

QPQ 盐浴复合处理对 35 钢组织和性能的影响

师 菁¹, 王 群², 曹宏哲¹

(1. 北京南车时代制动技术有限公司, 北京 102249; 2. 湖南大学 材料科学与工程学院, 湖南 长沙 410082)

摘 要:对 35 钢进行 QPQ 盐浴氮化复合处理, 运用 X 射线衍射(XRD)和金相显微镜(OM)对处理后的样品进行相结构和组织形貌分析, 另外还对处理前、后的 35 钢分别进行了显微硬度测试、极化曲线测试以及滑动磨损性能实验。结果表明: 经过 QPQ 处理后的 35 钢表面生成了一层铁的氮化物和氧化物, 其相应的耐磨性能和耐腐蚀性能都有了很大提高。

关键词:35 钢; QPQ 盐浴复合处理; 耐磨性; 耐腐蚀性

中图分类号: TG156.8

文献标识码: A

文章编号: 1001-3814(2008)20-0084-02

Effect of QPQ Complex Salt Bath Treatment on Microstructure and Properties of 35 Steel

SHI Qiang¹, WANG Qun², CAO Hongzhe¹

(1. Beijing CRS Times Brake Technology Co., Ltd., Beijing 102249, China; 2. College of Materials Science and Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China)

Abstract: The QPQ (Quench-Polish-Quench) complex salt bath treatment of 35 steel was carried out, the phase and microstructure were analyzed by X-ray and OM respectively, meanwhile, the microhardness, polarization curves and slide wear resistance of 35 steel before and after QPQ treatment were also tested. The results show that Fe_{2-3}N and Fe_3O_4 are formed on the surface of the sample, which contributes to high slide wear and corrosion resistance of the 35 steel after QPQ complex salt bath treatment.

Key words: 35 steel; QPQ complex salt bath treatment; wear resistance; corrosion resistance

QPQ 处理工序通常为: 预热→盐浴氮碳共渗→盐浴中氧化→机械抛光(或研磨)→盐浴中再次氧化。盐浴复合处理技术是一种新的金属盐浴表面改性强化技术, 与提高耐磨性的单一热处理技术和提高抗蚀性的单一表面防护处理技术不同的是: 盐浴复合处理技术是一种可以同时大幅度提高金属表面的耐磨性和抗蚀性, 而工件几乎不变形的新的金属表面改性强化技术。该技术主要用于要求高耐磨、高抗蚀、耐疲劳、微变形的各种钢铁及铁基粉末冶金件, 常用于替代渗碳淬火、离子渗氮、软氮化等热处理和表面强化技术, 以提高耐磨、耐疲劳性能和解决硬化变形问题。另外, 该技术也常常被用来代替发黑、镀铬、镀硬铬、镀镍等表面防护技术^[1-3]。

本文对 35 钢进行 QPQ 盐浴氮化复合处理, 并对处理后的 35 钢进行组织、相结构分析, 并且还在耐滑动磨损性能和耐腐蚀性能方面与未作处理的轧制态 35 钢进行了对比。

1 实验材料及方法

1.1 试样制备

采用线切割将轧制态的 35 钢分别加工成 $19\text{mm} \times 12.25\text{mm} \times 12.25\text{mm}$ 和 $10\text{mm} \times 10\text{mm} \times 5\text{mm}$ 的长方体, 试样表面进行磨削加工, 使表面粗糙度达到 1.6, 经 QPQ 盐浴氮化复合处理后分别作为滑动磨损实验和极化曲线实验的试块。

QPQ 盐浴氮化复合处理工艺过程为: 清洗去油→预热($380^\circ\text{C} \times 30\text{min}$)→盐浴渗氮($570^\circ\text{C} \times 120\text{min}$)→氧化($380^\circ\text{C} \times 15\text{min}$)→抛光(机械振动抛光)→氧化($380^\circ\text{C} \times 15\text{min}$)→清洗→干燥→浸油。

1.2 XRD 实验

对经 QPQ 处理前后的试块在 SIEMENS D5000 型 X 射线衍射仪上进行相分析, 阳极靶为 Cu 靶, 扫描角度为 $10^\circ \sim 90^\circ$, 管压 35 kV, 管流 30 mA,

收稿日期: 2008-05-22

作者简介: 师菁(1984-), 女, 山西人, 助理工程师;

电话: 13581899723;

通讯作者: 王群(1972-), 男, 安徽郎溪人, 副教授, 硕士, 主要从事材料防腐、耐磨技术研究; 电话: 13787113453;

E-mail: wangqun72@163.com

积分时间 0.2 s, 采样间隔 0.02 s。

1.3 显微硬度实验

用 1000# 的细砂纸将经过 QPQ 处理前后的试样表面轻磨至发亮(为了便于测量压痕对角线的长度), 然后用 401MVA 型显微硬度计测试试样表面的显微硬度, 加载砝码 200 g, 保压时间 10 s。

