

激光扫描速度对Ti-C合金层组织和性能的影响

郑克全 张思玉 梁冰青 姚正科

(兰州大学物理系, 兰州)

摘要: 本文介绍了在20#钢表面进行不同激光扫描速度的Ti-C合金化处理, 并对合金层的显微组织结构、相形貌、硬度和耐磨性进行了测试和分析, 结果表明合金层的硬度和耐磨性有很大提高, 同时激光扫描速度对Ti-C合金层组织也有很大的影响。

The effect of the laser scanning speed on microstructure and property of Ti-C alloy laser

Zheng Kequan, Zhang Siyu, Liang Bingqing, Yao Zhengke

(Department of Physics, Lanzhou University)

Abstract: The article presents our experimental procedure which a Ti-C alloy layer is formed in 20# steel surface with a laser scanning at the variable scanning speed. The characteristics of the alloy layer, for example microstructure, phase morphology, hardness and resistance to abrasion, are examined and analyzed. The results show that the microhardness and resistance to abrasion of the alloy layer are remarkably improved, the laser scanning speed greatly influences the microstructure and its features.

一、引言

近年来, 采用大功率激光束作为热源对材料表面进行合金化处理, 已成为激光技术在材料改性方面一个重要应用领域^[1,2]。

用高功率激光束辐照涂敷有添加合金元素的金属表面, 使添加元素和基体表面薄层同时达到熔化状态。多种合金元素同处于熔池中, 在极短的时间内, 相互扩散并达到均匀分布。在化学亲和力的作用下, 元素之间相互结合成多种硬质化合物, 冷却凝固后, 表面形成具有

作者简介: 郑顺旋, 男, 1937年9月出生。副教授, 光学教研室主任。现从事光纤传感技术研究。

郭斯淦, 男, 1944年5月出生。讲师, 物理系副主任。现从事光纤传感技术研究。

收稿日期: 1990年11月1日。 收到修改稿日期: 1991年6月28日。

高性能的合金层^[3,4]。这是目前人们利用高功率激光束来改变金属材料表面性能的极为活跃而又有实际应用的课题之一。

二、实验条件和 方法

本实验采用HGL型横流电激励CO₂激光器，其输出功率在500W~2000W连续可调，光斑直径为4mm，在氮气保护下，用2.2mm/s~25mm/s的激光束扫描速度对试样进行合金化处理。

用20*钢为基体材料，加工成20mm×20mm×7mm的块状，经清洁处理后，Ti粉和C粉按4:1重量比混合，研磨成300目左右的微粒，用有机粘合剂调成粉浆，均匀涂敷在基体材料的表面上。涂层厚度约为0.2mm左右。

三、实验结果及分析

1. 合金层的物相分析

采用XD-3A型X射线衍射仪对合金层作了X射线衍射物相的分析。激光辐照使涂敷合金元素和基体表面薄层都达到熔化状态，大量Ti、C与基体原子同处于熔池中。由于表面温度梯度引起的表面张力，激光束与金属表面附近蒸汽的相互作用形成等离子体以及重力作用等效应，在短时间内使各种元素在熔池中互相扩散、互相混合。激光束撤离后，表面处于急冷状态，添加的Ti、C原子与基体元素形成TiC、FeC和Fe₃C等多种物相，如图1所示。

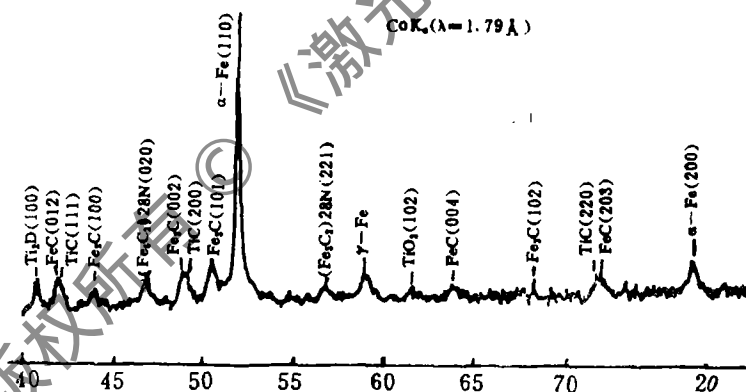


图1 激光Ti-C合金层X射线衍射图谱

2. 扫描速度对合金层显微组织的影响

将用激光束处理后的样品沿横截面切开，进行抛光处理，在4% HNO₃和酒精液中腐蚀，用S-450型扫描电镜拍摄不同扫描速度下合金层的显微组织。处理后的样品其显微组织由表向里呈现出三个不同的区域，表面为合金区，以下为热影响区和基体。

