

# 不同扫描速度下 A<sub>3</sub> 钢表面 B<sub>4</sub>C-TiN-Co 激光组织和性能的研究

李玉红 张思玉 郑克全  
(兰州大学现代物理系, 兰州, 730000)

**摘要:** 介绍了用高功率 CO<sub>2</sub> 激光束对 A<sub>3</sub> 钢表面进行激光熔敷处理。对不同扫描速度下合金层的显微组织、硬度、耐磨性进行了测试和分析。结果表明, 扫描速度对合金层的显微组织和性能影响特别显著。

**关键词:** 激光熔敷 显微组织 硬度

## B<sub>4</sub>C-TiN-Co surface microstructure and performance of A<sub>3</sub> steel by laser cladding at different scanning speed

*Li Yuhong, Zhang Siyu, Zheng Kequan*  
(Department of Physics, Lanzhou University, Lanzhou, 730000)

**Abstract:** In order to improve the surface performance of A<sub>3</sub> steel, we utilize a high power CO<sub>2</sub> laser beam to treat the B<sub>4</sub>C-TiN-Co clad surface. It is obvious that the laser beam scanning speed is an important factor effecting on the microstructure, hardness and the resistance to abrasion of the alloy surface. This paper introduces the experimental research procedure, and the experimental results. These are useful to select the beam scanning speed and other technical parameters.

**Key words:** laser cladding microstructure hardness

## 引 言

近年来, 人们以激光束作为热源对低质碳钢表面用高能激光制备硬质合金以改善其表面性能进行了大量的研究<sup>[1~3]</sup>。我们介绍采用激光熔敷的方法, 以 A<sub>3</sub> 钢作为基本材料, 表面涂敷 B<sub>4</sub>C-TiN-Co 混合粉末, 采用大功率 CO<sub>2</sub> 激光进行熔敷处理, 研究了激光束扫描速度对合金层的显微组织、硬度和耐磨性的影响。实验结果表明, 扫描速度对处理层显微组织、硬度分布和耐磨性的提高有很大影响。

### 1 实验装置及试验条件

用一台 HGL 横流电激励式 CO<sub>2</sub> 激光器, 用砷化镓透镜聚焦, 光斑直径为 3mm, 功率连续可调。在进行激光处理时, 输出功率固定在 2kW, 将样品放在工作台上, 光束固定不动, 工作台沿直线运动, 样品随工作台的移动而移动。功率密度由下式可计算出:

$$q = P(1 - r) / \pi R^2$$

取  $P = 2000\text{W}$ ,  $r = 0.3$ ,  $R = 0.3\text{cm}$ , 式中,  $r$  为光路总损耗,  $P$  为激光的输出功率,  $R$  为光斑半径, 计算得出的功率密度为:  $q = 1.5 \times 10^4 \text{W/cm}^2$ , 达到激光熔敷功率密度的要求。

用加工成 20mm×20mm×9mm 的 A<sub>3</sub> 钢作为基本材料,待用表面经打磨抛光,并用酒精清洗后待用。合金粉末是 TiN, B<sub>4</sub>C, Co 按重量百分比 40%, 40%, 20% 混合,其中 Co 为粘接金属,混合后研磨成粒度为 200 目左右,用有机粘接剂将混合粉末调成浆状并涂敷在经过清洁处理后的 A<sub>3</sub> 钢表面,涂敷层厚度约 0.2~0.3mm。用四块相同的样品进行实验,其中两块分别用 2mm/s, 4mm/s 的速度进行接行扫描,另两块用 6mm/s 的速度分别进行接行和搭接扫描。四块样品在扫描过程中均采用无时间间隔的往返扫描。在扫描过程中用 Ar 气保护。

## 2 结果分析

(1) 物相分析 在本实验选择的激光处理参数下,涂层粉末很快被加热到熔点以上的温度,由于范围极小的局部高温熔融区与冷的可视为无限大的 A<sub>3</sub> 钢基体之间存在很大温差,造成极大的过冷度和极高的凝固速度,从而使偏离共晶成分的涂层合金在极大的过冷作用下,进入共晶温度以下的协生长区进行结晶。图 1 所示是扫描速度为 6mm/s 时的 X-ray 衍射图。结果表明,合金化层除所添加的 TiN, B<sub>4</sub>C 外,还有 Fe<sub>3</sub>BO<sub>6</sub>, CoTi<sub>2</sub>, B<sub>25</sub>C, Co<sub>11</sub>B<sub>2</sub>C, FeB 等。这是由于在激光熔覆过程中基体材料极薄一层微熔,使得熔化了涂层材料与微熔基体在由温度梯度引起的表面张力以及重力作用下可能形成三维对流,通过对流扩散、混合并相互作用形成一些新相。

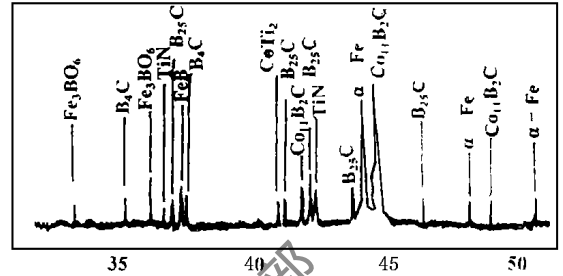


Fig. 1 X-ray diffraction diagram

(2) 显微组织分析 激光处理过后的样品经研磨和腐蚀处理后,用 S-450 型扫描电镜观察了显微组织。处理后的样品从表至里呈现出三个不同区域:熔敷区、热影响区和基体区。下面分别对三个区域加以讨论。