1.4 磨损实验

采用国产 MHK500 型环块磨损实验机对经 QPQ 处理的 35 钢与未经过 QPQ 处理的轧制态 35 钢试样进行滑动磨损实验, 待测试的试样为 19 mm×12.35 mm×12.35 mm, 与之对磨的摩擦副为 GCr15 钢试环, 硬度为 58~61 HRC, 外径为 49.24 mm。环的转速为 200 r/min, 所加载荷为 50 N, 总的磨损时间为 20 min。采用液压油进行冷却润滑, 磨损过程中控制液压油的温度不高于 50℃。磨损实验前后, 将试样用丙酮反复清洗后烘干, 并用精度为 0.1 mg 的分析天平称量试块的磨损失重。

1.5 电化学腐蚀实验

实验采用三电极系统进行电化学测试, 辅助电极为铂片, 参比电极为 232 型甘汞电极, 电化学工作站的型号为 CHI660B。实验所用的腐蚀介质为 3.5 wt% 的 NaCl 溶液, 其中, NaCl 为分析纯, 溶剂为自制的蒸馏水。

2 实验结果及分析

2.1 物相分析

图 1(a)、(b) 为 35 钢 QPQ 处理前后 X 射线衍射图谱。可见, 经 QPQ 处理后, 试样表面的 Fe 与盐发生了反应, 生成了 Fe_3O_4 和 Fe_{2-3}N 相。

2.2 显微硬度测试

经 QPQ 处理前后的 35 钢表面的平均的显微硬度值分别为 252.11 HV0.2 和 608.22 HV0.2, 可见经 QPQ 盐浴氮化复合处理后, 表面硬度有很大的提高。

2.3 涂层截面形貌

图 2 为 35 钢经 QPQ 处理后的金相照片。可以看出, 整个白亮层的深度为 15~20 μm (包括疏松层), 致密的白亮层的深度约为 10 μm , 结合 XRD 实验结果可知, 该白亮层主要是 Fe_{2-3}N , 在白亮层的表层应为 Fe_3O_4 。

2.4 极化曲线

35 钢试样经 QPQ 工艺处理前后的极化曲线如

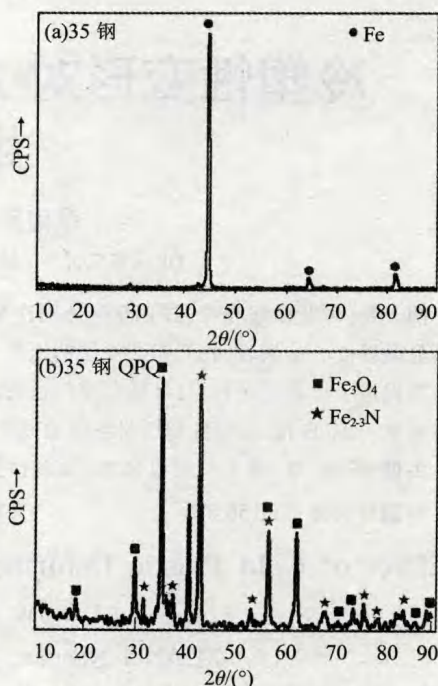


图 1 35 钢 QPQ 处理前后的相结构
Fig.1 The X-ray diffraction analysis of 35 steel before and after QPQ treatment

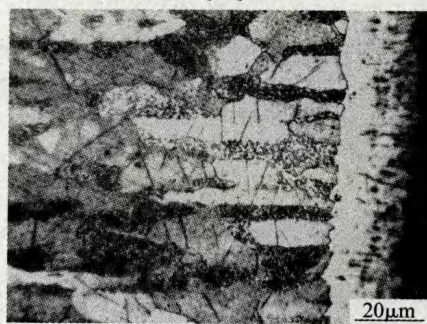


图 2 35 钢渗层截面的显微组织
Fig.2 Cross-sectional microstructure of 35 steel after QPQ treatment

图 3 所示。根据 tafel 直线外推法, 由仪器自带的软件进行拟合, 可以得出: 35 钢自腐蚀电位为 -0.718 V, QPQ 处理后自腐蚀电位为 0.0313 V, 比处理前提高了

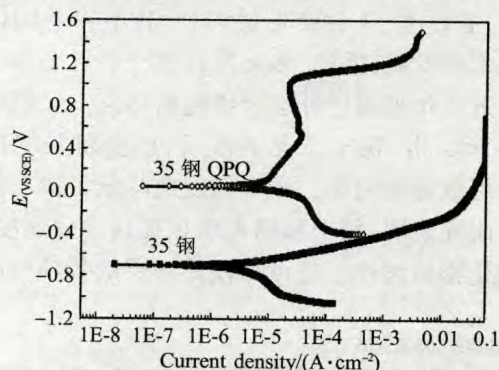


图 3 35 钢 QPQ 处理前后的极化曲线
Fig.3 The polarization curves of 35 steel before and after QPQ treatment (下转第 89 页)

