

# 碳钢表面激光熔覆 WC-TiC-SiC-Co 的研究

张思玉 王必本 郑克全

(兰州大学物理系, 兰州, 730001)

**摘要:** 本文介绍了在 20 钢表面利用大功率 CO<sub>2</sub> 激光束熔覆 WC-TiC-SiC-Co 的研究, 对熔覆层进行了物相分析, 用扫描电镜观察并分析了处理后样品的显微组织, 对熔覆层的硬度分布和耐磨性能进行了测试, 同时对熔覆层形成的机理作了初步的讨论, 结果表明: 利用大功率激光束可在低质钢材表面熔覆 WC-TiC-SiC-Co, 它是提高金属材料表面性能的优异方法。

**关键词:** 难熔硬质合金 显微组织 显微硬度 耐磨性能

## Study of laser smelting-cladding WC-TiC-SiC-Co on carbon steel surface

Zhang Siyu, Wang Biben, Zheng Kequan

(Department of Physics, Lanzhou University)

**Abstract:** This paper presents the experimental research of smelting-cladding WC-TiC-SiC-Co on 20# steel surface by using a high power CO<sub>2</sub> laser. The physic phases analysis of the treated cladding layer are made. A scanning electronic microscope is used to observe the microstructure at the different scanning speed, and the hardness and anti-abrasion are tested. The formation mechanism of the laser smelting-cladding layer is discussed. The experimental results indicate that the WC-TiC-SiC-Co cladding layer on low carbon steel surface greatly improves the mechanical performance of the steel surface.

**Key words:** infusible carbide microstructure microhardness anti-abrasion property

### 一、引 言

众所周知, 大功率激光束对金属材料表面强化提供了有力的工具, 随着激光器件的发展, 激光束应用于金属表面相变硬化, 合金化, 激光上釉, 冲击硬化和激光熔覆等<sup>[1~4]</sup>, 这些研究都取得了很大的成果, 有些已为国内外实际生产所应用, 激光熔覆国内外已作了大量的研究, 主要是在金属表面熔覆钴基, 镍基和铁基合金, 也有熔覆陶瓷材料的报导, 近年来我们对于几种硬质碳化物如 WC, TiC, TiN, SiC, B<sub>4</sub>C<sup>[5]</sup>等两种或两种以上和粘结金属钴元素组成的硬质合金

进行的激光熔覆处理探索性研究,这种合金通常具有硬度高,耐磨性能好,红硬性好,化学热稳定性高,抗压强度高和低膨胀系数等优异特性,具有以上特性的金属材料应用前景是非常广泛的。目前国内外利用大功率激光束在金属材料表面熔覆硬质合金尚未见到报导,本文介绍我们在碳钢表面激光熔覆 WC-TiC-SiC-Co 的研究工作,实验结果表明,激光熔覆层的化学成分和显微组织与基体相比发生了根本性地转变,而硬度和耐磨性能都得到了大幅度提高,这种方法对提高金属材料表面性能是非常有效而成功的。

## 二、实验条件及方法

本实验采用的是常用普通 20 钢作基体材料,加工成  $20\text{mm} \times 20\text{mm} \times 8\text{mm}$  的金属块,将加工后金属块表面研磨,去油,清洁处理后待用。

激光熔覆材料为 WC, TiC, SiC 及 Co 的粉末,按重量的百分比为 30% WC, 25% TiC, 25% SiC 和 20% Co 的比例混合后并研磨成 200 目左右的细小颗粒,用有机粘结剂调制成粉浆,涂敷在基体的表面上,厚度约 0.2~0.3mm 范围内。

激光熔覆处理采用了一台 HGL-1 横流电激励  $\text{CO}_2$  激光器,激光束输出功率固定在 2kW,扫描速度可在 4~14mm/s,任意调节,光斑为圆形,直径为 4mm,搭接间距为 1mm,以  $\text{N}_2$  作保护气体。