基体区:基体为 A<sub>3</sub> 钢,其显微组织是由铁素体和珠光体组成,如图 2a 所示。在处理过程中,它起着传导和吸收表面热量作用,升温不高,所以,处理后的显微组织仍是原始组织。



Fig. 2 Photos of microstructure

a—microstructure of A<sub>3</sub> steel substrate(xlk) b—microstructure of the heat affected zone at scanning speed of 2mm/s(xlk) c—microstructure of the heat affected zone at scanning speed of 4mm/s(xlk) d—microstructure at scanning speed 4mm/s(xlk) e—microstructure at scanning speed 6mm/s(xlk)

热影响区:热影响区介于基体和熔敷区之间,这个区域受激光辐射影响较大,在各种扫描速度下,温度均能上升到奥氏体转化温度;当移去激光束后,此区急剧冷却,部分奥氏体转变成马氏体组织。由于扫描速度不同,表面受激光束辐射的时间和冷却速度不同,奥氏体转变成马氏体的分数不同,马氏体晶粒的大小也不相同。图 2b, 图 2c 分别是扫描速度为 2mm/s, 6mm/s (接行扫描) 时,热影响区的显微组织照片。当扫描速度较小,为 2mm/s 时,奥氏体转变

成马氏体的分数小, 马氏体的晶粒也较小, 呈细针状。

熔敷区: 熔敷区在试样的最表区域, 在相同的涂层厚度和激光功率的条件下, 改变扫描速度, 观察在不同速度下其显微组织, 发现不同扫描速度其显微组织结构也不同, 图 2d 是扫描速度为 4mm/s 时的显微组织, 呈现胞状晶, 晶胞较粗大, 晶体排列较松散。图 2e 是扫描速度为 6mm/s (接行扫描) 时的显微组织, 晶粒较小, 晶粒排列较密。由于扫描速度小时, 激光束在表面停留时间长, 表面吸收热量多, 在相同的传热条件下, 冷却速度较慢, 晶粒生长时间长, 因而, 晶粒较粗大。反之, 扫描速度快时, 晶粒较细。

(3) 扫描速度对硬度分布的影响 用 71 型显微硬度计测量了两种不同扫描速度下样品的硬度分布曲线(如图 3 所示)。a 是扫描速度为 2mm/s 的硬度分布曲线, b 是扫描速度为 6mm/s (接行扫描) 的分布曲线。从两条曲线对比可知, 扫描速度快时, 合金层的硬度大, 而热影响区的硬度较低。扫描速度变慢时, 合金层的硬度变小, 而热影响区的硬度较高。这种现象符合激光熔敷处理、基体传热和熔化后冷却结晶的规律。

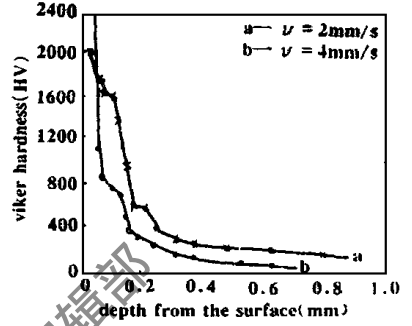


Fig. 3 The microstructure hardness profile of laser alloyed layer

(4) 耐磨性能的测定 图 4 中曲线 c 是基体耐磨曲

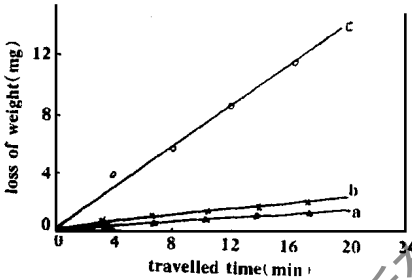


Fig. 4 Abrasion comparison test a—the laser alloyed layer b—the laser alloyed layer by repeated scanning c—the A3 steel substrate

线, 曲线 a 是未搭接扫描, 速度为 6mm/s 的耐磨曲线, 曲线 b 是搭接 30%, 扫描速度为 6mm/s 的耐磨曲线。三条曲线都是在 DM F-1 型磨损机上测定的。由三条曲线对比看出, 经激光熔敷后的试样比基体材料的耐磨性有很大的提高。其原因有两点: 一是由于合金层是由细小、均匀分布的胞状晶组成; 二是由于在合金层形成了多种硬质化合物, 这些化合物具有硬度高、耐磨性好的特点。由曲线 a, b 对比分析可知, 经搭接扫描过的合金层的耐磨性能比未搭接扫描过的合金层的耐磨性能略差一些, 这可能是因为在多道

搭接扫描时, 不可避免地会在搭接区出现组织差异, 使得重叠对组织均匀性有一定的影响; 由于热的二次作用, 使得在扫描带间的搭接处有一回火软化区出现, 这将引起表面性能的不均匀, 从而使材料表面的总体耐磨性有所下降。

参 考 文 献

- 1 张思玉, 郑克全. 光学学报, 1991; 11(9):858~ 861
- 2 欧阳家虎, 裴宇韬, 雷廷权 et al. 中国激光, 1995; 22(2): 144~ 149
- 3 Pei Y T, Ouyang J H, Lei T C et al. A Collection of Technical Papers, 1994; 10(12~ 15): 215~ 222

作者简介: 李玉红, 女, 1972 年 1 月出生。硕士, 助教。从事激光技术及其应用方面的研究。

收稿日期: 1998-03-09 收到修改稿日期: 1998-05-15