

激光堆焊 F325 合金粉/钼丝的组织与硬度研究

张伟^{1,2,3}, 郑炉玉¹

(¹浙江机电职业技术学院机械工程学院, 浙江 杭州 310053; ²宁波双林汽车部件股份有限公司, 浙江 宁海 315613;
³浙江大学博士后科研流动站, 浙江 杭州 310027)

摘要 为提高 F325 堆焊层的韧性,进行了激光堆焊 F325 与钼丝的实验。利用金相显微镜、维氏硬度仪等设备分析、测试了堆焊层的显微组织和硬度。研究表明:激光堆焊可以得到晶粒细化,组织致密,无裂纹、气孔等缺陷,与基体冶金结合的 F325/钼丝复合材料覆层;钼丝外表面轻微熔化,与 F325 基体呈冶金结合;钼丝加入后,使其周边的晶粒大大细化,并抑制了碳化物的长大;钼丝与 F325 结合区的平均硬度为 750 HV0.2,高于 F325 堆焊层的平均硬度 650 HV0.2。

关键词 激光堆焊; F325 合金粉; 堆焊层; 组织; 硬度

中图分类号: TG156.99 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/AL20133305.473

The Research of Microstructure and Hardness of F325 Alloy Powder/Mo Wire after Laser Build-up Welding

Zhang Wei^{1,2,3}, Zheng Luyi¹

(¹Mechanical Engineering Branch Institute, Zhejiang Institute of Mechanical & Electrical Engineering, Hangzhou, Zhejiang 310053, China; ²Ningbo Shuanglin Auto Parts Co. Ltd., Ninghai, Zhejiang 315613, China;
³Post-doctoral Mobile Station, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310027, China)

Abstract In order to improve the toughness of F325 build-up welding layer, the experiments of laser build-up welding with the materials of F325 alloy powder and Mo wire were made. The microstructure and hardness of laser build-up welding layer were studied. The experiments showed that F325 and Mo wire composite cladding had better properties such as minute crystals, high density, no crack, no gas cavity and good metallurgical bonding with matrix. There was a slight melting on the surface of Mo wire which would greatly increase the binding force between F325 and Mo wire. Mo wire could make grain refine and limit the growing of carbide. The average hardness of Mo wire and F325 bonding zone was 750 HV0.2 which was higher than that of F325 build-up welding layer (650 HV0.2).

Key words laser build-up welding; F325 alloy powder; build-up welding layer; microstructure; hardness

0 引言

F325 粉是一种热喷涂、堆焊行业中常用的高铬铸铁合金粉末,目前已在许多耐磨零件的表面涂覆上得到了较好的应用^[1-2]。经热喷涂或堆焊后,F325 覆层的最高硬度可达 HRC 60 以上,可大大提高零件的耐磨性^[3-4]。然而,F325 覆层中含有的大量碳化物,降低了其抗冲击的能力,当承受较大冲击力时,由于韧性不够,有开裂的危险,影响

使用安全^[5-6]。为增加 F325 堆焊层的韧性,借助激光堆焊这一新技术^[7-8],进行了 F325 与钼丝的堆焊实验。

1 试验材料、设备及工艺

采用 10 kW CO₂ 激光加工成套系统进行试验。基体材料为 H13 钢,钼丝为线切割用钼丝(直径 0.2 mm),选用 300 目的 F325 合金粉末作为堆焊粉末,其化学成分如表 1 所示。将钼丝和 F325 粉末预

收稿日期:2013-07-01; 收到修改稿日期:2013-08-01

基金项目:浙江省博士后科研项目择优资助项目(项目编号:BSH1301011);2013 年浙江省教育厅科研项目(项目编号:Y201328309);浙江省滑动轴承工程技术研究中心科研项目;浙江机电职业技术学院科研孵化基金资助项目(项目编号:A-0273-12-010)

作者简介:张伟(1980-),男,山东泰安人,副教授,博士后,主要从事激光加工技术方面的研究,已发表论文 30 多篇。联系电话:0571-87772613,E-mail:zhangweihz@sina.cn

铺于基体上,粉末层厚度为 2.5 mm。激光堆焊的功率为 2.5 kW,扫描速率为 200 mm/min,光束半径为 5 mm,单道堆焊。实验完成后,分别沿垂直于扫描方向(横截面)和平行于扫描方向(水平剖面)切割、取样,制备金相及硬度分析试样。利用 Nikon-LV150 金相显微镜、HXS-1000AY 型显微维氏硬度仪检测了试样的显微组织和硬度分布(载荷 200 g)。

表 1 F325 合金粉末的元素成分(质量分数%)

Table 1 Chemical composition of F325 alloy powder (mass fraction%)

