

文章编号:1673-9981(2007)01-0015-04

液中脉冲放电沉积 ZrC 陶瓷 涂层的强化工艺及涂层性能的研究*

吴 锋, 揭晓华, 陈五明

(广东工业大学材料与能源学院, 广东 广州 510006)

摘 要:采用特殊设计的专用脉冲电源液中放电表面强化设备,以硬质金属 Zr 为电极、45 号钢为基体,进行了放电沉积 ZrC 陶瓷涂层的强化试验.研究了电参数、放电时间与涂层性能之间的关系,同时还研究了强化层形貌、物相结构及强化层的耐磨损性能.试验结果表明:强化层主要成分是 ZrC;单个脉冲能量越大,形成的强化层就越厚;当放电时间超过 25min 时,强化层厚度基本不再增加;强化层具有良好的抗磨损性能.

关键词:液中脉冲放电;表面强化;沉积;ZrC 陶瓷涂层

中图分类号: TG174.441

文献标识码: A

液中脉冲放电沉积表面强化(EDC)技术是用碳化物(如 WC 硬质合金等)或电火花放电时在油中容易被碳化的物质(如 Ti, Zr 等)作电极,对钢和硬质合金的表面进行放电,在金属表面形成硬度高、耐磨、抗腐蚀的熔涂强化层^[1].该工艺因具有操作方便、处理周期短及强化层结合力强、硬度高、热影响区小等特点,而受到了普遍的关注,已经广泛应用于刀具、模具、轴承等工业领域.虽然液中脉冲放电表面强化工艺已获得广泛的应用,但目前仍有一些尚未解决的问题,如强化层厚度较薄,强化层厚度和表面粗糙度之间的冲突难以协调等.为此,本文采用特殊设计的专用液中放电表面强化设备,进行了放电沉积 ZrC 陶瓷涂层的强化试验.

1 液中脉冲放电强化工艺

(1)采用特殊设计的脉冲电源:它能实现不同瞬时峰值电流脉宽、脉冲间隔等参数的输出,通过调整阴阳两极极间的能量分配,来确保从阳极电蚀下来的金属离子能向熔涂基体表面迁移,并与非金属离

子在熔涂基体表面形成陶瓷涂层.(2)采用特殊配制的液相介质:它具有良好的绝缘性,含有 C 元素,能够快速电离与消电离,满足短脉冲间隔的工作要求,具有一定的粘度,以压缩放电通道,产生很高的能量密度^[2].这些措施提高了充放电速度,改善了设备工作的稳定性,提高了强化速度和强化层质量.

2 试验方法

强化电极材料为高熔点金属 Zr,熔涂试样材料为 45 号钢,液体介质采用航空煤油.用金相显微镜观察强化层的形貌,用 Y4-A 型 X 射线衍射仪测定涂层的物相结构,用 MPX-2000A 型材料磨损试验机进行磨损试验.试样为外径 34 mm、内径 22 mm 的圆环,摩擦条件为空气中干摩擦,磨损试验机转速为 $400 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$,为考察涂层的稳定磨损,让其空载跑合 5000 r,使其进入稳定磨损阶段,再从起始 100 N 载荷逐渐加载进行耐磨性试验.以试样表面的磨损量来衡量涂层的耐磨性,同时与未经强化处理的表面进行对比.

收稿日期:2006-11-15

* 基金项目:广东自然科学基金(030032)

作者简介:吴锋(1979-),男,湖北武汉人,硕士研究生.

3 试验结果及讨论

3.1 强化层的物相分析

采用 Y4-A 型 X 射线衍射仪对涂层进行物相分析. 入射光谱为 $\text{CuK}\alpha$, 衍射角度为 $20^\circ \sim 90^\circ$.

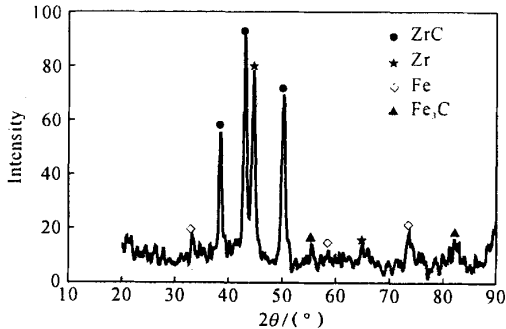


图 1 涂层表面 XRD 衍射图

Fig. 1 X-ray diffraction of the layer in surface

图 1 为试样沉积层表面的 XRD 图. 由图 1 可知, 强化层表面含有陶瓷硬质相 ZrC 、金属相 Zr 和 Fe 及渗碳体相 Fe_3C . 其中 ZrC 衍射峰为最强, 说明陶瓷物相 ZrC 在涂层表面含量高. ZrC 硬质相含量越高, 涂层强化效果越好^[3].

