

· 工艺研究 ·

TIG 焊接电流对 WC-8Co-4Cr 熔覆涂层 组织和性能的影响

卢 威¹, 万珍珍², 蒋智梅², 陈 娜¹, 金 莹²

(1. 张家界航空职业技术学院, 湖南 张家界 427000; 2. 江西省科学院 应用物理研究所, 江西 南昌 330090)

摘 要:利用 TIG 技术在 304 不锈钢基体上制备 WC-8Co-4Cr 熔覆层, 研究焊接电流对熔覆层显微组织和硬度的影响。结果表明: 在 70 A 电流下, TIG 沉积的熔覆层组织均匀、致密; 物相主要由 WC、W₂C 和 W 等组成; 熔覆层硬度较好, 约为 900 HV_{0.3}, 主要归因于熔化的 WC 颗粒增强了 CrCo 基体。

关键词:TIG 焊接; WC-8Co-4Cr 涂层; 显微组织; 显微硬度

中图分类号: TG444 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-4971(2020)06-0014-04

Influence of TIG Welding Current on Microstructure and Performance of WC-8Co-4Cr Cladding Coating

LU Wei¹, WAN Zhen-zhen², JIANG Zhi-mei², CHEN Na¹, JIN Ying²

(1. Department of Aviation maintenance Engineering, Zhangjiajie Institute of Aeronautical Engineering, Zhangjiajie Hunan 427000, China; 2. Institute of Applied Physics, Jiangxi Academy of Sciences, Nanchang Jiangxi 330090, China)

Abstract: The WC-8Co-4Cr cladding coating on 304 stainless steel substrate was prepared by TIG welding process. The effect of welding current on microstructure and micro hardness of the cladding coating was studied. The result shows that the microstructure of cladding coating deposited by TIG at 70 A is uniform and compact. The phases are mainly composed of WC, W₂C and W. The microhardness of the cladding coating is better, about 900 HV_{0.3}, which is attributed to the partially melted WC grains reinforced in CoCr matrix.

Key words: TIG welding; WC-8Co-4Cr coating; microstructure; microhardness

收稿日期: 2020-05-19

作者简介: 卢 威(1980—), 男, 讲师, 硕士, 主要从事机械设计与制造, 焊接及其自动化教学与研究。

联系电话: 15074485331; E-mail: 514103087@qq.com

基金项目: 湖南省教育厅科学研究资助项目(18C1775), 张家界航空工业职业技术学院院级课题(ZHK2015-042)。

参 考 文 献

- [1] 路洪洲, 王智文, 陈一龙, 等. 汽车轻量化评价[J]. 汽车工程学报, 2015, 5(1): 1-8.
- [2] 金滨辉. 汽车车身用 5182 铝合金板组织与性能研究[D]. 北京: 北京有色金属研究总院, 2013.
- [3] 陈永禄, 付高升, 陈文哲, 等. 均匀化退火对 Al-Mn-Mg 合金高温压缩流变应力的影响[J]. 热加工工艺, 2008, 37(2): 103-107.
- [4] 叶青, 梁美婵, 何家金, 等. 不同热处理工艺对 5182 铝合金组织和性能的影响[A]. 2018 年中国铝加工产业年度大会论文集[C]. 2018; 414-420.
- [5] 黄瑞银. 5182 铝合金罐盖料生产工艺技术[J]. 轻合金加工技术, 2011, 39(8): 14-17.
- [6] 李贞明, 左秀荣. 5182 铝合金铸态组织及性能的研究[J]. 铸造技术, 2007(12): 1614-1618.
- [7] 王宇, 曹零勇, 李俊鹏, 等. 均匀化工艺对 5182 铝合金铸锭组织的影响[J]. 材料热处理学报, 2015, 36(1): 101-106.

在工业组件中,摩擦磨损是一种比较常发生的问题。磨损会降低设备和机械的性能,从而减少寿命。为了克服摩擦磨损问题,WC陶瓷基涂层已经应用于叶片、切削工具和转盘等耐磨环境^[1-3]。目前,WC-Co-Cr涂层主要采用热喷涂工艺制备^[4]。然而大多数表面修复技术,如激光熔覆、埋弧熔覆、等离子转移弧焊和氩弧焊(TIG),并没有开发出 WC-Co-Cr材料^[5]。氩弧焊接工艺是一种比较可靠、经济有效的熔覆方法。Vilhena等^[6]利用TIG焊接工艺在不锈钢304基材上沉积了硬质WC耐磨涂层,分析了焊接扫描速度和粉末成分对熔覆层组织和性能的影响。此外,Lin等^[7]研究了WC-Ti熔覆层的摩擦磨损机理,发现WC-Ti熔覆层性能比TiC-W熔覆层的好,归因于WC颗粒与基体钢之间具有更强的机械锚固效应。