元素	C	Cr	Si	B	Fe
质量分数 %	4.0	25	2.0	1.5	余

2 实验结果及分析

2.1 显微组织

图 1 为 F325 与钼丝复合材料激光堆焊层横截面的显微组织形貌。其中,图 1(a)为堆焊层整体形貌。可见堆焊层组织致密,分布着大量条状、针状及颗粒状碳化物,条状碳化物长度约为 200 μm ,为凝固时从液相中直接析出的一次渗碳体。图 1(a)中,较大的白色圆形颗粒为钼丝横截面,因钼耐腐蚀而显白亮色,其高倍形貌如图 1(b)和 1(c)所示。可看出,钼丝外表面发生了轻微熔化,与 F325 基体呈冶金结合。1(d)为堆焊层与 H13 钢基体的结合区。在结合区,因基体表层材料熔化进入熔池,产生“稀释”作用,降低了该区域的含碳量,碳化物大大减少。激光熔池主要依靠基体的传导散热,在熔池与基体交界面存在极大的温度梯度,结合区的组织呈现典型的胞状树枝晶组织。胞状晶粒为 Fe 基多元过饱和固溶体,在晶界上有少量不连续的碳化物析出。在图 1(d)下部的固-液界面结合线上,因冷却速度极快,形成一层平面晶。

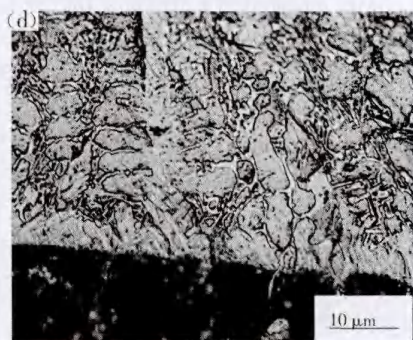
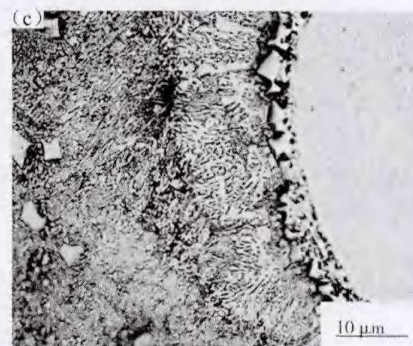
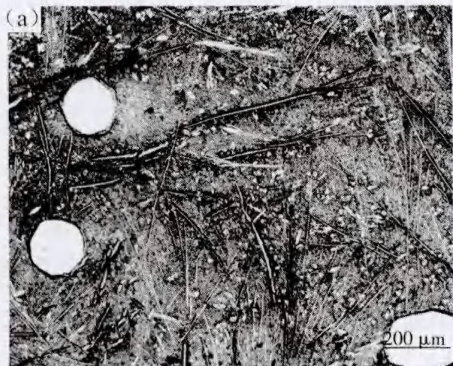


图 1 F325/钼丝堆焊层横截面显微组织
(a)堆焊层整体(b)钼丝横截面(c)界面(d)结合区
Fig. 1 Microstructure of the cross-section of F325 and Mo wire composite cladding (a) whole cladding (b) cross-section of Mo wire (c) interface (d) bonding zone

图 2 为 F325 与钼丝复合材料激光堆焊层水平剖面的显微组织。其中,图 2(a)为堆焊层水平剖面的低倍整体形貌,图中右上部近似平行分布着三条钼丝,整个堆焊层组织致密,没有裂纹、气孔等缺陷。图 2(b)为堆焊层水平剖面高倍形貌,可看出堆焊层有大量条状、针状碳化物,与图 1(a)一致。在钼丝附近,长条状、针状碳化物明显消失,表明钼丝的加入能抑制碳化物的生长。这是因为:(1)在堆焊过程中,钼丝为固相,导热较快,导致钼丝与 F325 交界处冷却快,不利于碳化物的长大。(2)钼丝外表面发生熔化,钼元素可细化晶粒,阻碍碳化物长大。(3)

钼与碳的亲和力较大,钼进入熔池后,增加了碳化物的形核率,使碳化物细化。图 2(c)为钼丝与 F325 界面的高倍形貌,从图中可看出,钼丝外表面发生熔化,增加了与 F325 的结合力。如图 2(d)所示,界面附近的组织大大细化,主要为极细的树枝晶,极小的颗粒状碳化物和低温莱氏体共晶组织。