图2a、b示出激光束扫描速度分别为4.0mm/s和6.7mm/s时合金层的显微组织。扫描速度不同，其显微组织相差甚大。当扫描速度慢时，各种物相的晶粒度较粗大，而且均匀分布，如图2a所示；当扫描速度快时，化合物晶粒度较细小，而且分布较均匀，如图2b所示。其原因是，激光束扫描速度快时，激光束辐照在样品表面的时间短，表层吸收的激光能量较少，在基体同样的传热条件下，表层冷却速度快，样品表面薄层大量的晶核来不及进一

步长大就凝固成为固态，所以，其显微组织结构呈现出细小而较均匀的状态。当扫描速度慢时，激光束在表面停留时间长，吸热较多，需要较长时间才能凝固，晶核有充裕时间长大，显微组织呈现粗大而均匀分布。

在合金层的下面为热影响区。这个区域介于表层和基体之间，它受到激光束的热能影响甚大，一般说来它的温度可以上升到奥氏体化温度以上。当冷却时，部分奥氏体转变成马氏体组织。在整个热影响区，其显微组织由马氏体和残留的奥氏体组成，其显微组织照片呈现出针状马氏体，如图3所示。

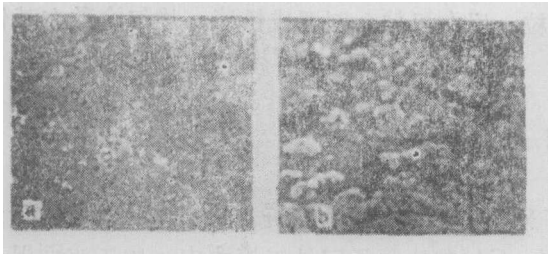


图2 不同扫描速度合金层的显微组织照片
a—扫描速度4.0mm/s ($\times 1000$)
b—扫描速度6.7mm/s ($\times 1000$)

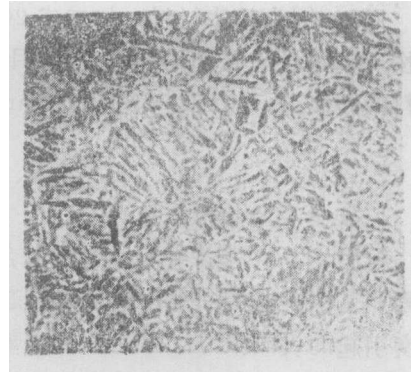


图3 热影响区显微组织 ($\times 1000$)

3. 激光处理后样品的显微硬度与扫描速度的关系

采用71型显微硬度计测定样品在不同扫描速度下的硬度分布曲线如图4所示。图4中三条曲线的扫描速度分别为8.3mm/s、6.7mm/s和4.0mm/s。三条曲线的共同特点是都有合金区、热影响区和基体等三个台阶。合金区和热影响区的硬度与扫描速度有密切关系，而基体的硬度不随扫描速度变化。

合金层的表面硬度与激光束扫描速度的变化关系如图5所示。这是根据不同扫描速度下，合金层硬度最大平均值画出的曲线。这曲线说明了在相同激光处理条件下，扫描速度对硬度有很大的影响。在本实验中，当扫描速度在8.3mm/s时，合金层表面具有最大硬度，扫描速度在最佳扫描速度左右变化，合金层的硬度值在800HV \sim 1760HV之间变化，其主要原因在于

