

固溶处理对激光熔覆 Stellite6 合金涂层性能的影响

李丽¹, 孙峰¹, 张尧成²

(1. 长春汽车工业高等专科学校, 长春 130011; 2. 常熟理工学院, 江苏 苏州 215500)

摘要: 目的 通过激光熔覆的方法, 在 45[#]钢板上沉积 stellite6 合金涂层, 并研究涂层性能。方法 通过 Olympus 光学显微镜对热处理前后涂层的显微组织和形貌特征进行分析; 通过 HV-1000B 显微硬度计对涂层的力学性能进行研究。结果 与未经热处理的涂层相比, 经过热处理后, 组织中树枝晶及胞状晶的数量明显减少, 等轴晶粒增多。晶粒长大, 合金元素均匀分布, 横向及纵向硬度均有不同程度下降。经过固溶处理后的涂层横向与纵向显微硬度的平均值分别为 HV350 和 HV490, 未经热处理的涂层横向与纵向显微硬度的平均值分别为 HV520 和 HV556。经热处理后, 虽然涂层硬度有所降低, 但组织更为均匀, 塑性提高, 综合性能提高。结论 热处理工艺以制备涂层及后续处理的方式改变了单一依靠沉积参数提高涂层性能的方法, 使激光熔覆 Stellite6 合金涂层的综合性能得到了提高。

关键词: Stellite6; 钴基合金; 热处理; 激光熔覆; 微观组织

中图分类号: TG174.442 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3660(2017)01-0078-04

DOI: 10.16490/j.cnki.issn.1001-3660.2017.01.013

Effect of Solution Treatment on the Performance of Laser Cladding of Stellite6 Alloy Coating

LI Li¹, SUN Feng¹, ZHANG Yao-cheng²

(1. Changchun Automobile Industry Institute, Changchun 130011, China;

2. Changshu Institute of Technology, Suzhou 215500, China)

ABSTRACT: The work aims to deposit stellite6 alloy coating on 45[#] steel sheet by virtue of laser cladding and study performance of the coating. Microstructure and morphological characteristics of the coating before and after heat treatment were analyzed by Olympus optical microscope. Mechanical property of the coating was studied by HV-1000B microhardness tester. Compared with the coating without heat treatment, dendrites and cellular crystals in structure of the coating subject to heat treatment reduced significantly while isometric crystals increased. Meanwhile, grain growth, uniform distribution of alloying elements as well as hardness in horizontal and vertical directions decreased to varying degrees. Average microhardness in horizontal and vertical directions of the coating subject to solution treatment was HV350 and HV490 respectively; for that of the coating without solution treatment, HV520 and HV556 respectively. The hardness decreased while the structure was more uniformly distributed, and plasticity and comprehensive performance both increased. The application of heat treatment process to coating preparing and follow-up treatment has changed the mode of improving coating performance by simply relying on deposition parameters. Heat treatment is another way to improve the comprehensive performance of the Stellite6 alloy coating.

KEY WORDS: Stellite6; cobalt base alloy; heat treatment; laser cladding; microstructure

收稿日期: 2016-08-12; 修订日期: 2016-12-20

Received: 2016-08-12; Revised: 2016-12-20

作者简介: 李丽 (1983—), 女, 硕士, 讲师, 主要研究方向为材料表面防护。

Biography: LI Li(1983—), Female, Msster, Lecturer, Research focus: material surface protection.

激光熔覆可以在普通基体表面形成具有特殊性能的合金层, 达到降低成本、提高零件性能的目的, 已成为表面工程中一个活跃的研究领域。钴基合金激光熔覆层以其高硬度、高温耐磨性和高温耐腐蚀性, 被广泛应用于电力、冶金、石化、水利等领域^[1]。它是以激光作为热源, 用不同的添料方式在被熔覆的基体上放置所选择的涂层材料, 经过激光照射使之与基体表面薄层同时熔化, 并快速凝固后形成稀释度极低、与基体材料形成冶金结合的表面涂层, 从而显著改善基体材料表面的耐磨、耐蚀、耐热、抗氧化能力及电气特性的工艺方法^[2-4]。目前常用的熔覆材料有铁基、镍基和钴基合金粉末等。钴基合金具有良好的高温性能和较好的耐蚀耐磨性能, 常被应用于石化、电力、冶金等工业领域的耐高温和耐蚀耐磨场合。钴基合金粉末的种类很多, 有自熔性和非自熔性钴基合金粉末, 但由于激光熔覆钴基合金涂层的组织具有典型的柱状和树枝状枝晶生长特点, 初生或共晶碳化物存在于大量初生 V 枝晶之间^[5-6], 使涂层的综合性能相对较差, 钴基的这一特性制约了它自身的应用^[7]。为了延伸和拓展钴基的应用, 文中采用热处理方法, 研究中温下 Stellite6 合金的强化和性能改进, 热处理方法为固溶强化^[8]。

