W T. Chlorination of Metallic Materials at high temperature [J]. Corrosion Science and Protection Technology, 2000, 12(1): 41-44.
- [13] Cao T L, Pan H Y, Dong H H, et al. High temperature cyclic oxidation behavior of Fe-Cr-Al alloys in pure SO<sub>2</sub> atmosphere [M]. Journal of Chinese Society for Corrosion and Protection, 1994, 14(2): 106-112.

作者地址：北京丰台区杜家坎 21 号 100072

装备再制造技术国防科技重点实验室

Tel : (010) 66718541

E-mail : [wsc33333@163.com](mailto:wsc33333@163.com)

~~~~~

(上接第 18 页)

- Characteristics and Parameters of Anodic Oxidation by Spark Discharge(ANOF) [J]. Cryst Res Techol , 1984 ,19(7): 973-979.
- [7] Wang Y, Wang J, zhang J, et al. Characteristics of anodic coatings oxidized to different voltage on AZ91D Mg alloy by micro-arc oxidation technique. Materials and Corrosion. 2005, 56(2): 88-92.
- [8] Albella J M, Montero I, Martinnez-Duart J M. Electron Injection and Avalanche during the Anodic Oxidation of Tantalum. J Electrochem Soc ,1984, 131(5) ,1101- 1104.
- [9] 薛文斌, 邓志威, 来永春, 等. 铝微弧氧化电流效率的测定 [J]. 电镀与精饰, 1998, 20(3): 1-3.
- [10] Snizhko L O, Yerokhin A L, Pilkington A, et al. Anodic processes in plasma electrolytic oxidation of aluminum in alkaline solutions [J]. Electrochemica Acta. 2004, 49: 2085-2095.

作者地址：广州五山华南理工大学 510640

机械工程学院 105 所 (8 号楼) 210 房

Tel : 13710325450

E-mail : cxm2100@126.com 或 cxm2100@sohu.com

