

30CrMnSi 镀铬后激光表面合金化

姜伟, 戚佳睿, 孙海霞

(海军航空工程学院青岛分院, 山东 青岛 266041)

[摘要] 为研究激光表面合金化工艺对镀铬后 30CrMnSi 组织与硬度的影响, 以 CO_2 激光器为热源, 采用正交试验法, 对其表面进行单道扫描, 获得了金相组织和显微硬度均优于基体的合金化层。研究表明: 激光合金化层晶粒显著细化, 平均硬度明显高于基体硬度。激光功率 500W, 扫描速度 10mm/s, 保护气体流量 10L/min 时, 合金化层组织细小均匀致密, 最高硬度达 829HV, 约是基体硬度的 2.6 倍。

[关键词] 激光表面合金化; 30CrMnSi; 工艺参数; 金相组织; 显微硬度; 镀铬

[中图分类号] TG156.99; TG153.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1001-3660(2008)04-0029-02

Laser Surface Alloying on 30CrMnSi Electroplated with Cr

JIANG Wei, QI Jia-rui, SUN Hai-xia

(Aviation Department of Mechanical Engineering, Qingdao Branch,
Naval Aeronautical Engineering Academy, Qingdao 266041, China)

[Abstract] For studying the impact of microstructure and micro-hardness of 30CrMnSi electroplated with Cr by laser surface alloying, using CO_2 laser as heat source and orthogonal test, the alloying layers by single-channel scanning were attained whose microstructure and micro-hardness were better than the substrates'. The results indicate that: the laser alloying layers' microstructure is refined remarkably, and the average micro-hardness is higher than the substrates' obviously. When laser power is 500W, scanning speed is 10mm/s and the protection of gas flow is 10L/min, the alloying layer has small dense uniform and the highest micro-hardness of 829HV is about 2.6 times in contrast of the substrate's.

[Key words] Laser surface alloying; 30CrMnSi; Parameters; Microstructure; Micro-hardness; Chrome plating

0 引言

30CrMnSi 合金调质钢具有良好的综合力学性能, 是飞机上常用的材料, 广泛应用于制造各种轴类零件、螺栓及飞机起落架等重要的受力件, 当需要提高其表面硬度和耐磨性时, 通常采用表面淬火和碳氮共渗等处理方法。但这些传统的表面处理方法易导致钢件变形严重, 从而影响钢件的精度和使用寿命。激光合金化技术的出现为材料的表面处理开辟了一条新途径。与传统及其他表面合金化技术相比, 激光合金化技术具有合金化层组织细小, 结构致密, 气孔率低; 激光作用时间短, 基体熔化量少, 稀释率低; 热影响区小, 对基体组织、性能的影响少, 工件变形小等优点。本试验采用激光表面合金化工艺对镀铬后的 30CrMnSi 钢表面进行激光单道扫描, 以激光功率、扫描速度、保护气体流量等作为基本因素, 并对合金化层进行金相组织分析和显微硬度测试, 确定出最佳工艺参数, 为 30CrMnSi 钢的表面改性提供参考。

1 试验条件

基体材料是调质状态的 30CrMnSi 钢, 试样尺寸为 12mm ×

12mm × 100mm, 采用预沉积法在其表面镀铬, 镀铬层的厚度为 5 ~ 6.5 μm 。

热源为横流、管板式、多模连续 CO_2 激光器, 其波长为 10.6 μm , 最大输出功率为 2kW。采用正交试验法, 试验工艺参数如表 1 所示。

表 1 试验工艺参数
Table 1 Parameters of test

试样号	激光功率 /W	扫描速度 /(mm · s ⁻¹)	保护气体 Ar 流量 /(L · min ⁻¹)
1	400	5	10
2	400	7	15
3	400	10	20
4	500	5	15
5	500	7	20
6	500	10	10
7	600	5	20
8	600	7	10
9	600	10	15

采用 4XB-TV 型金相显微镜观察试样微观组织形貌, HXS-1000 型显微硬度计测试显微硬度。材料表面涂覆墨汁以增强对激光的吸收。金相制备腐蚀剂为: 苦味酸 5g, 丙酮 90 ~ 100mL, 水 24 ~ 40mL。

[收稿日期] 2008-02-22

[作者简介] 姜伟 (1970-), 女, 山东烟台人, 讲师, 硕士, 主要从事激光加工工艺研究。

2 试验结果与分析

2.1 合金化层金相组织分析

如图1所示,激光合金化层可以分为3个区域:合金化区、过渡区和基体。可以看出合金化层形成了微细的马氏体组织,相比基体组织,晶粒明显细小。这是由于在激光合金化过程中,合金化层冷却速度很快,导致金属晶粒来不及长大,因而晶粒得以显著细化,形成细密的等轴晶。

