

# 铁路车辆零部件——转向架磨耗板的激光强化

阴士健

(铁道部科学研究院, 北京 100081)

唐西南 周昌焜

(清华大学材料科学与工程系, 北京 100084)

**摘要** 利用激光处理的强化磨耗板, 表面硬度可达 HRC65 以上, 硬化深度为 0.7 mm, 耐磨性提高了三倍, 成品率达 100%。扫描电镜结果表明, 硬化层为超细化马氏体, 与基体之间有良好的组织结构的过渡层, 说明激光强化处理是提高车辆磨耗板使用寿命的有效途径。

**关键词** 车辆, 转向架, 磨耗板, 激光强化

## 1 引言

车辆转向架磨耗板是铁路车辆运行中的易磨损件, 用量很大。其所用材料是 45# 钢, 形状为  $90 \times 135 \times 10 \sim 12$  (mm) 的矩形板块, 常规热处理是整体淬火后校平和修整, 存在以下问题: (1) 表面氧化; (2) 淬火时由于热应力的作用容易出现变形和裂纹; (3) 整体淬火后的磨耗板既硬又脆, 校平时很容易发生脆裂而报废; (4) 在使用过程中由于压力或冲击的作用也很容易发生破裂。因此磨耗板的废品率高达 30% 以上, 若按每年生产量 30~40 万块计, 废品可达 10~12 万块, 价值数百万元, 而由于更换磨耗板的误工损失则难以计算, 严重威胁到行车安全。

激光强化处理是近年新兴的材料表面处理技术, 具有常规热处理无法比拟的优点: (1) 处理后的硬化层具有足够的厚度, 可满足工程需要; (2) 处理后的硬度可提高至 HRC65 以上, 有利于耐磨性的提高; (3) 对零件整体的热影响和变形小; (4) 工艺简单, 容易实现自动化和批量生产, 成品率几乎可达 100%。因此对形状规则的磨耗板而言, 采用激光相变硬化处理是比较合适的。

本文通过对磨耗板的失效分析, 对磨耗板进行激光相变硬化处理工艺实验, 并对处理后的磨耗板进行组织结构、性能分析和磨损实验, 探索利用激光强化处理提高磨耗板的成品率及增加抗磨损寿命的新途径。

## 2 实验

2.1 材料为 45# 钢,  $90 \times 135 \times 11$  (mm) 的车辆磨耗板。

2.2 实验装置见图 1 所示。采用横向电激励连续 CO<sub>2</sub> 激光器, 加工系统为四维数控导光机

床。

### 2.3 吸光涂料

由于大多数金属表面对  $\text{CO}_2$  激光有很高的反射率,因此在激光相变处理前必须在金属表面涂以吸光涂料。性能良好的吸光涂料可吸收 95% 以上的激光功率,本实验采用氧化物和石墨作为吸光涂料。

### 2.4 激光工艺参数的确定

合理选取激光强化处理的工艺参数可以得到最佳的硬化深度、最高的硬化效果以及使处理变形量降为最小,其包括激光的输出功率、光斑尺寸和扫描速度,经过实验和分析,确定磨耗板激光相变硬化处理的工艺参数。

### 2.5 组织结构、硬度分析和磨损实验。

## 3 实验结果及讨论

### 3.1 硬度分布及微观结构

在表面不发生熔化的情况下,磨耗板表面经激光相变硬化处理后的表面硬度可达 Hv900 (HRC66)左右,硬化深度达 0.6~0.7 mm,完全可以满足工程应用的需要。其金相组织为超细化隐晶马氏体,有利于提高磨耗板的耐磨性。