3.2 强化层的形貌

选取放电电压 $U=60\text{V}$, 强化电容 $C=25 \times 10^{-6}\text{F}$, 放电时间 $t=20\text{min}$, 进行强化. 强化层断面的形貌如图 2 所示.

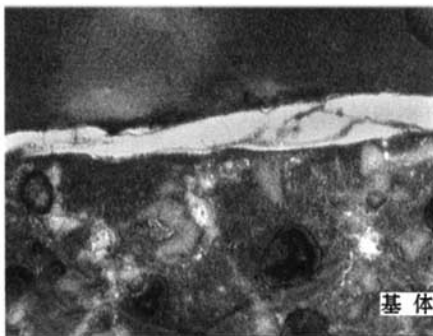


图 2 涂层截面形貌, 400×

Fig. 2 The coating section morphology

图 2 中的白亮层为强化层, 其显微硬度约

1800HV. 白亮层主要是由 Zr 电极置于煤油介质中, 加以特殊设计的高功率脉冲电源放电沉积而形成的. 当煤油介质被击穿而放电时, 将在煤油介质中产生放电通道, 通道中的介质以等离子体状态存在, 等离子通道内的电子奔向阳极, 由于电子运动速度高、动能大而使阳极表面产生局部瞬时高温而熔化, 而电极溶解下来的金属离子在电场力的作用下奔向阴极, 与煤油中电离出来的 C 等离子合成了 ZrC 等陶瓷强化层^[4]. 图 2 中白亮层的内侧是稍暗的冶金结合层, 该层的硬度低于白亮层. 冶金结合层下面是一较窄的热影响区, 热影响区下面是基体组织.

3.3 放电参数对强化层厚度的影响

强化时, 放电电压和强化电容的改变将影响放电的频率. 由公式 $E = \frac{1}{2}CU^2$ 可知, 放电电压和强化电容还决定着单个脉冲能量的大小. 单个脉冲能量大, 强化时将使迁移液滴变大, 从而形成较厚的强化层^[5]. 电压和强化电容对强化层厚度的影响见图 3.

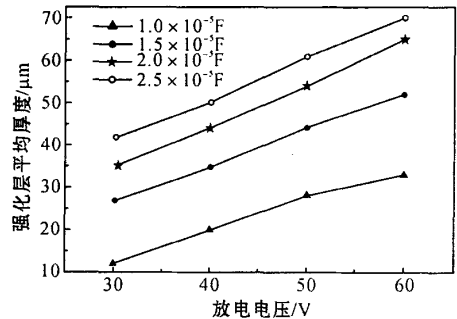


图 3 电参数与涂层厚度关系

Fig. 3 Relation between electrical parameter and the thickness of the coating

由图 3 可知, 放电电压和强化电容大小的变化, 对强化层厚度有很大影响. 当电容固定不变时, 强化层厚度随着放电电压升高而增厚; 在同等电压下, 当电容较大时, 沉积强化层厚度较厚. 这些都表明了单个脉冲能量越大, 形成的强化层就越厚.

3.4 放电时间对强化层表面性能的影响

根据表面粗糙度和强化层厚度确定强化电参数时, 强化时间对强化层的表面性能起着决定性的影响^[6]. 当电压和强化电容分别为 50V 和 $2 \times 10^{-5}\text{F}$ 时, 强化层厚度和表面粗糙度随放电时间的变化曲线如图 4 所示.

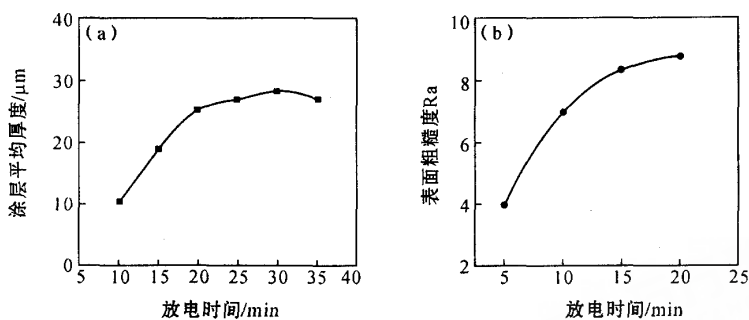


图 4 放电时间与涂层表面性能的关系

Fig. 4 Relation between discharge time and the surface performance of the coating