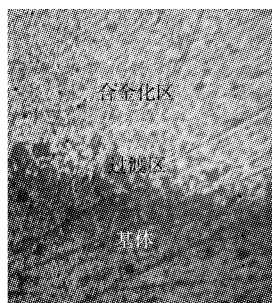


图1 激光合金化层全貌 600×

Figure 1 The whole microstructure of the alloy layer 600×

过渡区晶粒相比基体晶粒较为粗大。这是由于过渡区相当于进行了一次加热保温和冷却的热处理过程,其冷却速度比合金化层较慢,因而奥氏体晶粒有足够的时间长大,生成粗大的等轴晶粒。

激光合金化区与基体交界的过渡区非常明显,原因是尽管激光处理过程的时间极短,但激光处理层和基体之间已经发生扩散,合金化区向内的基体仍保持激光处理前的组织。从过渡区向基体,晶粒越来越细,最后达到基体组织。

2.2 金相组织缺陷分析

合金化区域的表层出现了凹陷,见图2。这是由于合金化过程是在基体熔化的状态下进行的,激光束能量分布不均匀,激光熔池中产生了温度梯度和重力梯度,尤其是由于温度梯度而形成的表面张力梯度引起了熔池的搅拌,激光束移动时,熔池前沿熔融金属沿着中心凹陷区向后流动,进行对流传质,造成液态金属的外溢现象,从而当熔池迅速凝固后留下了不平整表面。合金化表面不平整与基体材质也有很大关系。30CrMnSi 钢成分不均匀,合金化后易聚合成孔洞,也易造成表面层不平整^[1]。

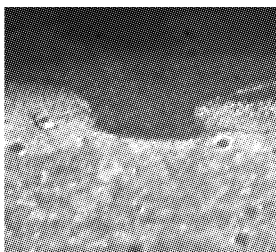


图2 微观凹陷

Figure 2 The micro-hollow

2.3 合金化层显微硬度

加载 500g,保荷 20s,测试基体硬度约为 320HV,镀铬后激

光合金化前,试样的硬度约为 350HV,表明镀铬后材料表面硬度有所提高。

同样情况下,测试激光合金化层及基体结合界面的显微硬度,并绘制硬度曲线,如图3所示(横轴上1~5分别对应合金化层的表面、合金化区、热影响区、过渡区和基体)。可以看出,合金化层硬度较之基体显著提高,而热影响区的硬度比合金化区和过渡区的硬度都低,基体的硬度值基本上没什么变化。

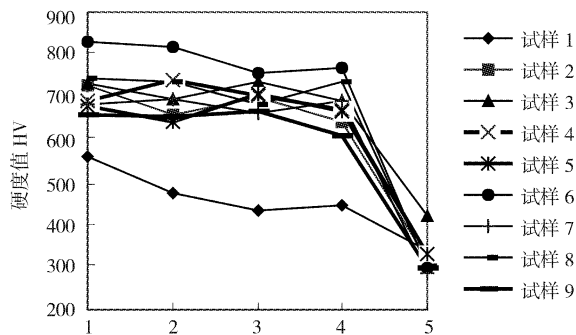


图3 合金化层的显微硬度

Figure 3 The micro-hardness of the alloy layer

原因是:随着合金化层深度的增加,显微硬度迅速下降,这是由于到了软的液固过渡区,这里的残余奥氏体为软的组织,硬度下降到最低值。再向深处,到达热影响区,由于激光合金化为急热急冷过程,碳在奥氏体中来不及均匀化,因而马氏体的含碳量较高,碳扩散不均匀又造成马氏体更细小。从硬度曲线可看出,从激光合金化层到基体的硬度落差超过 500HV,原因有 3 个:其一是高能量密度的激光光束与表面的瞬时作用造成极大的温度梯度;其二是激光光束移动后的快速冷却;其三是 Cr 与 C 形成稳定的碳化物,能有效地提高硬度。

在同一参数下,有个别硬度数值相差较大,可能是由于合金化层中有气孔或裂纹存在所致。

合金化层平均硬度为 730HV,明显高于基体硬度。其中,试样 6(激光器功率 500W,扫描速度 10mm/s,保护气体流量 10L/min)合金化层组织细小均匀致密,最高硬度达 829HV,约是基体硬度的 2.6 倍。

3 结 论

- 1) 合金化层分为 3 个区域:合金化区、过渡区和基体。
- 2) 合金化层组织细小致密均匀,平均硬度 730HV,明显高于基体硬度。
- 3) 激光功率 500W,扫描速度 10mm/s,保护气体流量 10L/min 时,合金化层晶粒细小致密,最高硬度达 829HV,约是基体硬度的 2.6 倍。

[参 考 文 献]

- [1] 张永康,周建忠,叶云霞. 激光加工技术[M]. 北京:化学工业出版社,2004. 227