目前,研究发现WC-Co-Cr熔覆材料具有优异的

耐磨性能^[8]。因此,本文利用TIG焊接工艺在304不锈钢基体上沉积WC-8Co-4Cr熔覆层,研究焊接电流对熔覆层组织和力学性能的影响。

1 试验材料与方法

1.1 TIG焊接过程

将304不锈钢材料加工成100 mm×50 mm×8 mm试样,以WC-8Co-4Cr粉末颗粒(粒径5~33 μm)为熔覆材料。用砂纸对试样表面进行打磨,然后用酒精清洗。利用水玻璃将WC-10Co-4Cr粉末搅拌均匀,然后涂覆于试样表面,厚度约为1 mm。待水玻璃硬化后,将预置粉末试样放入炉中烘干2 h。最后,用TIG扫描试样表面,使预置粉末与基体形成熔覆层,熔覆恒定工艺参数见表1,熔覆电流分别选择70、90和110 A。

表1 TIG熔覆工艺运行条件

Table 1 Operating conditions of TIG cladding process

电压/V	弧光间距/mm	电极	电极直径/mm	保护气体	保护气体流量/L·min ⁻¹	焊接速度/mm·s ⁻¹
20	3	钨极	2.4	氩气	10	3

1.2 表征与测试

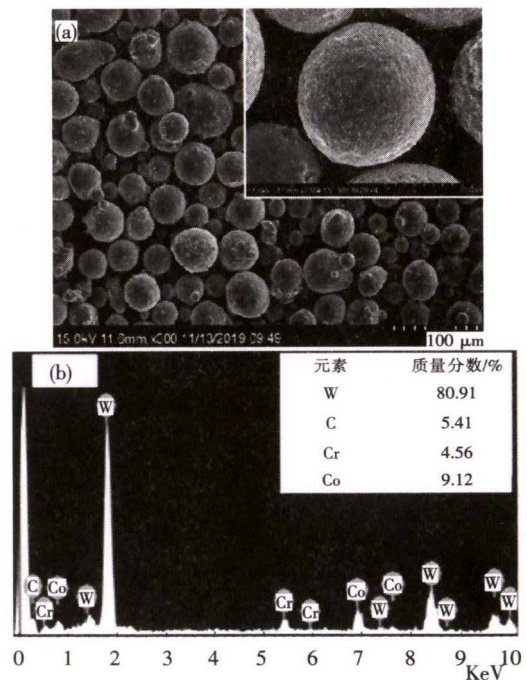
TIG熔覆涂层后,用线切割机沿着熔覆层中心加工成金相、硬度试样。然后,用水砂纸将划痕磨除,并进行机械抛光。利用扫描电镜(SEM)分析粉末形貌和熔覆层微观结构;通过XRD分析粉末和熔覆层相组成,靶源为Cu;采用维氏显微计测试熔覆层硬度,载荷为300 g,时间为10 s。

2 结果与讨论

2.1 显微组织观察

图1为熔覆粉末材料的SEM、EDS和XRD图谱。从图1(a)可以看出,粉末形状为球形;粉末能谱分析见图1(b),主要成分为88% WC、8% Co和4% Cr。

图2为不同电流下熔覆层截面SEM图,其中图2(d)~(f)分别为图2(a)~(c)局部区域的放大图片。在70 A电流下,获得均匀、致密的熔覆层,脆性WC颗粒增强了由CoCr基组成的灰色区域,见图2(a)、2(d)。当电流90 A时,熔覆层获得的输入热量增加,部分基体会稀释涂层中,涂层的晶粒变得粗大,见图2(b)、2(e)。当电流为110 A时,熔覆层局部区域出现WC颗粒团聚现象,见图2(c)、2(f),这



(a) SEM形貌;(b)能谱分析

图1 WC-Co-Cr粉末

(a) SEM images;(b) EDS spectrum

Fig. 1 WC-Co-Cr powder

是因为高能量的输入会把 WC 颗粒深入地溶解于基体钢中。能量输入量可以改变熔覆层固溶时间,从而形成不同类型并具有不同晶粒尺寸的 WC 组织。热输入量越高,越延迟固溶过程,树枝晶就越容易形成^[9-10]。

