

硬质合金 WC-TiC-Co 的研制和机理初探

张思玉 郑克全

(兰州大学物理系, 兰州 730001)

提 要

本文介绍了在 45 钢表面利用大功率 CO₂ 激光束制取硬质合金 WC-TiC-Co 的方法, 并对合金层的显微组织和性能进行了观察和测试, 对形成硬质合金的机理作了初步讨论, 结果表明; 采用这种方法对提高金属材料表面性能是成功的。

关键词: 硬质合金, 显微硬度, 激光处理。

一、引 言

硬质合金是由难熔金属的碳化物和粘结金属组成的复合材料, 难熔金属的化合物通常是指元素周期表中第 IV, V, VI 族的过渡元素的碳化物, 氮化物, 硼化物和硅化物, 在硬质合金中广泛使用的是碳化物, 主要是碳化钨, 碳化钛, 碳化钽和碳化铌等, 由这些碳化物中一种或者一种以上与粘结金属(如钴, 镍或铁)组成的合金常叫做硬质合金, 这类合金普遍具有硬度高, 耐磨性好, 红硬性好, 化学热稳定性好, 抗压强度高和低膨胀系数等优良特性, 因而硬质合金就自然成为耐磨, 耐高温, 抗腐蚀的优质合金材料, 这类合金的制取常采用烧结法, 这种方法工艺繁杂, 不易控制, 制取周期长, 烧结炉的温度高, 效率低等缺点, 众所周知, 激光束是一种高能密度热源, 采用大功率激光束对金属材料表面合金化, 表面熔覆和表面熔化处理^[1, 2, 3]等工艺是七十年代发展起来的金属表面改性的一项新技术。本文介绍利用大功率 CO₂ 激光束作为热源, 在碳钢表面涂敷适当的钨, 二氧化钛、碳和钴等粉末, 在激光束的辐照下, 凝固后能在碳钢表面生成含有 WC-TiC-Co 的硬质合金层, 这种处理方法通常具有工艺简单, 周期短, 处理条件容易控制, 能量消耗少, 效率高又容易实现自动化生产等优点, 实验结果表明; 在合金层中含有大量的 WC-TiC-Co 硬质合金的成份, 而合金层的硬度和耐磨性都有大幅度的提高, 实验事实证明了这种探索性研究是成功的, 这对大功率 CO₂ 激光技术的应用开拓了一个新的范围。

二、实验条件和方法

本实验采用 45 钢作为基体材料, 加工成 20×20×6 mm 的金属块, 合金粉末采用钨粉(W), 二氧化钛(TiO₂), 碳粉(C)和钴粉(Co), 并以原子量按 WC, TiC 硬质化合物配制各种元素的化学成份, 使混合粉末中 WC 占 35%, TiC 占 55%, Co 占 10%, 研磨成粒度在 250

目左右,用有机粘结剂将混合粉末调和成粉浆均匀地涂敷在 45 钢基体的表面上,涂敷厚度约为 0.2~0.3 mm。

采用横向流动电激励连续 CO₂ 激光束,其输出功率为 2 kW,光束用砷化镓透镜聚焦,光斑直径均为 4 mm,在实验中激光束功率固定在 1.8 kW,扫描速度可在 2.2~25 mm/s 范围内连续可调,以氮气作保护气体。

三、实验结果及分析

1. X 射线衍射物相分析

为了弄清硬质合金层各种元素组成的物相,用 XD-3A 型 X 射线衍射仪对合金层作了 X 射线衍射物相分析,图 1,为合金层的衍射图谱,从图谱中可查出合金层中的各种物相,它们是 WC, TiC, Co, CoW, Co₃Ti 和 η 相 (Co₂W₄C, Co₆W₆C) 等多种物相所组成,这些物相的生成是由于在基体上涂有多种合金元素在激光束辐照下,使表层合金元素和基体薄层都处于熔化状态,熔池中各种元素在温度梯度引起的表面张力和重力以及各种元素自扩散的相互作用下,各种元素相互混合,在极短时间内各种元素就能达到均匀混合,这些元素在化学亲和力作用下,熔池中各种元素相互结合成各种化合物,这些化合物组成了表面的硬质合金层。

