

# 激光熔覆硬质合金 WC-TiN-Co 特性的研究

郑立

(兰州大学力学系,兰州,730001)

张思玉 郑克全

(兰州大学物理系,兰州,730001)

**摘要:** 本文介绍大功率 CO<sub>2</sub> 激光束在 45 钢表面涂敷 WC-TiN-Co,进行了激光熔覆处理,对处理后样品的显微组织、物相、硬度分布和耐磨性能进行了测试和分析,结果表明:45 钢表面的化学成分和显微组织发生了根本性的变化,硬度和耐磨性得到了很大提高。

**关键词:** 大功率 CO<sub>2</sub> 激光器 激光熔覆 WC-TiN-Co

## Study of laser smelting WC-TiN-Co hard clad alloy

Zheng Li

(Department of Mechanics, Lanzhou University)

Zhang Siyu, Zheng Kequan

(Department of Physics, Lanzhou University)

**Abstract:** In this paper, the experimental study of laser smelting WC-TiN-Co alloy cladded on the 45 # steel surface by using a high power CO<sub>2</sub> laser is presented. The surface features, such as phase structure, phase morphology, hardness, antiabrativeness, are analyzed. The experimental results show that there are the cardinal changes of the chemical composition and the microstructure of treated 45 # steel surface, and the hardness and antiabrativeness of the surface are greatly improved.

**Key words:** high power CO<sub>2</sub> laser laser clothe WC-TiN-Co

## 一、引言

大功率激光束应用于金属材料表面强化近几年发展特别快,如激光相变硬化,激光合金化,激光熔覆,激光非晶化等都取得了很大的进展<sup>[1~4]</sup>,但是目前激光束应用于研制高硬质合金的研究报导较少,这些合金从化学性质和物理性质来看都是特优的复合金属材料,其应用前

途非常广泛。我们采用常用的碳钢作基体,在其表面涂敷 WC-TiN-Co,用大功率 CO<sub>2</sub> 激光束对涂敷层进行了激光熔覆处理,结果表明:激光熔覆层中含有多种硬质物相,硬度和耐磨性能与 45 钢基体相比都有大幅度提高,此法制备硬质合金层工艺简单、周期短、效率高、能量消耗少、条件容易控制,容易实现自动化生产等,用这种方法可望在低质钢材表面获得高硬质合金优异性能的金属复合材料。

## 二、实 验

用 45 钢作为基体材料,加工成 20mm×20mm×9mm 的块状,经过研磨、去油和清洁处理后待用。

涂敷材料用碳化钨(WC)和氮化钛(TiN),粘结金属材料用钴(Co),两种化合物和钴按百分重量比分别为 WC40, TiN40, Co20。配制好的粉末研磨成粒度小于 250 目的细小微粒,用有机粘结剂将粉末调合成均匀混合的粉浆涂敷在基体材料的表面上,涂层的厚度约 0.4mm。

实验用横向流动大功率 CO<sub>2</sub> 激光器,输出功率为 500~2000W 连续可调,实验时功率固定在 1.8kW,激光束用砷化镓透镜聚焦,用散焦光束,光斑直径为 4mm,在实验中激光束扫描速度可以任意调节,氮气作保护气体,这有利于硬质熔覆层中氮元素含量的增加。

## 三、结果和分析

### 1. x 射线衍射分析

实验采用一台 XD-3A 型 x 射线衍射仪对熔覆层进行 x 射线衍射分析,图 1 为 x 射线衍射图谱,当大功率激光束被涂敷层吸收后,表面热能使涂敷层达到熔化状态,而基体与涂敷层相接触的极薄层将达到微熔状态,在此同时基体又将迅速传走所吸收的热量,使整个熔池中存在一定的温度梯度并由此形成的表面张力梯度,加上激光束与金属表面上的气体形成的等离子体、重力以及各元素之间的自扩散等多种因素的作用,熔池中各种元素短时间内可能达到均匀混合,在元素之间的亲和力作用下,使得熔池中的 W, C, Ti, N, Co 和来自基体的极微量的 Fe, C 等元素,它们相互结合,当移去加热的激光束急速冷却时,结合成的化合物微小晶核进一步生长和长大,而熔覆层内最后形成多种物相,如 WC、TiN、Fe<sub>2</sub>N、(Co<sub>3</sub>Ti)<sub>4</sub>C、(WTi)C、(Co<sub>2</sub>W<sub>2</sub>)C 等,它们对表面熔覆层的强化起重要作用。

