

W₉M₀₃Cr₄V 钢脉冲放电强化涂层 激光熔覆的研究*

沈德久 苑 辉 南 云 乔桂英 王玉林
(燕山大学材料工程学院 秦皇岛 066004)

郑启光 辜建辉 王 涛 陶星之
(华中理工大学激光院 武汉 430074)

提要 采用 XRD 和 TEM 等现代分析手段研究了 W₉M₀₃Cr₄V 高速钢脉冲放电 YG8 强化涂层激光熔覆后的组织与表面硬度变化。结果表明,经适当的激光熔覆后,试样表面硬度可达 HV_{0.1}1600 ~ 1800。分析认为,获得如此高硬度的主要原因是 W₂C 和 WC 等高硬相及纳米晶组织的形成。

关键词 激光熔覆, YG8, 放电涂层, W₉M₀₃Cr₄V 钢

1 引 言

利用 TiC, WC 等硬质合金作电极材料,通过脉冲放电在高速钢和弹簧钢表面获得了高含 Ti(或 W)的表面冶金涂层,硬度达 HV_{0.1}1000 以上,其耐磨性、耐蚀性及红硬性明显高于基体材料。然而,涂层冶金质量较差、厚度偏薄。作者采用激光熔覆法对其施工工艺处理,收到了比较好的效果。本文以脉冲放电 YG8 强化涂层作为预涂层研究激光熔覆对表层组织和表面硬度的影响。

2 实验材料及方法

2.1 实验材料

脉冲放电用电极材料为 YG8 硬质合金, WC-Co 8wt-%, 基体材料为 W₉M₀₃Cr₄V 高速钢(选自本溪工具厂的机锯条), 试样尺寸为 20×20×3 (mm)。

2.2 实验方法

首先,在 W₉M₀₃Cr₄V 钢表面用脉冲放电方法形成约 22 μm 的预涂层,在涂层上涂刷一定厚度的增碳剂以补偿放电时因 WC 分解而损失的碳,然后进行激光熔覆处理。脉冲放电实验在自行研制的晶体管脉冲电源加旋转电极强化机上进行。其实验简图如图 1 所示,工作条件是开放式大气,占空比为 9:1,功率为 6 档,电压为 180 V,强化时间为 8 min/cm²。激光熔覆处理在 2 kW 连续 CO₂ 激光器上进行。束斑直径 $D = 5$ mm,功率 $P = 600 \sim 2000$ W,扫描速度 $v = 1 \sim 25$ mm/s。

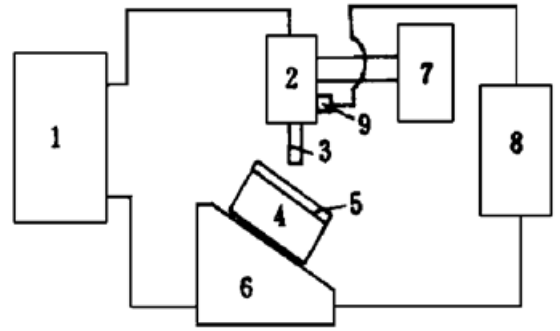
* 华中理工大学激光技术国家重点开放实验室资助项目。

图 1 脉冲放电强化实验简图

- 1: 脉冲电源; 2: 转动式卡头; 3: YG8 电极; 4: 试样(件);
- 5: 涂层; 6: 移动卡具; 7: 调速器; 8: 极间距控制器; 9: 电刷

Fig. 1 Schematic diagram of the pulse discharge experiment

- 1: pulse power; 2: rotary fixture; 3: YG8 poles; 4: specimen; 5: coating;
- 6: movable holder; 7: tacho-regulator; 8: controller for the span between poles; 9: electric brush



