

文章编号:1673-9981(2011)04-0271-04

HVAF 工艺制备 WC-CoCr 涂层的性能表征

宋进兵, 刘敏

广东省工业技术研究院(广州有色金属研究院)新材料研究所, 广东 广州 510650

摘要:采用 HVAF 工艺制备了 WC-CoCr 涂层,研究了涂层的显微结构、显微硬度、相组成及耐磨性,并与国外爆炸喷涂的碳化钨涂层进行了对比。结果表明, HVAF 工艺制备的 WC-CoCr 涂层性能优良,耐磨性优于爆炸喷涂工艺制备的碳化钨涂层,完全可以替代爆炸喷涂涂层作为耐磨涂层使用。

关键词: HVAF; WC-CoCr; 爆炸喷涂; 耐磨性

中图分类号: TG174

文献标识码: A

碳化钨涂层的质量与制备方法密切相关^[1]。目前,制备碳化钨涂层采用的方法主要有等离子喷涂、爆炸喷涂、超音速喷涂等。等离子喷涂制备碳化钨涂层,由于在沉积过程中碳化钨粒子分解及生成脆性相,从而导致涂层硬度降低、韧性变差。爆炸喷涂工艺制备的碳化钨涂层性能优良,广泛地应用于航空领域中,但该工艺生产效率低。近 20 年来,超音速火焰喷涂工艺发展迅速,用该工艺制备的碳化钨涂层致密、韧性好,应用越来越广泛^[2]。近年来又出现了采用空气作为助燃剂的超音速火焰喷涂技术,即 HVAF(High Velocity Air-Fuel Spraying),该工艺火焰温度低于 2000 °C,远低于一般超音速火焰喷涂(HVOF)的火焰温度(3000 °C左右),同时粒子温度较低,但粒子速度却很高,与爆炸喷涂工艺相当。HVAF 工艺制备的涂层质量好,耐磨性优于其他超音速火焰喷涂工艺制备的涂层^[3]。本研究采用 HVAF 工艺制备 WC-CoCr 涂层,并对涂层的性能进行了表征。

1 试验部分

试样为 7075 铝合金,该合金的热处理状态为 T753,抗拉强度 466~472 MPa。用德国 H. C. Starck 公司生产的团聚/烧结 WC-CoCr 粉末制备

碳化钨涂层,其粒度为 5~30 μm。

试样表面经丙酮除油后,用 24 号白刚玉砂以 0.28~0.32 MPa 压力进行喷砂处理,喷砂角度为 45°,经喷砂处理后试样表面的粗糙度 Ra 为 5.0 μm。涂层制备采用美国 Kermetico 公司生产的 Acukote 喷涂系统,喷枪为 AK07,喷涂参数列于表 1。爆炸喷涂碳化钨涂层试样取自国外样件,其基体为 7075 铝合金。

表 1 HVAF 喷涂工艺参数

Table 1 The HVAF spraying parameters

工艺参数	参数值
压缩空气压力/MPa	0.59
丙烯压力/MPa	0.43
氢气压力/MPa	0.24
送粉率/(g·min ⁻¹)	100
喷枪移动速度/(mm·s ⁻¹)	24
试样转速/(r·min ⁻¹)	300
喷距/mm	160

用 Leica DM IRM 金相显微镜观察涂层的组织结构、涂层与基体的界面状况以及涂层的缺陷,通过图像分析软件测定涂层的孔隙率。用 MH-5 型显微硬度计测定涂层的显微硬度,所用载荷为 300 g,载荷保持时间为 15 s。用 D/max-III A 型 X-射线衍射

收稿日期:2011-10-26

作者简介:宋进兵(1972—),男,湖北仙桃人,高级工程师。

仪分析涂层的相结构. 用日本 SUGA 公司生产的 NUS-ISO3 型磨耗试验机测试涂层耐磨性, 载荷分别为 10 N, 20 N 和 30 N, 磨耗次数为 800 个来回, 对磨材料为含 60 μm 金刚石磨粒的金刚石砂带, 涂层表面经抛光处理后粗糙度 R_a 约为 0.4 μm . 用 Sartorius 公司生产的 BS 224S 型电子天平测定磨损试验前后样品的质量.

2 结果与讨论

2.1 涂层微观形貌

图 1 为 WC-CoCr 涂层的微观形貌. 从图 1(a) 可见, HVAF 工艺制备的 WC-CoCr 涂层非常致密,

界面也比较干净, 只存在少量的界面污染(图 1(a) 中圆圈处), 孔隙率约 0.8%. 从图 1(b) 可见, 爆炸喷涂的涂层也非常致密, 但界面有一定量的砂粒污染(图 1(b) 中圆圈处), 界面污染是因喷砂处理后清理不干净, 残留在试样表面的破碎刚玉砂颗粒所致, 孔隙率约 0.9%.

2.2 涂层显微硬度

HVAF 工艺制备的 WC-CoCr 涂层及爆炸喷涂碳化钨涂层的显微硬度测试结果列于表 2. 由表 2 可知, HVAF 制备的 WC-CoCr 涂层的平均硬度为 1089 HV, 略高于爆炸喷涂碳化钨涂层的平均硬度 1063 HV.