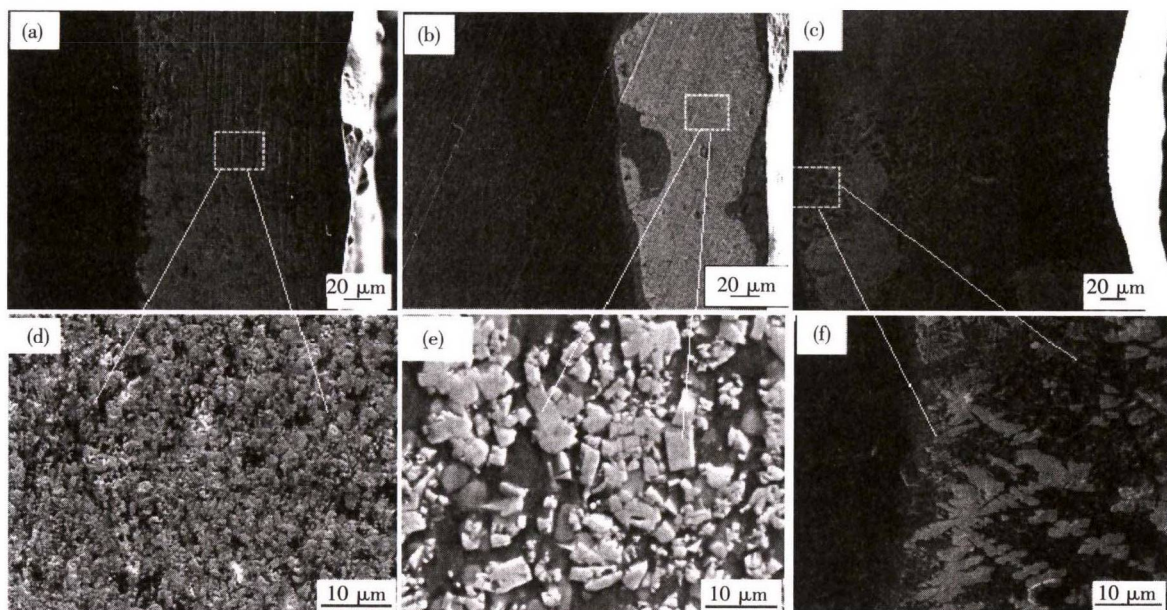
2.2 XRD 分析

图 3 为不同电流下熔覆层 XRD 衍射图。从图中可以看出,熔覆层主要由 WC、W₂C 和 W 等物相组成。然而,并没有出现其他误选相,如 Co₃W₃C 和 Co₆W₆C 相。分析发现,与高电流相比,低电流下形

成的熔覆层组织,其 WC 相峰值更高;相反,W₂C 和 W 峰值会随着电流增大而增强。

2.3 显微硬度

图 4 为不同电流下熔覆层显微硬度。从图中分析可知,在弧电流为 70 A 时,熔覆层的显微硬度最高,约为 900 HV_{0.3},其次为 90A,而 110 A 时熔覆层显微硬度最低,约为 836 HV_{0.3}。这是因为电流越低,溶解于基体中的 WC 颗粒就越少,大部分熔化或未熔化的 WC 颗粒仍然滞留在熔覆层中,从而提高了熔覆层的硬度^[11]。



