

Q235 钢表面氩弧熔覆 TiC 复合涂层的组织与性能

徐峰, 李文虎, 艾桃桃, 王同乐, 付蕾

(陕西理工学院, 汉中 723003)

[摘要] 以 Ti 粉、C 粉、Fe 粉为原料, 利用氩弧熔覆技术在 Q235 钢表面原位合成了 TiC 增强 Fe 基复合涂层, 分析了涂层的显微组织和物相, 测定了涂层的硬度。结果表明: 复合涂层与基体界面无气孔、裂纹, 呈冶金结合; 熔覆层组织由树枝晶、等轴晶组成, TiC 主要分布于晶粒内和晶界处; 涂层显微硬度随 TiC 含量的增加而增大。

[关键词] 氩弧熔覆; 复合涂层; 原位合成

[中图分类号] TG174.44

[文献标识码] A

[文章编号] 1001-3660(2012)05-0053-03

The Microstructure and Property of TiC Composite Coating Deposited by Argon Arc Cladding on Q235 Steel Surface

XU Feng, LI Wen-hu, AI Tao-tao, WANG Tong-le, FU Lei

(Shaanxi University of Technology, Hanzhong 723003, China)

[Abstract] The TiC enhanced Fe base composite coating was prepared by in situ synthesis on the surface of Q235 steel by means of argon arc cladding technique with the pre-alloyed powder of Ti, C and Fe. The microstructure and phases of coating were analyzed, mean while the hardness of coating was determined. The results show that the interface between the coating and substrate has excellent bonding and is free of pores and cracks; The microstructure is composed of dendrite and equiaxed crystal. TiC particle mainly distributes in the grains and grain boundaries; The hardness of the coatings increases with the increase of TiC content.

[Key words] argon arc cladding; composite coating; situ synthesis

利用表面改性技术, 在磨损部件表面熔覆具有特殊性能的金属基复合材料涂层, 以提高零件的表面性能和使用寿命, 是表面处理领域的一个主要研究方向^[1-3]。TiC 陶瓷颗粒因为具有高硬度、高弹性模量、高熔点和热稳定性等特点, 成为了颗粒增强金属基复合涂层的主要增强相, 在耐磨损和高温应用方面引人注目^[4-8]。外加 TiC 陶瓷相与基体金属的热物理性能相差很大, 在陶瓷与基体间存在附着物和反应物, 界面强度较低。而原位合成的自生增强相具有热力学稳定、晶粒细小、分布均匀、界面洁净及与基体结合良好的特点, 因此原位合成 TiC 陶瓷颗粒增强金属基复合材料成为近年来材料领域研究的热点之一。

钨极氩弧焊是一种气体保护焊, 电极为难熔金属钨, 熔覆过程中, 电极不熔化, 容易维持恒定的电弧长度, 焊接过程稳定, 焊接时电极和电弧区及熔化金属都处于氩气保护中, 避免了空气对熔化金属的有害作用, 减少了熔池中合金元素的烧损和氧化损失^[9-12]。利

用熔覆技术制备 TiC 颗粒增强金属基复合涂层, 改善材料的表面性能, 已成为零件表面改性的研究重点^[13-15]。文中采用钨极氩弧熔覆工艺在 Q235 钢基材表面熔覆 TiC 增强金属基复合涂层, 并对熔覆层的组织和性能进行了研究。

1 试验

基材为尺寸 80 mm×20 mm×5 mm 的 Q235 钢, 表面经角磨机和砂纸打磨后, 用无水乙醇及丙酮清洗。按 Ti 粉和石墨粉总的质量分数为 35%, Fe 粉的质量分数为 65%, 将三种粉末混合, 用粘结剂把粉末制成膏状, 涂覆于试件表面, 预置厚度约为 1~1.5 mm。在电炉中于 100 °C 烘烤 2 h, 然后采用氩弧熔覆方法获得熔覆涂层, 氩弧熔覆工艺参数如下: 焊接电流为 90~120 A, 熔覆速度 6~12 mm/s, 氩气流量 10 L/min。