1 实验

1.1 材料

选用 45# 碳钢作为基体, 熔覆前用砂纸磨光并用丙酮清洗干净。熔覆材料选择 Stellite6 合金粉末作为原料, 材料的化学成分主要为: Cr, C, Si, W, Mo, Ni, Fe, Co, 其质量分数分别为 29%, 1.1%, 1.1%, 4%, 1%, 3%, 3%, 余量。

1.2 方法

采用激光熔敷设备在 45# 碳钢上熔敷 Stellite6 合

金涂层, 冷却后用线切割成块。采用 OTF-1200X 型管式炉对其进行固溶热处理, 热处理工艺为 $1100\text{ }^{\circ}\text{C}\times 10\text{ h}$, 空冷。将热处理前后的试样打磨抛光后采用稀王水腐蚀, 采用 Olympus 光学显微镜观察涂层微观组织, 用 HV-1000B 显微硬度计, 从距涂层顶部 0.2 mm 处, 以间隔 0.15 mm, 加载力 100 N, 加载时间 15 s 的方式测量涂层硬度^[9-11]。

2 结果和分析

2.1 Stellite6 合金熔覆层显微组织

未经热处理的激光熔覆 Stellite6 合金涂层横截面显微组织形貌见图 1。由图 1a 可看出, 由下至上依次为胞状晶区、较多柱状晶和少量树枝晶夹杂区、树枝晶区, 柱状晶和树枝晶夹杂区。激光熔覆时是快速加热和快速凝固过程, 组织形态由 G (温度梯度) 和 R (凝固速率) 决定, 基体与涂层界面有明显胞状晶组织, 由于基体的冷却作用使界面前沿处有较小的成分过冷, 导致了胞状组织的产生^[12]。激光熔覆过程中熔覆方向的改变导致了柱状晶生长方向错杂多变, 组织形貌总体表现为柱状晶和树枝晶夹杂生长^[13]。

图 1 和图 2 中组织成层状分布, 前层组织比后层组织更加细密, 原因是激光熔覆时后层对前层有再热作用, 改善层间的冶金结合情况^[14]。在涂层右上角存在着缩孔, 当液态涂层凝固时, 气孔处的液体凝固较慢而导致冷却后产生了缩孔现象。

为热处理后激光熔覆 Stellite6 合金涂层横截面显微组织形貌见图 2b—c。由图 2b 观察可得, 涂层中的树枝晶显著减少, 等轴晶粒增多。原因固溶处理保温过程中, 晶粒形核和长大速度缓慢, 合金元素得以均匀分布, 减少了树枝晶形成, 从而促进了等轴晶的生成。由图 2c 可观察可得, 柱状晶明显粗大, 等轴晶增多, 树枝晶减少, 合金元素得以均匀化。