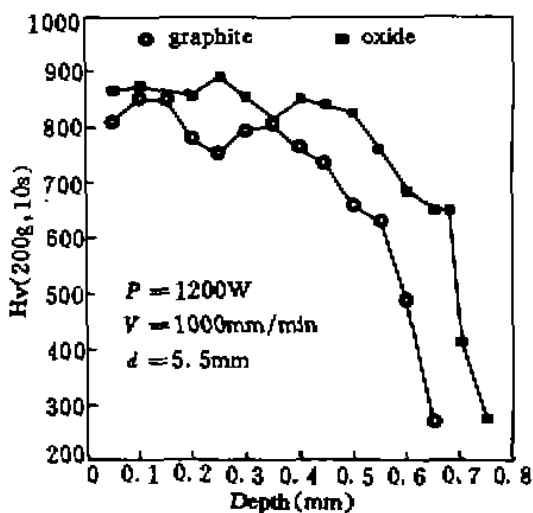


图 2 不同吸光涂料的硬度曲线

Fig. 2 Hardness curves for different kinds of light-absorbing coatings

### 3.2 磨损实验

为了验证磨耗板经激光强化处理后在提高硬度的同时也提高了耐磨性,按照磨耗板现场实际应用情况进行了样品对应组的磨损实验。

实验条件为:实验材料 45# 钢;样品尺寸  $10 \times 20 \times 10$  (mm);实验环境:无介质干磨状态;试验设备:Amsler 磨损实验机;试验时间:10 min, 15 min。

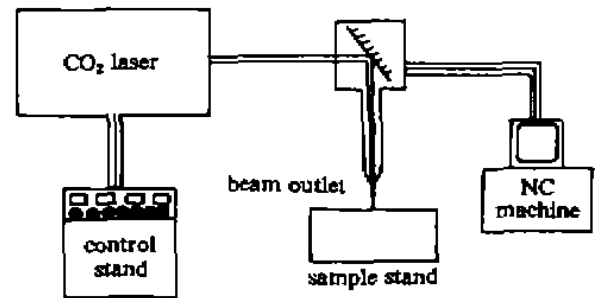


图 1  $\text{CO}_2$  激光器及 NC 光束导向系统

Fig. 1  $\text{CO}_2$  laser and NC beam-guiding system

由图 2 可见,在相同激光工艺参数条件下,两种不同的吸光涂料所获得的硬化深度和硬度有一定的区别,其中氧化物涂料的性能比石墨涂料的性能好。

图 3 为激光处理区的扫描电镜照片。图 3(a) 为激光处理全貌,硬化区呈月牙形。图 3(b) 为硬化区的表层,是放大的针状马氏体。图 3(c) 为硬化区和基体的过渡区域,靠近硬化区为细晶马氏体,靠近晶体为隐晶马氏体和岛状铁素体。图 3(d) 为基体组织,由铁素体和珠光体组成。从这些照片可见,处理区的组织特征和硬化曲线的变化趋势是对应的,即磨耗板整体具有很好的韧性,不易脆裂,而表面具有足够厚的高硬化层,可以提高耐磨性。