## 三、实验结果和讨论

### 1. 物相分析

为了弄清楚熔覆层的化学成分,用一台 D/MAX-RB 自动 X 射线衍射仪对熔覆层进行了物相分析,图 1 为 X 射线衍射图谱,从图谱中可以看出:熔覆层中除了原添加的 WC, TiC, SiC 物相外,还有  $\text{Fe}_6\text{W}_6\text{C}$ ,  $\text{CoW}_6\text{C}$ ,  $\text{Fe}_8\text{W}_2\text{C}$  等新的物相产生,但没有单独的钴的物相出现,其原因是(1)由于钴元素熔点较低,在混合涂层钴元素最先达到熔化程度,又由于钴具有较好湿润性,在熔池中最容易与其他物相结合生成与钴化合的新的物相,(2)新的物相的生成是由于表面涂敷的硬质碳化物在激光束辐照下,使粉末和薄层基体都达到熔化程度,熔池中溶液在重力、温度梯度引起的表面张力作用下,各种元素相互混合,相互扩散使熔池中的各种元素很快达到均匀混合的效果,移去激光束在冷却过程中,各种元素在亲和力作用下生成多种物相,这些硬质物相的生成对表面强化起着极其重要的作用。

### 2. 显微组织的分析

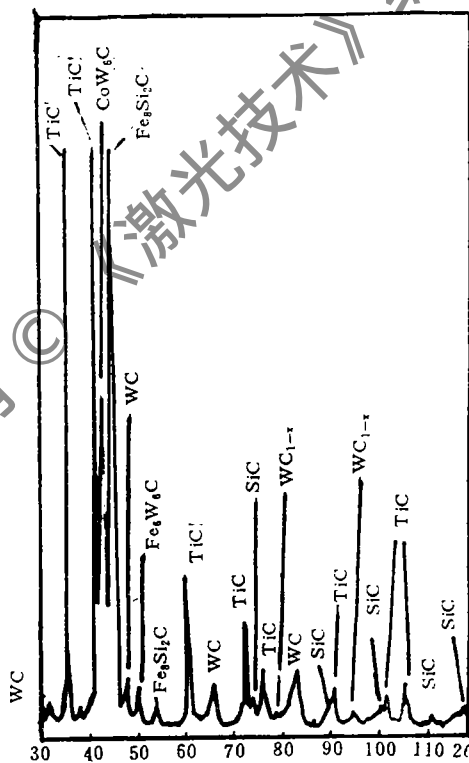


Fig. 1 X-ray diffraction diagram

将激光熔覆处理后的样品切开,经研磨,清洗,腐蚀等处理后,用一台 S-450 型扫描电镜观察了不同扫描速度处理后样品的显微组织,发现与一般熔覆层的组织分布相类似,沿截面深度分为熔覆区、热影响区和基体区三个区域。对各区域拍摄的显微组织照片如图 2a,b,c,d 所示。

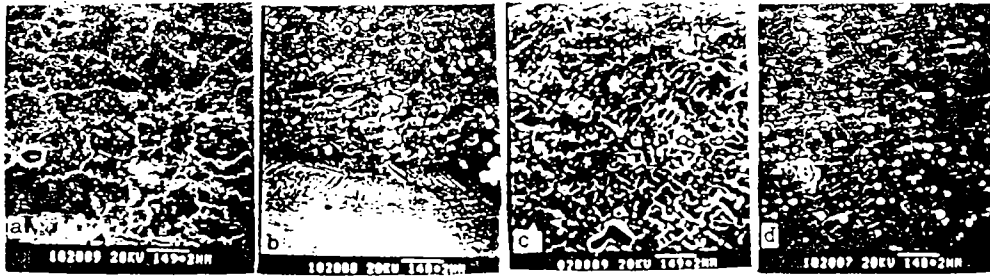


Fig. 2 The microstructure photos of 20# steel surface and cladding layer

a—microstructure of 20# steel surface b—microstructure of bonding zone between cladding layer and substrate c—microstructure of cladding layer at 6mm/s scanning speed d—microstructure of cladding layer at 10mm/s scanning speed

图 2a 是基体组织照片,由于基体距表面较远,受热源的影响较小,在激光束辐照过程中,它仅起着传导热量的作用,本身温度变化不大,仍保持基体 20 钢的铁素体+珠光体的显微组织。

图 2b 是熔覆层与基相结合显微组织照片,从照片上可以看出,熔覆层与基体之间有一条结合区,这是由于熔覆材料在激光束辐照下,熔覆材料和薄层基体同时达到熔覆程度,在冷却过程中熔覆层和基体之间相互混合形成的结合带,基体凝固时形成笋状晶伸向熔覆层,这种结合非常牢固属于冶金结合。

图 2c,d 分别是扫描速度为 6mm/s 和 10mm/s 时熔覆层的显微组织照片,从照片中可以看出两种组织都出现胞状晶组织,图 2c 的胞状晶粒较粗大,d 的晶粒较细小,其原因是图 2c 扫描速度小激光束辐照在表面停留时间长,而表面吸的热量较多,在同样传热条件,冷却时间长,晶粒长大时间长晶粒就粗大,显然扫描速度快,晶粒较小。