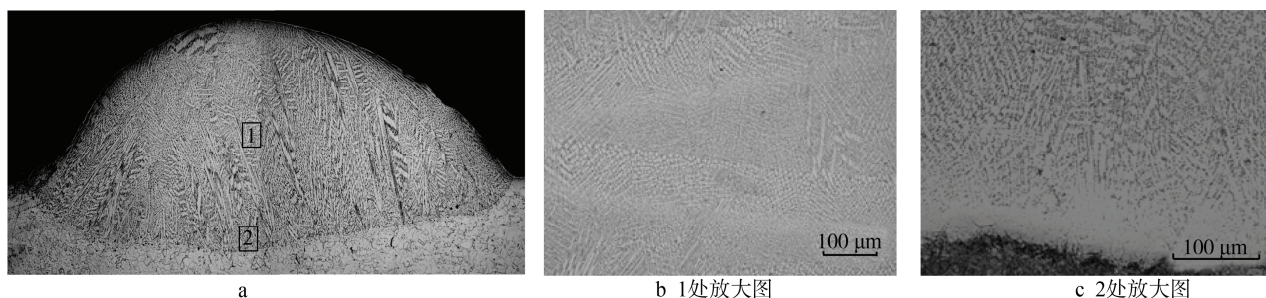


图 1 未经热处理熔覆层显微组织形貌

Fig.1 Micro structure of cladding layer without heat treatment

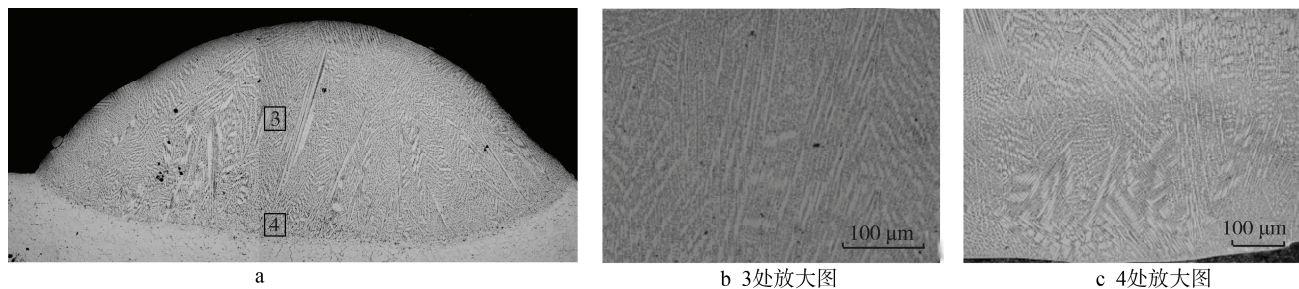


图2 热处理后熔覆层显微组织形貌
Fig.2 Micro structure of cladding layer after heat treatment

2.2 Stellite6 合金熔覆层显微硬度

Stellite6 熔覆层显微硬度见图3, 由图3a可知, 热处理前钴基涂层纵向显微硬度总体走向由顶端至熔覆界面逐渐降低, 至熔覆界面达到最低, 硬度平均值为 HV556。固溶处理后钴基涂层纵向显微硬度总体走向也由顶端至熔覆界面逐渐降低, 至熔覆界面达到最低点, 平均值为 HV490。由图3b可知, 热处理前钴基组织横向显微硬度稳定在 HV500 至 HV550 间, 硬度基本保持不变, 平均值为 HV520。热处理后钴基

组织横向显微硬度稳定在 HV310 到 HV380 间, 硬度保持不变, 平均值为 HV350。

对比固溶处理前后, 钴基涂层显微硬度横向纵向均有不同程度的下降。固溶为将固溶体加热到高温单相区恒温保持, 使基体相充分溶解到固溶体中快冷的热处理工艺。使合金中各元素、相均匀分布, 强化固溶体, 提高韧性与塑性, 降低显微硬度^[15]。在 1100 °C 下, 固溶处理 10 h 后, 晶粒发生了长大, 横向及纵向硬度均有不同大小的下降。

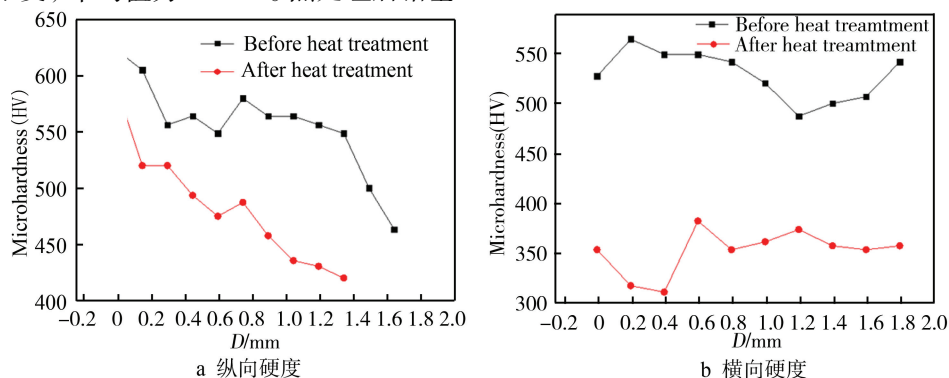


图3 Stellite6 熔覆层显微硬度
Fig.3 Micro hardness of Stellite 6 on cladding layer

3 结论

1) 热处理前 Stellite6 合金显微组织为胞状晶, 柱状晶及树枝晶交错分布。固溶处理使 Stellite6 合金涂层显微组织得到了改善, 大部分树枝晶及胞状晶转变为等轴晶和平面晶, 使合金元素均匀分布, 并改善了 Stellite6 涂层间的冶金结合及力学性能。

2) Stellite6 合金组织显微硬度纵向由顶部至熔覆界面逐渐降低, 横向沿界面方向基本相同, 热处理后横向及纵向硬度均得到了不同程度的下降。固溶处理后晶粒长大, 导致熔覆层硬度下降。

参考文献:

[1] 关振中. 激光加工工艺手册[M]. 北京: 中国计量出版

社, 1998.

GUAN Zhen-zhong. Laser Processing Technology Handbook[M]. Beijing: China Metrology Press, 1998.

[2] ZHANG Yong, ZOU Ting-ting, TANG Zhi, et al. Microstructures and Properties of High-entropy Alloys[J]. Progress in Materials Science, 2014, 61(8): 1—93.

[3] LUO F, YAO J H, HV X X, et al. Effect of Laser Power on the Cladding Temperature Field and the Affected Zone[J]. Journal of Iron and Steel Research, 2011, 18(1): 73—78.