将氩弧熔覆试样沿垂直焊道的方向切开, 制取金

[收稿日期] 2012-04-18; **[修回日期]** 2012-06-02

[作者简介] 徐峰(1977-), 男, 陕西西安人, 博士, 副教授, 主要研究方向为先进材料及其焊接。

相试样,经抛光后,用氢氟酸和硝酸混合液进行化学腐蚀。用 XJG-05 型光学金相显微镜观察分析涂层的组织形貌;用 Rigaku DMAX2500/PC 型 X 射线衍射仪 (XRD) 对涂层进行物相分析;用洛氏硬度仪测量熔覆层的硬度。

2 结果及分析

2.1 熔覆层界面显微组织

图 1a 为氩弧熔覆复合涂层的横截面形貌,可以看出,熔覆复合涂层分为 4 个区域:基体、热影响区、过渡区和熔覆复合涂层。熔覆复合涂层与 Q235 钢基体二者间有明显的分界线,过渡区呈快速凝固组织特征,在过渡区的底部有一沿基体表面垂直生长的平面结晶带。图 1b 是图 1a 中 A 区域的局部放大图,从图 1b 中可以看出,熔覆层与基材之间为良好的冶金结合。靠近过渡区的热影响区与基体金属相比,铁素体和珠光体组织有所长大,且该区域组织均匀、致密,无气孔和裂纹。

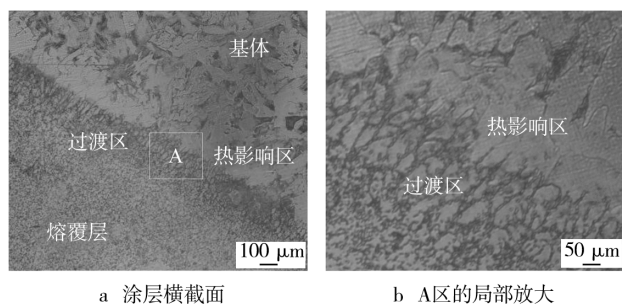


图 1 熔覆复合涂层横截面的组织形貌

Fig. 1 Microstructure on cross-section of the argon arc clad composite coating

图 2 是熔覆层中心的显微组织形貌。由图 2 可见, TiC 的形态多为颗粒状或块状,呈树枝状分布于由树枝晶和等轴晶组成的熔覆层中,部分 TiC 有一定程度的聚集。分析成因:1) 当氩弧作用于涂层时,涂层因吸收电弧热量而快速熔化,当 Ti/C 比达到反应浓度条件时,即通过原位反应合成 TiC,生成的 TiC 颗粒不断分散到周围的 Fe 基熔体中;2) 由于熔池中热量传输和 Ti, C 浓度的局部不均匀,容易在 TiC 生长的前沿形成成分过冷,而且 TiC 原位合成反应的放热效应使得 Ti, C 原子向其前端迅速扩散并形核生长,形成断续且呈树枝状排列的 TiC 颗粒;3) 在熔覆层冷却过程中, Ti 原子不断析出并与 C 原子结合生成 TiC,共晶析出 Ti 与 C 合成的 TiC 多呈等轴状或近似等轴状颗粒,较为弥散地分布在基体金属的晶粒内部或者晶界上;4) 由于氩弧吹力、电磁搅拌力及重力等各种熔池力的作用,熔池中的 Ti/C 浓度比不断发生变化,使局部 C 或 Ti 供给不足,局部剩余的 Ti 元素与基体 Fe 形成

Fe₂Ti 合金,局部剩余的少量 C 元素溶于 Fe 中形成马氏体;5) 氩弧熔覆过程中,熔化和冷却的速度快,抑制了 TiC 颗粒的长大,熔覆层中部区域获得了弥散分布的细小 TiC 颗粒,对复合涂层起到弥散、细晶强化的作用。

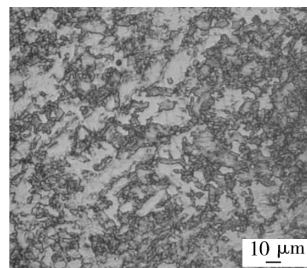


图 2 熔覆复合涂层中心的显微组织

Fig. 2 Microstructure of composite coating

2.2 熔覆层物相组成分析

图 3 给出了 X 射线衍射分析结果。对衍射峰的标定表明,复合涂层由 TiC, α-Fe, Fe₃C, Ti₂Fe 等相组成。衍射图中 TiC 峰的出现证明了,在氩弧熔覆过程中原位生成了 TiC 化合物。