### 3. 显微硬度分析

用一台 71 型显微硬度计对样品进行了硬度分布的测试,结果如图 3 所示。从图上可看出,样品表层的硬度很高,高达 1048HV,其原因是(1)停止辐射后表面冷却速度较大,结晶核未进一步长大之前,已冷却成固态,因而表面晶粒细化程度较高对高硬度作出了一定的贡献。(2)表面从物相来看它含有大量的硬质物相。如 WC, TiC, SiC 以及  $CoW_6C$  等硬质物相,这些化合物本身硬度就高,因而表层高硬度是无疑的。从图 3 还可以看到,从表层到基体,硬度发生梯度较大的变化,是由于在表面下面是热影响区,热影区基本上不含硬质化合物,而是由奥氏体化后由温度下降时,部分奥氏体转变成马氏体,而使硬度值有所增大,但又比表层硬度低。下面为基体区其硬度值较小。

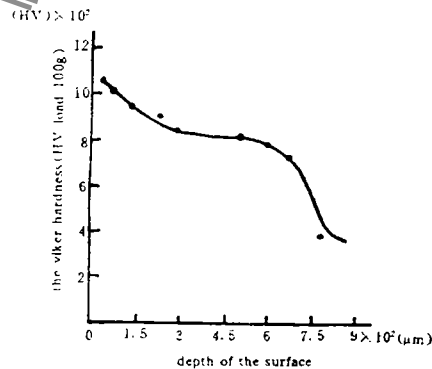


Fig. 3 The curve of the microhardness distribution

## 4. 耐磨性能的测定

用一台 DMF-1 型磨损实验机,对 20 钢和熔覆样品进行了耐磨性能的对比测试,其测试条件为:负载 1kg,磨料 400 目的金刚砂,每走 200m 的路程后,用十万分之一克精密天平测量了样品磨损损失重量,测量结果如图 4 所示,从图 4 可以看出,熔覆层的耐磨性能较基体有很大的提高,这是由于熔覆层内含有大量的硬质物相,再一点是激光加热熔覆处加热时间快,而冷却速度也快,而熔覆层结晶时晶粒细化所致。

## 四、结 论

1. 利用大功率  $\text{CO}_2$  激光束可以使低质碳钢表面熔覆高硬质碳化物,使表面成为高性能,优质复合金属层。

2. 这种方法具有工艺简单,消耗能量和硬质碳化物少,易实现自动化大规模生产,对生产实际有广泛应用前景。

## 参 考 文 献

- 1 Gnanamuthu D S. Opt Engng, 1980,19(5):782~791
- 2 张思玉,郑克全. 中国激光,1986,13(7):434~437
- 3 Steen W M. Metals Technology, 1980,7(6):485~489
- 4 关振中. 激光表面熔覆的现状及应用展望,全国激光涂层科学与技术研讨会文集. 沈阳:1991:5~23
- 5 株洲硬质合金厂著. 硬质合金的生产. 北京:冶金工业出版社,1974:50~170

作者简介:请参阅本刊 1988 年第 12 卷,第 2 期,第 18 页。

收稿日期:1993-05-07

请向邮局订阅 1994 年度激光技术

国内刊号:CN51-1125/TN,邮发代号:62-74

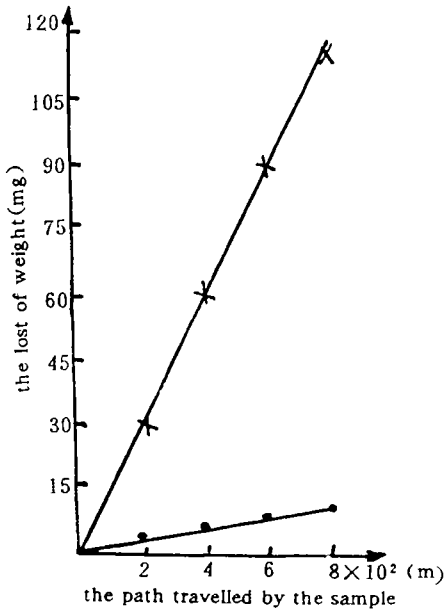


Fig. 4 Abrasion comparison test

(1)The 20# steel substrate; (2)The cladding layer