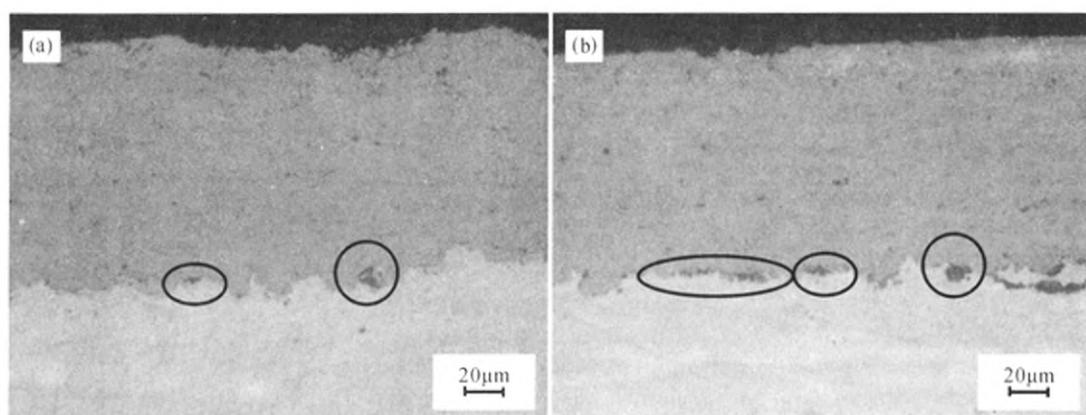


图 1 涂层截面微观形貌

(a) HVAF 涂层; (b) 爆炸喷涂涂层

Fig. 1 Cross section morphology of coatings

(a) coating by HVAF; (b) coating by detonation spraying

表 2 涂层的显微硬度($HV_{0.05}$)

Table 2 Micro-hardness of coatings($HV_{0.05}$)

工艺	涂层硬度										平均值
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
HVAF	1117	1052	1168	1103	1103	1168	1111	1106	1007	952	1089
爆炸喷涂	1035	894	1024	1093	1134	924	1092	1134	1073	1224	1063

2.3 涂层 X 射线衍射分析

在碳化钨涂层的制备过程中, 由于火焰温度高, WC 颗粒会发生脱碳反应而生成 W_2C , 同时与粘结相 Co 也发生反应而生成 Co_3W_3C 等脆性相^[1-2]. 图 2 为 WC-CoCr 粉末与涂层的 X 射线衍射谱. 从图 2 (a) 可以明显看出, HVAF 涂层的衍射峰与粉末的

基本上相同. 从图 2(b) 可见, 爆炸喷涂碳化钨涂层的衍射峰与 HVAF 涂层的相差较大, 有较多的 W_2C 及 Co_3W_3C 等脆性相或非晶相生成, 这主要是由于两种工艺的火焰温度差异较大造成的. 脆性相的出现会降低碳化钨涂层的韧性.

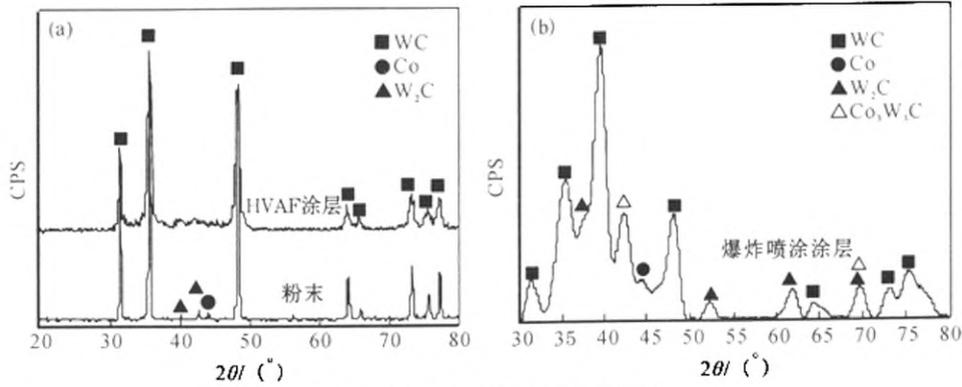


图 2 碳化钨粉末与涂层的衍射谱

(a) HVOF;(b) 爆炸喷涂

Fig.2 XRD patterns of powder and coatings

(a) WC-CoCr powder and coating by HVOF;(b) coating by detonation spraying

2.4 涂层耐磨性

碳化钨涂层常用作耐磨涂层,其耐磨性是非常重要的性能指标.图 3 为碳化钨涂层的磨损失重与载荷之间的关系图.从图 3 可见,两种涂层的磨损失重都随着载荷的增大而增加,在不同的载荷下 HVOF 制备的涂层的磨损失重均小于爆炸喷涂制备的涂层.这表明,HVOF 制备的 WC-CoCr 涂层具有良好的耐磨性,完全可以替代爆炸喷涂制备的涂层,作为耐磨涂层用.