用 HX-200 型硬度计测定表面硬度, 用 Dmax/RB X 射线衍射仪进行物相分析, 用 H-800 型透射电镜作微观组织结构分析。电镜薄膜样品制备过程如下: 先切成 5×10×3 (mm) 试样, 然后用砂轮从基体一侧磨到 0.3~ 0.4 mm, 再用砂纸细磨到 0.04~ 0.05 mm。采用内侧单喷电解减薄, 电解液为 10% 的高氯酸酒精溶液。

3 结果与分析

3.1 脉冲放电涂层的组织结构

脉冲放电涂层的 X 射线衍射谱与 TEM 照片分别如图 2 和图 3 所示。从图 3 (a) 可以看到细小的颗粒相。图 2 和图 3 (b) 衍射分析表明, 涂层主要强化相为 Fe₃W₃C, 其次为 Cr₇C₃, 几乎没有电极中的 WC 相。加之涂层冶金质量不高, 使得涂层硬度仅达 HV_{0.1}1050~ 1100。

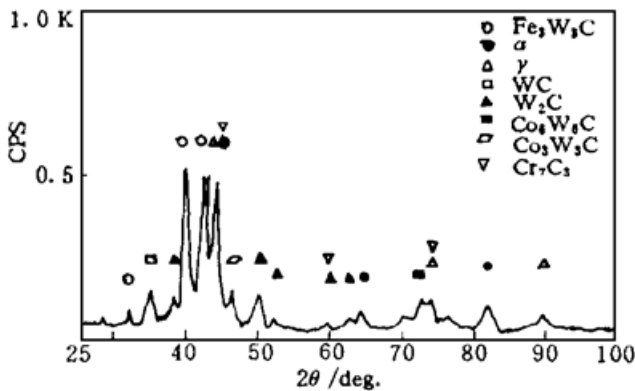


图 2 YG8 放电预涂层的 X 射线衍射谱

Fig. 2 X-ray diffraction spectrum of the YG8 discharge coating

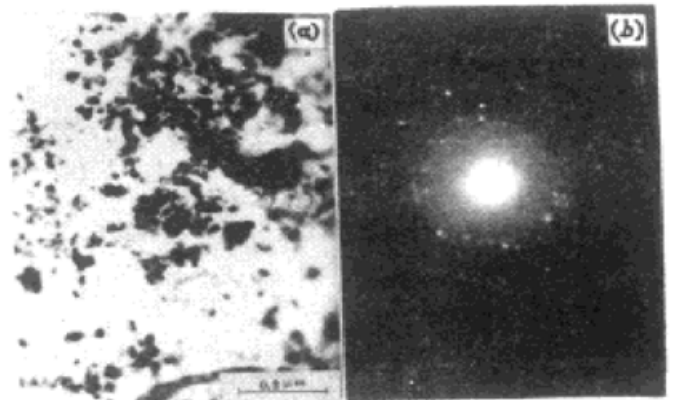


图 3 YG8 放电预涂层的透射电镜照片

(a) 明场像; (b) 衍射花样

Fig. 3 TEM photograph of the YG8 discharge coating (a) bright field image; (b) diffraction pattern

3.2 激光熔覆层的 X 射线衍射谱与 TEM 照片分别如图 4 和图 5 所示。分析结果得知, 与单纯脉冲放电涂层相比, 硬化层的组成发生了较大的变化。一是化合物相数量明显增多, α 和 γ 相明显减少; 二是化合物相中出现了一定量硬度极高的 W₂C 相。W₂C 相的形成和碳化物数量增多与激光熔覆时增碳剂对脉冲放电时碳分解的补偿有关。另外, 激光加热、冷却速度快也是一个主要原因。

从图 5 (a) 可看到激光熔覆后的超细化组织。半定量测量晶粒尺寸约为 20 nm, 这对提高硬化层的强韧性是非常有益的。加之 W₂C 等高硬相的增多, 使得表面硬度高达 HV_{0.1}1600~ 1800。