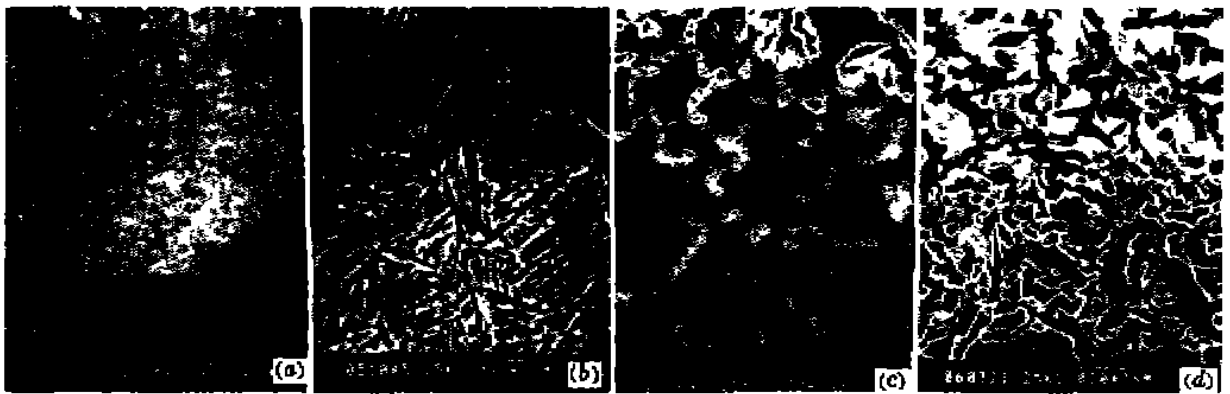


图 3 激光处理区的金相结构扫描电镜照片

(a) 处理区全貌(19×); (b) 硬化区(1500×); (c) 过渡区(500×); (d) 基体(500×)

Fig. 3 Metallographic structure of the laser treated zone under SEM

(a) a full view of the treated zone (19×); (b) hardened zone (1500×);

(c) transition zone (500×); (d) matrix (500×)

磨损实验结果见表 1。

表 1 磨损实验结果

Table 1 Result of the wear test

condition	time (min)	amount of wear (g)	average amount of wear (g)	relative wear
without laser treatment	10	0.02575	0.02507	2.89
		0.03565		
		0.01380		
	15	0.02600	0.03108	2.99
		0.05105		
		0.01620		
laser treatment	10	0.00640	0.00867	1.00
		0.01370		
		0.00590		
	15	0.00780	0.01040	1.00
		0.01650		
		0.00690		

磨损实验分析如下:

(1) 从表 1 的数据可以看出, 经过激光强化处理后, 其耐磨性是未经处理的三倍;

(2) 从实验过程中观察到, 经过激光处理的摩擦副在较短时间内即进入磨合阶段, 而未经激光处理的摩擦副则磨合时间较长;

(3) 这次摩擦实验采用无润滑介质的干摩擦条件, 较好地反映了现场具体的实际条件, 使实验结果更加符合实际情况。

## 4 结 论

4.1 激光强化处理后的车辆磨耗板可直接使用, 无需进行再加工, 成品率几乎为 100%。

4.2 45# 钢的车辆转向架磨耗板经激光相变硬化处理后,表面硬度可提高到 HRC65 以上,硬化层深度可达 0.7 mm。磨损实验证明,激光处理后样品的耐磨性是未经激光处理的三倍。扫描电镜分析说明,激光处理后材料的微观结构变化与提高硬度及增加耐磨性是一致的。

4.3 激光强化磨耗板工艺简单,容易实现自动化生产,且成本低廉,因此可在车辆厂试验及推广应用。

### 参 考 文 献

- 1 铁道部科学院金化所. 激光热处理. 北京: 国防出版社, 1978.11
- 2 M. J. Beesley. Laser and their application, Tyloy and Francis LTD. 1971
- 3 朱企业, 刘永楨, 周昌炽 等编著. 激光精密加工. 北京: 机械工业出版社, 1990.7

## Laser Strengthening of Railway Car Parts-Bogie Plates

Yin Shijian

(China Academy of Railway Sciences, Beijing 100081)

Tang Xinan Zhou Changchi

(Department of Materials Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084)

**Abstract** As the development of railway technologies is oriented to high speed and heavy haul, it is required to upgrade the performance of car parts as well as their manufacturing process. This paper tries to explain through wear plate as an illustrative example that laser strengthening is among the essential substitutes for traditional production process.

**Key words** car, bogie, wear plate, laser strengthening

## 更 正

本刊 1996 年第 23 卷第 12 期《作者索引》中,第 1149 页右栏第 24 行应为 Peng Kunchi (彭堃墀),第 1151 页中栏倒数第 6 行应为 Yao Pei(姚 珮),第 1152 页中栏倒数最后一行应为 Zhong Yuan(钟 媛),特此更正,并向有关作者和读者致歉。

编辑部