由图 4(a)可知,强化层厚度不会随放电时间的延长而无限增厚,当放电时间超过 25min 时,强化层厚度基本不再增加.因为,此时强化层的沉积速率与放电蚀除速率相当,基本达到平衡^[7].由图 4(b)可知,强化层表面粗糙度随着放电时间的延长而增加.这是由于脉冲放电是不连续的高电流密度的点放电,随着时间的延长,液滴沉积、放电凹坑与重熔点相互叠加,增加了表面粗糙度^[8].

3.5 强化层的抗磨损性能

在 MPX-2000A 型材料磨损试验机上进行摩擦试验,磨损时间为 30 min,强化表面与未强化表面的对比见图 5.

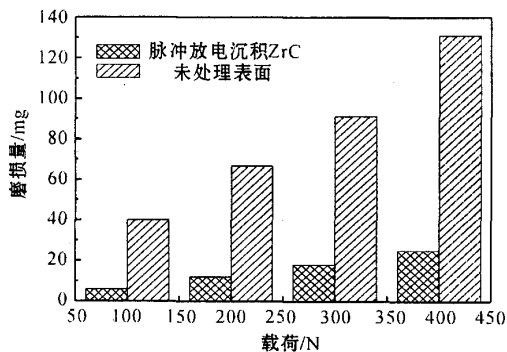


图 5 磨损量对比

Fig. 5 The contrast on the abrasion mass

由图 5 可见,沉积试样的磨损量比未经强化试样要小得多,说明强化层具有良好的耐磨性能.从表面磨损形貌来看,强化层表面有大量的犁沟,表明其磨损形式主要是磨料磨损;而未处理表面除了有大量的犁沟外,还发生严重的粘着现象,表明其磨损形

式为磨料磨损和粘着磨损^[9].

4 结 论

液中脉冲放电沉积 ZrC 陶瓷强化层的主要成分是 ZrC. 单个脉冲能量越大,形成的强化层就越厚,强化层厚度不会随放电时间的延长而无限增厚,当放电时间超过 25min 时,强化层厚度基本不再增加.强化层表面粗糙度随着放电时间的延长而增加.强化层具有很好的抗磨损性能,其滑动摩擦的主要磨损形式是磨料磨损.

参考文献:

- [1] 赵万生. 先进电火花加工技术[M]. 北京:国防工业出版社, 2003.
- [2] 卢存伟. 电火花加工工艺学[M]. 北京:国防工业出版社, 1988.
- [3] 狄平,朱世根,顾伟仑. 电火花表面强化技术的研究进展[J]. 东华大学学报, 2001(2): 110-113.
- [4] 陈钟燮. 电火花表面强化工艺[M]. 北京:机械工业出版社, 1987.
- [5] 张云,郑良桂. 电火花加工控制技术的新发展[J]. 机电工程, 1995(1): 54-57.
- [6] 高殿奎,沈德. 提高电火花表面强化层硬度的研究[J]. 机械工程材料, 2000, 24(6): 16-18.
- [7] 邹跃歧. 电火花表面强化处理研究进展[J]. 航空维修与工程, 2003(4): 38-39.
- [8] SIMAO J, LEE H G, ASPINWALL D K, et al. Work-piece surface modification using electrical discharge machining[J]. Machine Tools & Manufacture, 2003, 43: 121-128.
- [9] 郑林庆. 摩擦学原理[M]. 北京:高等教育出版社, 1994.

Study on the intensity process and the performance of the ZrC ceramic coating with electrical discharge in the liquid

WU Feng, JIE Xiao-hua, CHEN Yu-ming

(Faculty of Material and Energy, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: The paper mainly studies the intensity experiment of ZrC ceramic coating electrodeposited on 45 steel substrate with the metal Zr as a tool electrode, which approves for special electric discharge equipment. The relation of electrical parameter, intensity time and the performance of the coating is discussed. The surface morphology structure of the coating is analyzed, and the surface morphology of the layer is observed. The result of the experiment shows that the layer mostly comprises ZrC; the more each pulse-energy is, the thicker thickness of the layer is; when the discharge time exceeds 25 min, the thickness of the layer intensified does not still enhance; the intensified layer is with good antiwear property.

Key words: pulse discharge; surface intensity; deposition; ZrC ceramic coating