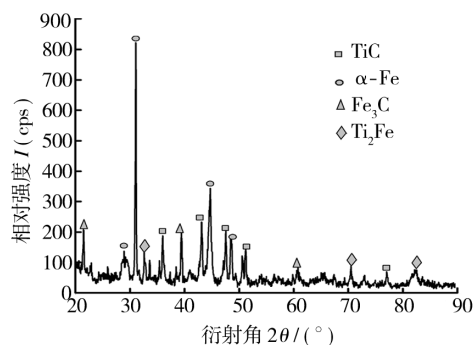


图 3 复合涂层的 XRD 图谱

Fig. 3 XRD pattern of composite coating

2.3 熔覆涂层的硬度

图 4 为熔覆涂层沿垂直表面方向的硬度分布图。熔覆涂层硬度最高达 57.9HRC,比基体提高 2 倍左右,表明其具有良好的硬度和耐磨性能。熔覆涂层表面硬度最高,内部硬度随着距表面距离的增加而减小,在与基体的结合部位,硬度下降较快,到基体金属时,

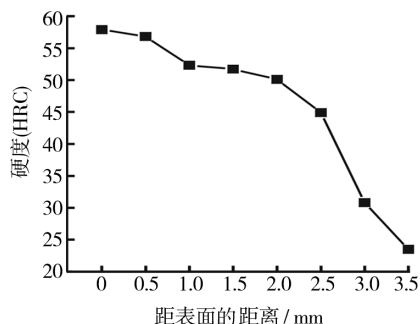


图 4 熔覆层截面硬度分布

Fig. 4 Hardness profile of cross section of specimen

HRC 硬度降到了最低点。这种硬度分布情况与 TiC 颗粒的分布有关,从熔覆涂层表面到结合区底部,TiC 颗粒呈现逐渐减少的规律。

3 结论

1) 采用氩弧熔覆技术,在 Q235 钢表面原位合成了 TiC 增强 Fe 基复合材料涂层,涂层与基体呈冶金结合,无气孔、裂纹等缺陷。

2) 涂层中的 TiC 为颗粒状或块状,呈树枝状分布。原位反应析出的 TiC 颗粒随着 Ti 和 C 原子迅速扩散形成树枝状排列,部分区域形成 Fe_2Ti 和马氏体组织,对涂层起到强化作用。

3) 熔覆涂层硬度最高为 57.9HRC,比基体提高了 2 倍。表面硬度最高,内部硬度随着距表面距离的增加而减小。

[参 考 文 献]

- [1] 宋思利,王新洪,邹增大,等. 氩弧原位合成 TiC 颗粒增强 Fe 基复合层[J]. 焊接学报,2006,27(2):39—42.
- [2] 高华,吴玉萍,陶肿,等. 等离子熔覆 Fe 基复合涂层的组织与性能[J]. 金属热处理,2008,33(8):41—43.
- [3] XU X Y, LIU W J, ZHONG M L, et al. Direct Laser Fabricated in situ TiC Particulate Reinforced Ni30Al20Fe Intermetallic Matrix Composite [J]. Journal of Materials Science, 2004, 39(13): 4289—4293.