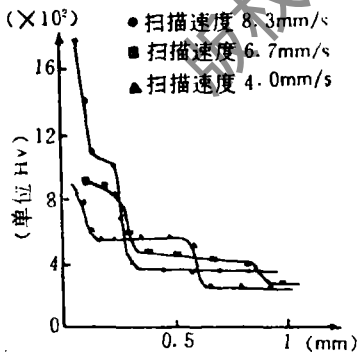


图4 硬度分布曲线

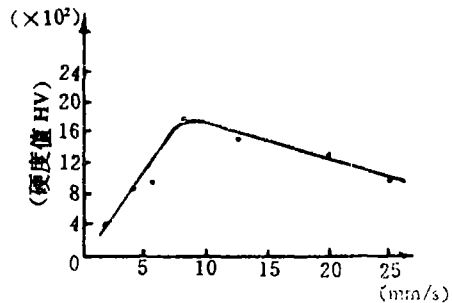


图5 合金层硬度值与扫描速度的关系曲线

本实验是以碳钢作基体，在基体的表面上涂敷有多种硬质合金元素，在激光束的辐照下，试样表层吸收适当的激光热能，使表面的合金元素和基体薄层同时处于熔化状态。这时，合金

元素和基体元素同处于熔池中，在表面张力和重力作用下，熔化了的元素相互扩散和相互混合，极短时间内就能达到均匀混合的目的。混合后的元素在它们之间的化学亲和力的作用下，相互结合成多种硬质化合物，经冷却凝固后在表面形成硬质合金层。这是利用激光合金化改变金属材料表面性能的最终目的。在其它相同的条件下（如涂层厚度、合金元素和基体等），当激光束扫描速度慢时，表面吸收的热能就多，使基体熔化厚度深，合金元素在熔池中扩散时间长，走过路程大，混合后的合金化元素相对浓度低，经凝固后合金层中含有的硬质碳化物少，这就使得合金层的硬度和耐磨性能变差。当激光束扫描速度快时，这时，合金层中含有大量的TiC硬质化合物，而且冷却速度变快，凝固后合金层的晶粒度细小，硬度和耐磨性能得到较大的提高。

4. 耐磨性能的测定

采用一台DMF-1型磨损机对样品和基体的耐磨性进行了对比测试，将处理样品和基体加工成相同的形状和尺寸，用金刚砂作磨料，其负载为1.5kg的条件下，每走完300m的路程后，用十万分之一的天平测量磨损失重量，实验结果如图6所示。实验采用扫描速度为4.0 mm/s和6.7mm/s两块样品和基体进行了对比磨损实验。实验结果表明两种试样的耐磨性都比基体有所提高。扫描速度为6.7mm/s的试样的耐磨性比4.0mm/s耐磨性好，这同前面讨论的合金层的显微组织和硬度与扫描速度的关系的讨论是一致的。

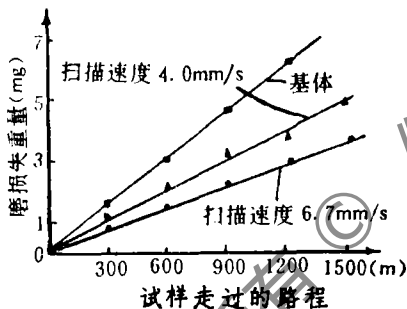


图6 合金层磨损对比曲线

3. 在低质钢料表面涂敷高硬质合金元素，进行激光合金化改善金属材料表面性能的方法是可行的。

四、讨 论

1. 激光TiC表面合金化处理，在合金层中含有大量的TiC硬质化合物。当扫描速度在最佳值附近加快时，晶粒度细小，合金层的硬度和耐磨性变好；扫描速度慢时，晶粒粗大，合金层的硬度和耐磨性变差。本实验最佳扫描速度为8.3mm/s，这时，硬度值达1764HV。

2. 扫描速度快时，热影响区较薄，相反，热影响区变得较厚。

参 考 文 献

- [1] 张思玉, 郑克全. 中国激光, 1990; 17 (1): 56~60
- [2] 郑克全, 张思玉. 中国激光, 1988; 15 (9): 568~570
- [3] Tucker T R, Clauer A H, Wright I G *et al.* Thin solid films, 1984; 118 (1): 73~84
- [4] Ayers J D, Tucker T R. Thin solid films, 1980; 73: 201~207

收稿日期: 1990年7月16日。 收到修改稿日期: 1991年3月9日。