### 2. 显微结构的分析

激光束熔覆处理后的样品,用 S-450 型扫描电子显微镜观察显微组织结构,熔覆处理后的样品从表及里呈现出三个不同的结构区,样品表面为熔覆区、次之为热影响区、最下面为基体区,显微组织照片如图 2a, b, c, d 所示,下面作一些分析和解释。

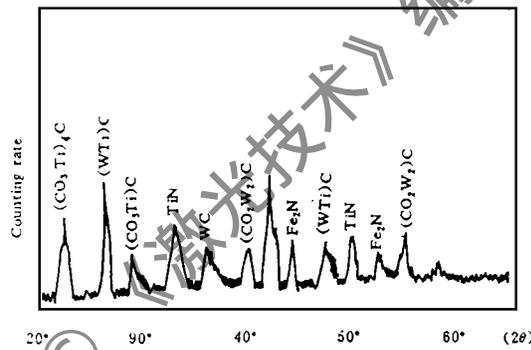


Fig. 1 x-ray diffraction spectrum of WC-TiN-Co cladding layer (CoK<sub>α</sub>, 35kV, 20mA, ω = 4°/min, v<sub>p</sub> = 40mm/min)

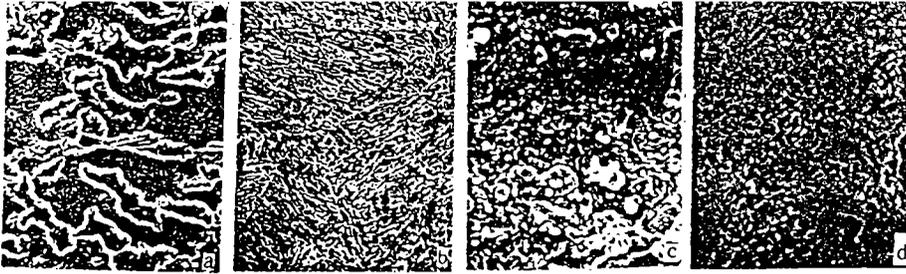


Fig. 2 The microstructure photos of 45# steel surface

a—45# steel substrate ( $\times 1000$ ) b—heat affected zone ( $\times 1000$ ) c—scanning speed 4 mm/s ( $\times 1600$ ) d—scanning speed 8 mm/s ( $\times 1600$ )

基体区,显微组织如图 2a,基体材料为 45 钢,显微组织结构是由珠光体和铁素体组成,由于基体区离激光辐照表面较远,在激光熔覆处理过程中起传热作用,在传热过程中本身受热影响较少,它的温度上升不高,其显微组织未发生变化。

热影响区,显微组织照片如图 2b,它不同于基体区和熔覆区,其原因是这个区域介于基体和熔覆区之间,激光束辐照表层时,表面吸收了激光能量使表面涂敷的粉末材料达到熔化状态,而与涂敷层相接触的基体表层微熔,溶化区的热量通过基体传走外,这个区域直接和表面熔区相接触,受溶化区热影响大,温度上升到奥氏体化的温度以上,在这个温度下,珠光体转变成奥氏体组织。移去激光束的冷却过程中部分奥氏体转变成马氏体组织,因而热影响区的显微组织是针状马氏体和残余奥氏体组织。

熔覆区,图 2c,d 是熔覆区的显微组织照片,它们是由两个不同扫描速度得到的,图 2c 激光熔覆处理的扫描速度为 4mm/s,其显微组织呈现粗大胞状晶组织,这些胞状晶排列紧密并有重叠现象,图 2d 的扫描速度为 8mm/s,呈现出细小的胞状晶,晶粒排列较疏,从照片上还可以看出在晶粒间好像有一骨架而晶粒排在骨架之间。我们认为,当表层处于熔化状态时,移去热源,熔池就会凝固,凝固过程中晶粒长大方式主要取决于溶质的浓度  $C$ ,液相的温度梯度  $G$  和晶粒成核的速度  $R$ ,实验中,除了激光扫描速度不同外,其他条件完全相同,影响熔池中晶粒长大的因素主要就取决于液相内的温度梯度  $G$ ,图 2c 激光熔覆处理扫描速度小( $v=4\text{mm/s}$ ),加热时间较长,表层吸收激光束的热能较多,基体过热程度增加,相应的温度梯度增大,熔覆层冷却速度减慢,晶粒长大时间较长,因而在熔覆层中呈现较大胞晶显微组织,图 2d 扫描速度大(8m/s),加热时间较短,试样表面吸收热量少,基体过热程度小,结晶时的液相中温度梯度小,因而晶粒长大的时间短,晶粒未进一步长大之前液相已凝固成固相,因而熔覆层呈现晶粒细小而排列较稀疏的显微结构组织,这是符合凝固结晶规律的。