和喷丸时间的延长共渗层厚度增加,在850℃×4h工艺下,压缩30%试样较未变形试样渗层深度提高28.6%,在680℃×4h工艺下提高75%。

(3) 冷塑性变形对高低温渗硼层的硬度变化基本没有影响,但高温渗层表面存在FeB层,其硬度要比低温渗层高。

参考文献:

- [1] 周海,陈飞,姚斌,等. 40Cr表面低温气体多元共渗性能的研究[J]. 表面技术,2005,34(4):38-39.
- [2] 赵程,马明林. 稀土硼碳氮共渗层的抗氧化性与耐蚀性分析[J]. 金属热处理,2006,31(11):25-27.
- [3] 张蜀红,刘炳. 渗硼工艺研究与应用现状及发展[J]. 热加工工艺,2007,36(2):69-72.
- [4] 高玉魁. 表面形变处理对32Cr3MoVA钢渗氮层组织和性能的影响[J]. 材料热处理学报,2005,26(1):74-76.
- [5] Xu C H, Gao W, Yang Y L. Superplastic boronizing of a low

alloy steel-microstructural aspects [J]. Journal of Materials Processing Technology,2001,108:349-355.

- [6] Xu C H, Xi J K, Gao W. Improving mechanical properties of boronized layers by superplastic boronizing [J]. Journal of Materials Processing Technology, 1997,(65):94-97.
- [7] 许斌,冯承明,李玉平,等. 固体硼铬稀土共渗组织与性能研究[J]. 金属热处理,1998,(6):23-26.
- [8] 许斌,冯承明,宋月鹏. 固体硼-铬-稀土共渗研究[J]. 金属热处理学报,2000,21(1):61-65.
- [9] 宋月鹏,许斌,冯承明. 微量稀土和铬元素对硼化物层抗氧化性能的影响[J]. 机械工程材料,2001,25(9):31-34.
- [10] 雷廷权,姚忠凯,杨德庄,等. 钢的形变热处理[M]. 北京:机械工业出版社,1979.
- [11] 王利捷,张翔,张俊. 室温形变对渗硼的影响[J]. 西安公路交通大学学报,1995,15(2):97-99.
- [12] Bin Xu, Le Yang, Shibo XING, et al. Effect of plastic deformation at room temperature on powder re-chrome-boronizing for medium carbon steel [J]. Key Engineering Materials,2007,(353-358):575-578. 

(上接第83页)寸长大,净化也较彻底,因此合金的直流磁性能得到优化。

3 结论

二段连续退火(950℃×3h→1100℃×3h)与一次退火(1100℃×3h)相比较,矫顽力由217.6 A/m降低到8.8 A/m,矫顽力显著降低,饱和磁化强度由74.22 emu/g提高到79.34 emu/g,略有升高。这说明采用二段连续退火工艺有利于除去合金中的杂质,起到净化合金的作用,从而提高了合金

的磁性能。

参考文献:

- [1] 诸葛兰剑,李亚东. 热处理工艺对KHP-2坡莫合金磁导率的影响[J]. 磁性材料与器件,1996,(2):50-53.
- [2] 黄光荣,汤光平,邱志勇. 1J79合金薄带的热处理工艺改进[J]. 热加工工艺,1995,(4):55-56.
- [3] 任卫斌. 通过退火急冷精确控制1J79合金磁性能[J]. 热加工工艺,2004,(1):57-58.
- [4] 曹光明. 退火对软磁合金的最大磁导率影响的机理研究[J]. 潍坊高等专科学校学报,2000,(1):41-42. 

(上接第85页)0.7498 V;35钢的孔蚀电位为-0.718 V, QPQ后孔蚀电位为1.034 V,比处理前提高了1.752 V;35钢维钝化电流密度为0.0505 A/cm²,而经过QPQ处理后的35钢维钝化电流密度为2.604×10⁻⁵ A/cm²。这些数据表明,经过QPQ工艺处理后的35钢耐腐蚀性能有了很大的提高。

2.5 滑动磨损实验结果

QPQ处理前后的35钢在设定条件下滑动磨损质量损失分别为2.5 mg和0.45 mg,可见,经QPQ处理过的35钢在油润滑条件下的耐滑动磨损性能提高4倍以上。

3 结论

经过QPQ处理的35钢表面生成了Fe₃O₄和Fe₂₋₃N,表面的显微硬度、耐磨损性能和耐腐蚀性能都有较大幅度的提高。

参考文献:

- [1] 杨凌平,吴书芳. 盐浴复合处理技术及其应用[J]. 模具制造,2002,(10):50-53.
- [2] 李瑾盛. QPQ盐浴复合处理技术及其在缸套上的应用[J]. 机车车辆工艺,2001,(1):7-9.
- [3] 熊光耀,何伯林,周泽杰,等. QPQ盐浴复合处理对5CrMnMo钢组织与性能的影响[J]. 热加工工艺,2006,35(24):43-45. 