(a), (d) 70 A; (b), (e) 90 A; (c), (f) 110 A

图 2 不同电流下的熔覆层 SEM

Fig. 1 SEM images of cladding coating with different current

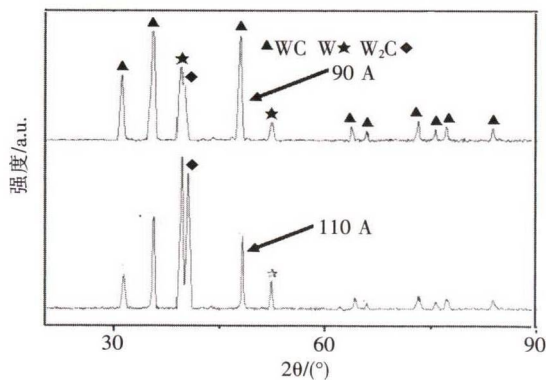


图 3 90 A 和 110 A 电流下 TIG 熔覆试样的 XRD 衍射图

Fig. 3 XRD spectrum of TIG cladding specimens with 90 A and 110 A

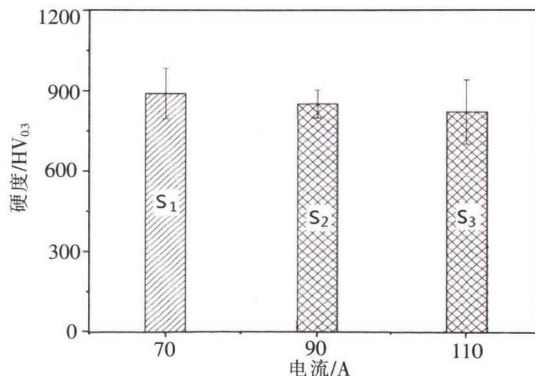


图 4 不同电流下的熔覆涂层显微硬度

Fig. 4 Microhardness of cladding coating with different current

3 结论

1) 基体与熔覆层之间需要足够的输入热量才能实现冶金结合。

2) 低电流下熔覆, 可以获得均匀、致密的熔覆层。然而, 熔覆电流为 110 A 时, 熔覆层局部区域出现 WC 颗粒团聚现象。能量输入量可以改变熔覆层固溶时间, 从而形成不同类型并具有不同晶粒尺寸的 WC 组织。热输入量越高, 树枝晶就越容易形成。

3) 熔覆层主要由 WC、W₂C 和 W 等物相组成。与高电流相比, 低电流下形成的熔覆层组织, 其 WC 相峰值更高; 而 W₂C 和 W 峰值会随着电流增大而增强。

4) 在弧电流为 70 A 时, 熔覆层的显微硬度最高, 而 110 A 时最低。电流越低, 熔解于基体中的 WC 颗粒含量越少, 大部分熔化或未熔化的 WC 颗粒仍然滞留在熔覆层中, 而熔化的 WC 颗粒含量越高, 可以为熔覆层提供更高的硬度。

参 考 文 献

- [1] 陈翔, 张德强, 金娜, 等. 高速钢刀具激光熔覆 WC/Co 涂层工艺研究及性能验证[J]. 应用激光, 2019, 39(5): 721 - 727.
- [2] 吴韬, 陈小明, 奚南, 等. 高含沙水流用水轮机叶片表面热喷涂 WC/Co 涂层的性能[J]. 腐蚀与防护, 2020, 41(2): 45 - 49.
- [3] 陈更新, 洪峰, 王华君, 等. 钴基碳化钨增强等离子弧堆焊覆层的制备及其磨损行为[J]. 热加工工艺, 2019, 48(20): 98 - 101.
- [4] Wang H B, Qiu Q F, Gee M, et al. Wear resistance enhancement of HVOF - sprayed WC-Co coating by complete densification of starting powder[J]. Materials & Design, 2020, 191: 356 - 363.
- [5] 魏修宇, 金鹏, 夏艳萍, 等. WC-Co-(Ni)-(Cr) 硬质合金在中性溶液中的腐蚀行为[J]. 稀有金属材料与工程, 2020, 49(1): 313 - 319.
- [6] Vilhena L M, Fernandes C M, Soares E, et al. Abrasive wear resistance of WC-Co and WC-AISI 304 composites by ball-cratering method[J]. Wear, 2016: 346 - 347.
- [7] Lin Y C, Wang S W, Y. Lin Y C. Analysis of microstructure and wear performance of WC-Ti clad layers on steel, produced by gas tungsten arc welding[J]. Surf. Coat. Technol, 2005, 200: 2106 - 2113.
- [8] Wang X Z, Wang H B, Liu X M, et al. Microstructure and performance of WC-Co-Cr coating with ultrafine/nano-crystalline structures[J]. Rare Metals, 2018, 37(11): 968 - 975.
- [9] Cheniti B, Miroud D, Badji R, et al. Effect of brazing current on microstructure and mechanical behavior of WC-Co/AISI 1020 steel TIG brazed joint[J]. International Journal of Refractory Metals and Hard Materials, 2016, 64: 210 - 218.
- [10] Buytoz S, Ulutan M, Yildirim M M. Dry sliding wear behavior of TIG welding clad WC composite coatings[J]. Applied Surface Science, 2005, 252(5): 1313 - 1323.
- [11] Ghadami F, Sohi M H, Ghadami S. Effect of TIG surface melting on structure and wear properties of air plasma sprayed WC-Co coatings[J]. Surface and Coatings Technology, 2014, 261: 108 - 113.