- [4] WANG Xin-hong, SONG Si-li, ZOU Zeng-da, et al. Development of New Type of Wear and Crack Resistant Hardfacing Electrode [J]. Transactions of Nonferrous Metals of China, 2004, 4(4): 660—664.
- [5] 常婕,王峰. Q235 钢等离子弧熔覆铁基合金涂层的组织分析[J]. 热加工工艺, 2008, 37(23): 103—108.
- [6] 刘喜明,连建设,赵宇. 氩弧熔覆层的强化和耐磨性[J]. 机械工程材料, 2000, 24(3): 14—17.
- [7] 李胜,曾晓雁,胡乾午. 高硬度激光熔覆专用 Fe 基合金强韧化机理[J]. 焊接学报, 2008, 29(7): 101—104.
- [8] 曹茂盛. 纳米复合镀层的研究进展[J]. 唐山师范学院学报, 2004, 26(2): 6—9.
- [9] 陈颖,李惠琪. 等离子束表面冶金原位颗粒增强铁基涂层的研究[J]. 材料热处理学报, 2006, 27(2): 114—117.
- [10] 王志新,杨卫铁,方伟,等. Q235 钢等离子熔覆 Fe 基合金 + TiC 复合涂层组织和性能的研究[J]. 热加工工艺, 2010, 39(2): 50—51.
- [11] 董刚,严彪,李翔,等. TiC 增强铁基熔覆层制备方法的研究进展[J]. 表面技术, 2009, 38(1): 69—72.
- [12] 汪选国. 氩弧表面熔敷耐磨覆层工艺研究[J]. 船海工程, 2006(4): 95—97.
- [13] 王振廷,孟君晟. 氩弧熔敷原位自生 $\text{TiC}_p/\text{Ni60A}$ 金属基复合材料涂层的组织与性能[J]. 金属热处理, 2009, 34(2): 21—24.
- [14] 赵霞,徐家文,孙永鑫. 氩弧重熔对 Q235 钢热浸镀铝层组织和性能的影响[J]. 焊接学报, 2009, 30(9): 93—96.
- [15] 王永东,刘兴,孟君晟,等. 氩弧原位自生 TiC 复合涂层组织与抗磨性能研究[J]. 兵器材料科学与工程, 2008, 31(6): 83—85.

(上接第 52 页)

- [5] HARUN M K, LYON S B, MARSH J. A Surface Analytical Study of Functionalized Mild Steel for Adhesion Promotion of Organic Coatings[J]. Progress in Organic Coatings, 2003, 46(11): 21—27.
- [6] MANSFELD F, HAN L T, LEE C C. Analysis of Electrochemical Impedance and Noise Data for Polymer Coated Metals[J]. Corrosion Science, 1997, 39(2): 255—279.
- [7] DEFLORIAN F, ROSS S, FEDRIZZI L. Silane Pretreatments on Copper and Aluminium[J]. Electrochimica Acta, 2006, 51(27): 6097—6103.
- [8] TRABELSI W, TRIKI E, DHOUIBI L, et al. The Use of Pre-treatments Based on Doped Silane Solutions for Improved Corrosion Resistance of Galvanised Steel Substrates[J]. Surface and Coating Technology, 2006, 200(14/15): 4242—4250.
- [9] 王雪明. 硅烷偶联剂在金属预处理及有机涂层中的运用研究[D]. 济南: 山东大学, 2005.
- [10] 王雪明,李爱菊,李国丽,等. 硅烷偶联剂在防腐涂层金属

- 预处理中的应用研究[J]. 材料科学与工程学报, 2005, 23(1): 146—150.
- [11] 王雪明,李爱菊,李国丽,等. 金属表面制备 KH-560 硅烷膜涂层的工艺研究[J]. 中国表面工程, 2004(6): 63—64.
- [12] 王名浩. 水基硅烷化处理剂的制备及应用研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2010.
- [13] SUEGAMA P H, MELO H G de. Corrosion Behavior of Carbon Steel Protected with Single and Bi-layer of Silane Films Filled with Silica Nanoparticles [J]. Surface and Coatings Technology, 2008, 202(13): 2850—2858.
- [14] 谢国先,邱大健,李朝阳,等. 氨基硅烷偶联剂对环氧涂层附着力的影响[J]. 材料保护, 2008, 41(3): 22—24.
- [15] 徐益,唐守渊,滕毅,等. 金属表面处理用硅烷试剂的水解与缩聚[J]. 重庆大学学报, 2002, 25(10): 72—74.
- [16] METROKE T, WANG Y, OOI W J V, et al. Chemistry of Mixtures of Bis-[trimethoxysilylpropyl] amine and Vinyltriacetoxysilane: an NMR Analysis[J]. Journal of Sol-gel Science and Technology, 2009, 51(1): 23—31.