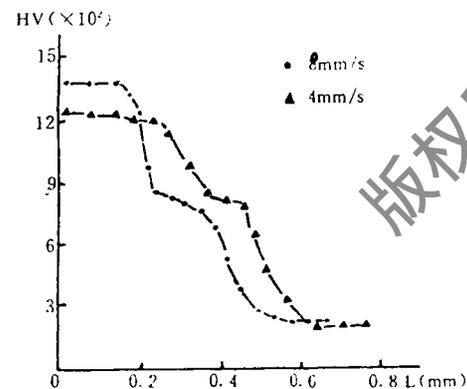


Fig. 3 The hardness distribution of cladding layer

### 3. 硬度分布规律

利用 71 型显微硬度计对不同扫描速度熔覆处理后样品的横截面由表及里进行硬度分布的测

试和分析,测试条件是负载为 200g,测试结果如图 3 所示。

由图 3 看出,硬度分布和显微结构相似,也存在三个不同硬度分布的区域,表层硬度较大,最大值达 HV1400,下面较小,最下面最小,随着深度加大,而硬度值保持恒量。从两条曲线对比可以看出,扫描速度快时,熔覆层的硬度值大,熔覆层的厚度较薄,热影响区厚度也薄,扫描速度慢时,熔覆层的硬度值变小而厚度变大,而热影响区的厚度也变大,这种现象也是符合激光熔覆处理的吸热、传热和冷却规律的。

#### 4. 耐磨性能的测定

激光熔覆处理后的样品和 45 钢基体材料在一台 DMJ-1 型磨损试验机上进行磨损的对比实验,用 600 目的水砂纸作为垫底,磨损负载为 1kg,磨损试验中,样品走过的路程由磨损机上的计数器自动显示,每走完 400m 后,用一台十万分之一克的精密分析天平测量样品的失重,结果如图 4 所示,从图 4 可见,熔覆层的耐磨性能与基体相比都有很大的提高,而扫描速度快的又比扫描速度慢的耐磨性好,这是由于扫描速度快的样品的熔覆层的晶粒比扫描速度慢的晶粒细小的原因所致。

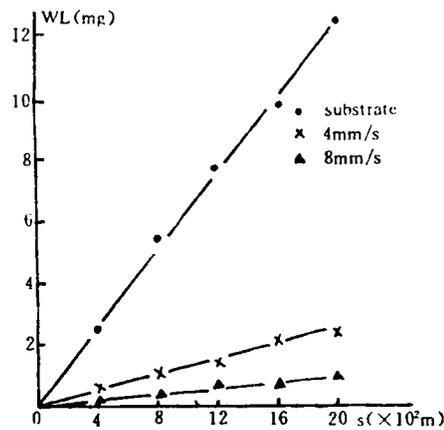


Fig. 4 Abrasion comparison test curves

## 四、结 论

1. 利用大功率 CO<sub>2</sub> 激光束可以在碳钢表面熔覆高硬质复合合金,熔覆层含有多种硬质物相,产生了优异的强化效果。
2. 增加激光束的扫描速度,改进冷却质量可使熔覆层中晶粒细化程度提高。
3. 利用 CO<sub>2</sub> 激光束制备复合硬质合金表面层比常规用烧结法制备复合合金的方法具有明显的优越性。

### 参 考 文 献

- 1 Gnanamuthu D. Opt. Engng., 1980;19(5),782~792
- 2 郑克全,张思玉. 科学通报,1988,33(15),1144~1147
- 3 张思玉,郑克全. 中国激光,1991,18(6),466~470
- 4 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:郑立,女,1963年12月出生,助理工程师。现从事激光金属材料表面改性的物性研究,已发表该方向论文数篇。

收稿日期:1993-04-03 收到修改稿日期:1993-10-27