图 4 为在载荷为 30 N 下 HVOF 工艺和爆炸喷涂工艺制备的涂层的磨损形貌.从图 4 可见,HVOF 涂层的犁沟明显比爆炸喷涂涂层的浅.表明,HVOF 涂层的耐磨性优于爆炸喷涂涂层,这与磨损试验的结果是相符合的.

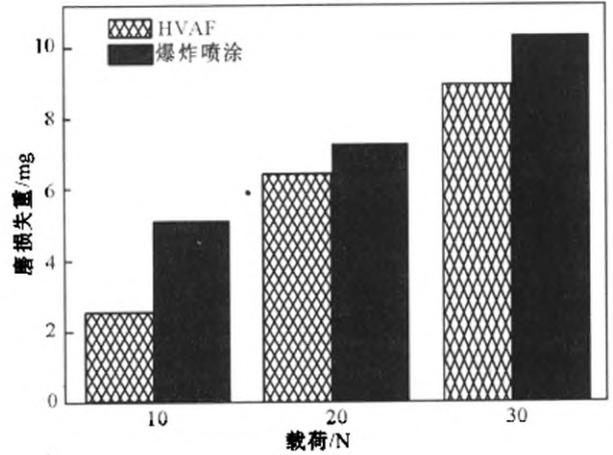


图 3 涂层磨损量与载荷的关系图

Fig.3 Relationship between wear loss of the coatings and applied load

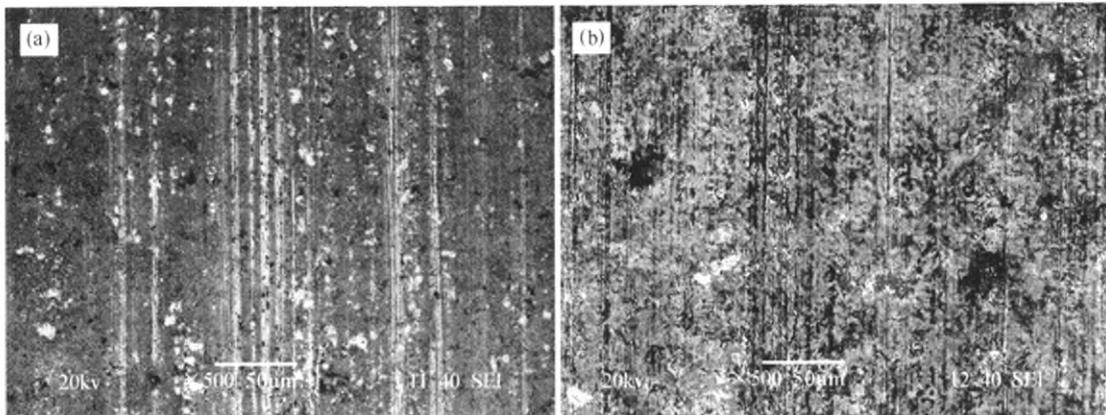


图 4 涂层的磨损形貌

(a) HVOF 涂层;(b) 爆炸喷涂涂层

Fig.4 Worn surfaces of HVOF and detonation-sprayed coatings

(a) coating by HVOF;(b) coating by detonation spraying

3 结 论

采用 HVAF 工艺制备了 WC-CoCr 涂层,研究了涂层的显微结构、显微硬度、相组成和耐磨性,并与国外的爆炸喷涂碳化钨涂层进行了对比。结果表明, HVAF 涂层的平均硬度为 1089HV,略高于爆炸喷涂碳化钨涂层的平均硬度; HVAF 涂层与爆炸喷涂涂层相比,只存在少量的界面污染; HVAF 涂层的韧性优于爆炸喷涂涂层; HVAF 涂层性能优良,耐磨性优于爆炸喷涂涂层,完全可以替代爆炸喷涂涂层作为耐磨涂层使用。

参考文献:

- [1] DE VILLIERS LOVELOCK H L. Powder/processing/structure relationships in WC-Co thermal spray coatings: A review of the published literature [J]. Journal of Thermal Spray Technology, 1998, 7(3): 357-373.
- [2] BOLELLI G, LUSVARGHI L, BARLETTA M. HVAF-sprayed WC-CoCr coatings on Al alloy: Effect of the coating thickness on the tribological properties [J]. Wear, 2009, 267: 944-953.
- [3] 宋进兵,代明江. 热喷涂设备的发展[J]. 电镀与涂饰, 2009(11): 65-69.

Characterization of WC-CoCr coating by HVAF

SONG Jinbing, LIU Min

Guangdong General Research Institute of Industrial Technology (Guangzhou Research Institute of Non-ferrous Metals), Guangzhou 510650, China

Abstract: WC-CoCr coating was deposited by HVAF spraying process. The microstructure, micro-hardness, phase composition and wear resistance of HVAF-sprayed WC-CoCr coating were investigated and compared with foreign detonation-sprayed WC-Co coating. The results showed that the WC-CoCr coating sprayed by HVAF had good performance, and was more wear resistant than that sprayed by detonation spraying, and could be used as good alternative wear resistant coating to detonation-sprayed WC-Co coating.

Key words: HVAF; WC-CoCr; detonation spraying; wear resistance