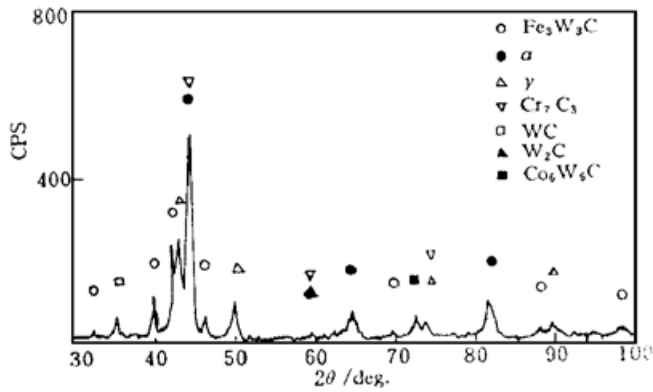


图 4 激光熔覆层的 X 射线衍射谱

Fig. 4 X-ray diffraction spectrum of the laser cladding coating

$P = 800 \text{ W}$, $v = 18 \text{ mm/s}$, $D = 5 \text{ mm}$

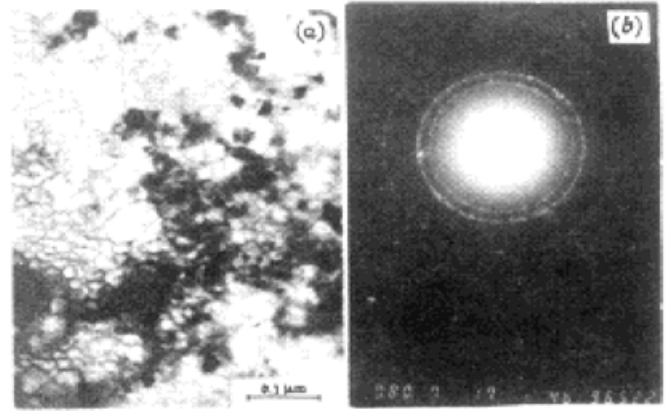


图 5 激光熔覆层的透射电镜照片

(a) 暗场像; (b) 衍射花样

Fig. 5 TEM photograph of the laser cladding coating

(a) dark field image; (b) diffraction pattern

$P = 800 \text{ W}$, $v = 18 \text{ mm/s}$, $D = 5 \text{ mm}$

4 结 论

$\text{W}_9\text{Mo}_3\text{Cr}_4\text{V}$ 钢经 YG8 电极脉冲放电预涂层强化后, 表面硬度为 $\text{HV}_{0.1}1050 \sim 1100$ 。在碳涂层表面保护下, 激光熔覆后表面层相组成发生了显著变化。有 W_2C 等高硬相形成, 并获得了超细化的纳米晶组织。在最佳工艺条件 ($D = 5 \text{ mm}$, $P = 800 \text{ W}$, $v = 18 \text{ mm/s}$) 下, 表面硬度高达 $\text{HV}_{0.1}1600 \sim 1800$ 。

Laser Cladding Study of a Pulse Discharge Enhanced Layer for $\text{W}_9\text{Mo}_3\text{Cr}_4\text{V}$ Steel

Shen Dejiu Yuan Hui Nan Yun Qiao Guiying Wang Yulin

(Department of Materials Engineering, Yanshan University, Qinhuangdao 066004)

Zheng Qiguang Gu Jianhui Wang Tao Tao Xingzhi

(Laser College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430073)

Abstract After laser cladding, the microstructure and surface hardness of a YG8 pulse discharge coating for $\text{W}_9\text{Mo}_3\text{Cr}_4\text{V}$ high speed steel were studied by means of XRD and TEM, etc. The results showed that the surface hardness of the coating could come up to $\text{HV}_{0.1}1600 \sim 1800$ after it was laser clad. It is thought that formation of higher hard phases, such as W_2C , and nanometer crystal microstructure is mainly responsible for so high coating hardness.

Key words laser cladding, YG8, discharge coating, $\text{W}_9\text{Mo}_3\text{Cr}_4\text{V}$ steel