[4] 项坤, 王维, 杨光, 等. 钛合金单道激光熔覆工艺的研究[J]. 表面技术, 2013, 42(1): 91—93.

XIANG Kun, WANG Wei, YANG Guang, et al. Study on Titanium Alloy Single Track Laser Cladding Process[J]. Surface Technology, 2013, 42(1): 91—93.

[5] 黄祖凤, 张冲, 唐群华, 等. 退火对激光熔覆 FeCoCrNiB 高熵合金涂层组织结构和硬度的影响[J]. 表

- 面技术, 2013, 42(1): 9—13.
- HUANG Zu-feng, ZHANG Chong, TANG Qun-hua, et al. Effect of Annealing on the Microstructure and Hardness of Laser Cladding FeCoCrNiB High Entropy Alloy Coating[J]. Surface Technology, 2013, 42(1): 9—13.
- [6] 斯松华, 何宜柱, 袁晓敏. 激光熔覆含 B_4C_p , SiC_p 钴基合金涂层的组织与耐磨性能[J]. 中国有色金属学报, 2008, 13(2): 454—459.
- SI Song-hua, HE Yi-zhu, YUAN Xiao-min. Microstructure and Wear-resistance of Laser Clad Co-based Alloy Coatings with B_4C_p and SiC_p [J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 2008, 13(2): 454—459.
- [7] CHEN Chuan-zhong, YU Hui-jun, HOU Yong. Laser Cladding WC/Co Metal Ceramics on 45 Steel[J]. Journal of Ceramics, 1998, 19(3): 137—143.
- [8] 张松, 张春华, 康煜平. 钛合金表面激光熔覆原位生成 TiC 增强复合涂层[J]. 中国有色金属学报, 2001, 11(6): 1026—1030.
- ZHANG Song, ZHANG Chun-hua, KANG Yu-ping. Mechanism of In-situ Formation of TiC Particle Reinforced Ti Based Composite Coating Induced by Laser Melting[J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 2001, 11(6): 1026—1030.
- [9] LI Qiang, LEI Ting-quan, WANG Fu-chi. Micro Structural Evolution and Phase Identification of the Laser Surface Clad $SiC_p/Ni-Cr-B-Si-C$ Coating[J]. Chinese Journal of Lasers, 1999, 26(1): 80—84.
- [10] LI Yu-hong, ZHANG Si-Yu, ZHANG Ke-quan. $B_4C-TiNiCo$ Surface Microstructure and Performance of A3 Steel by Laser Cladding at Different Scanning Speed[J]. Laser Technology, 1999, 26(1): 80—84.
- [11] 金永中, 杨奎, 曾宪光, 等. 温度对化学镀 Ni-P 合金层形貌、硬度及耐蚀性的影响[J]. 表面技术, 2015, 44(4): 23—26.
- JIN Yong-zhong, YANG Kui, ZENG Xian-guang, et al. Influence of Plating Temperature on the Morphology, Hardness and Corrosion Resistance of Electroless Ni-P Alloy Plating[J]. Surface Technology, 2015, 44(4): 23—26.
- [12] 柳飞, 朱绍峰, 林晓东. 热处理对化学沉积 Ni-Zn-P 合金组织与性能的影响[J]. 金属热处理, 2010, 10(35): 21—24.
- LIU Fei, ZHU Shao-feng, LIN Xiao-dong. Effect of Heat Treatment on Microstructure and Properties of Ni-Zn-P Alloy Plating Prepared by Electroless-deposition[J]. Heat Treatment of Metals, 2010, 10(35): 21—24.
- [13] 丁阳喜, 邬哲. 35CrMo 钢表面激光熔覆 Ni/WC- Y_2O_3 熔覆层性能研究[J]. 表面技术, 2011, 40(5): 32—34.
- DING Yang-xi, WU Zhe. Research of Properties of Laser Cladding on Ni/WC- Y_2O_3 Surface of 35CrMo Steel[J]. Surface Technology, 2011, 40(5): 32—34.
- [14] 周思华, 晁明举, 刘奎立, 等. 原位生成 WC- B_4C 增强镍基激光熔覆层及其性能研究[J]. 表面技术, 2014, 43(3): 25—30.
- ZHOU Si-hua, CHAO Ming-ju, LIU Kui-li, et al. Research on In-situ Synthesis of WC- B_4C Reinforced Ni-based Coatings[J]. Surface Technology, 2014, 43(3): 25—30.
- [15] 李敏. Ti-3Al-2V 表面激光熔覆 Ti-BN 涂层的微观组织及反应行为研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2013.
- LI Min. Research on the Microstructure and Reactive Behavior of Ti-BN System by Laser Cladding on Ti-3Al-2V[D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2013.