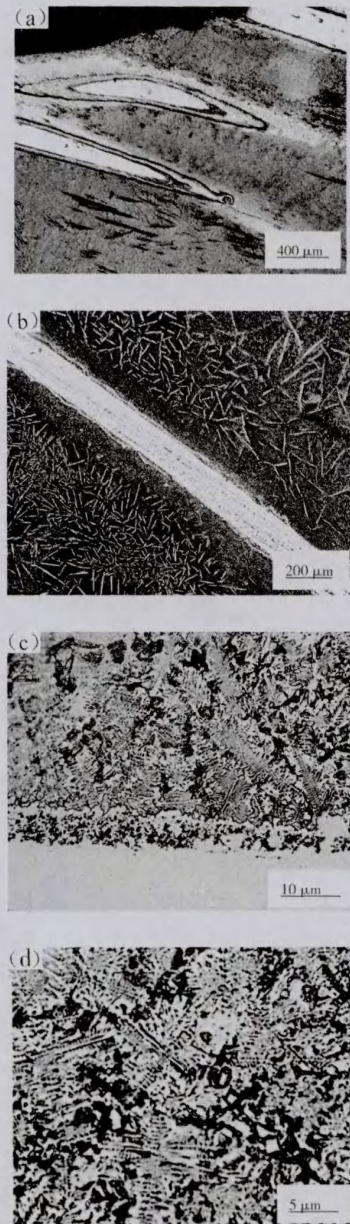


图 2 F325/钼丝堆焊层水平剖面显微组织
(a)低倍整体(b)钼丝高倍(c)界面(d)高倍界面
Fig. 2 Microstructure of the horizontal profile of F325 and Mo wire composite cladding (a) low magnified image (b) high magnified image (c) interface (d) high magnified image nearby interface

2.2 显微硬度

图 3 为 F325/钼丝激光堆焊试样的硬度分布曲线。其中,图 3(a)为堆焊层横截面的硬度分布。可看出,F325 堆焊层的平均硬度为 650 HV0.2,而基体的平均硬度为 150 HV0.2。图 3(b)为堆焊层水平剖面的硬度分布。可看出,钼丝的平均硬度为 530 HV0.2,钼丝与 F325 结合区的平均硬度为 750 HV0.2,高于堆焊层平均硬度。这是由于钼丝表面熔化后,钼元素增加了固溶体的溶质浓度;此外,因钼丝散热带来的激冷作用,钼丝与 F325 结合区的晶粒更细。

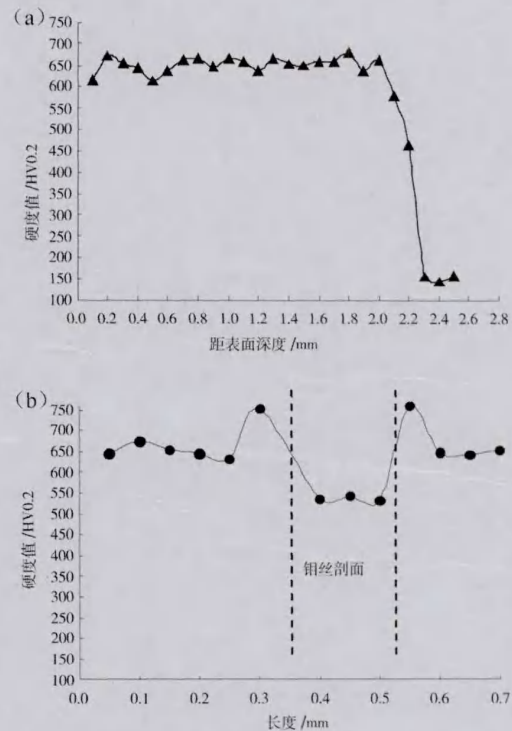


图 3 堆焊试样显微硬度分布曲线(a)横截面(b)水平面
Fig. 3 Hardness distribution curves
(a) cross-section (b) horizontal profile

3 结论

F325 粉末与钼丝经激光堆焊后,堆焊层组织细密,无裂纹、气孔等缺陷,堆焊层与基体呈冶金结合;堆焊层显微组织主要为条状、针状及颗粒状的碳化物和 Fe 基多元过饱和固溶体;钼丝表面微熔,与 F325 冶金结合。钼丝的加入细化了晶粒,并大大抑制了碳化物的生长;堆焊层的平均硬度为 650 HV0.2,钼丝平均硬度 530 HV0.2,钼丝与 F325 结合区平均硬度 750 HV0.2。

参考文献

- [1] 宋量. 矿山耐磨铸件的现状和发展[J]. 铸造技术, 2009, 30(2):295-298.
- [2] SINATORA A, POHL M, WALDHERR EU. Wear induced martensite in high chromium cast iron [J]. Script Mater, 1995(32):857-861.
- [3] WANG J, ZUO RL, SUN ZP, et al. Influence of secondary carbides precipitation and transformation on hardening behavior of a 15Cr1Mn1.5V white iron[J]. Mater Charac, 2005(55):234-250.
- [4] 王均, 曾明, 杨宏山. 不同热处理对一种高铬铸铁组织的影响[J]. 材料热处理学报, 2005, 26(6):75-79.
- [5] 陈长军, 徐星, 张敏, 等. 高铬铸铁轧辊激光熔覆研究[J]. 应用激光, 2011, 31(5):391-395.
- [6] 许春伟, 李炎, 魏世忠, 等. 液-固双金属复合界面研究新进展[J]. 热加工工艺, 2006, 35(20):70-73.
- [7] 张伟, 姚建华. 海水泵轴激光修复试验研究[J]. 应用激光, 2004, 24(6):342-344.
- [8] 张伟, 石淑琴, 陈云祥, 等. 激光堆焊 WC 颗粒增强 Ni 基合金组织性能研究[J]. 应用激光, 2012, 32(1):18-21.