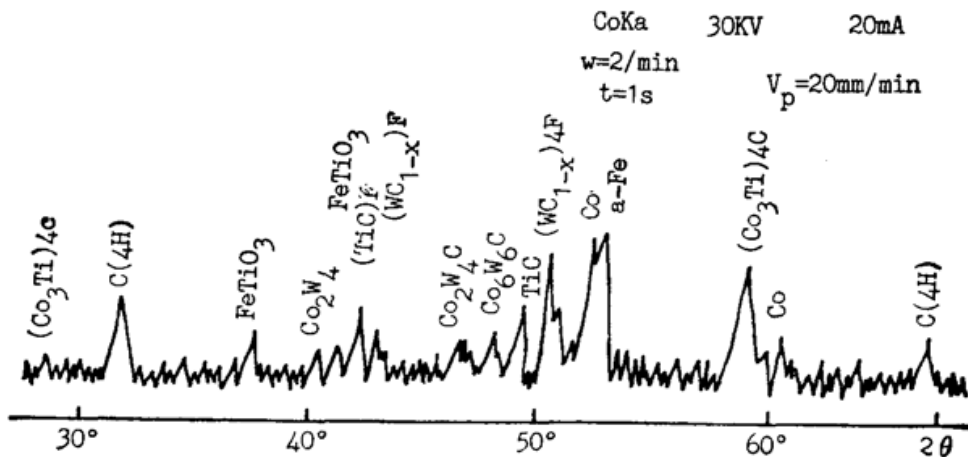


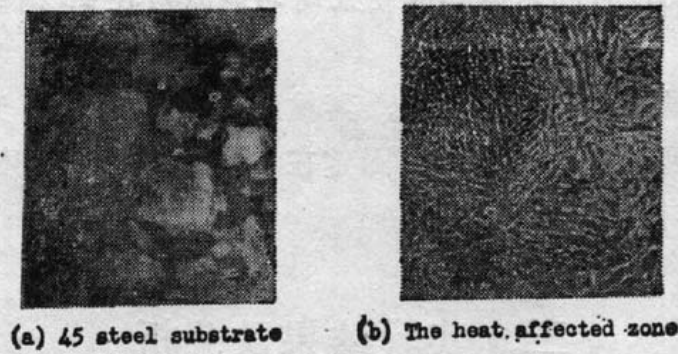
Fig. 1 X-ray diffraction diagram

2. 显微组织的分析

激光处理后的样品经过研磨和腐蚀处理用 S-450 型扫描电镜观察了显微组织结构,在各种扫描速度下样品的显微组织都存在三个不同的区域,表面为激光处理区(也称合金区)。下面为热影响区,再下面为基体区。

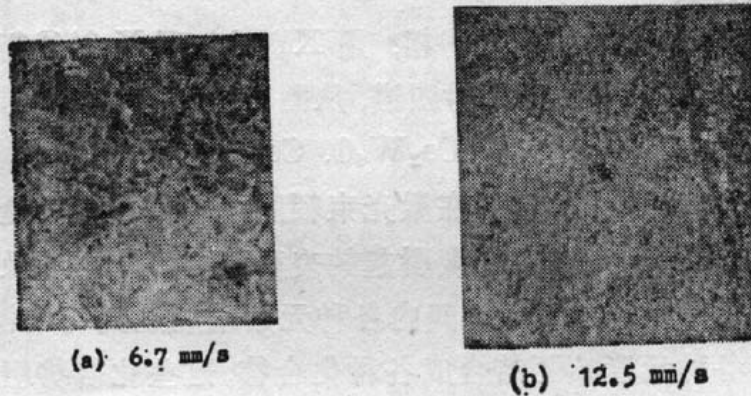
基体区:基体是 45 是钢,它的显微组织是由铁素体和珠光体组成,由于这个区域离表面较远,在激光处理过程中起着传热的作用,此区域温度升高不大,它的显微组织未发生任何变化,如图 2(a)所示。

热影响区:热影响区介于基体和合金区间,它受到表面激光辐照影响较大,在各种扫描速度下,这区域的温度都能升到奥氏体化的温度范围,在冷却过程中而奥氏体部分转变成马氏体组织,因用这个区域的显微组织由针状马氏体和残留奥氏体所组成。如图 2(b)所示。



(a) 45 steel substrate (b) The heat affected zone

Fig. 2 The microstructure photographs of the 45 steel and the heat affected zone ($\times 1000$)



(a) 6.7 mm/s

(b) 12.5 mm/s

Fig. 3 The microstructure varies with laser scanning speeds ($\times 1000$)

合金区:合金区是直接受激光辐照区域,在涂层厚度和激光功率相同的条件下,改变激光束的扫描速度用 S-450 型扫描电镜拍摄的显微组织,如图 3(a)、(b)所示, (a)是扫描速度为 6.7 mm/s 的合金层组织,呈现出胞晶状,晶胞较粗大,晶间排列较紧密,略有重叠现象,晶粒间相互接触构成骨架形式, (b)是扫描速度为 12.5 mm/s 合金层组织,呈现较细小胞状晶组织,上述差别原因是由于激光扫描速度小,光束在表面停留时间长,吸收热能较多,在相同传热条件下,冷却速度慢,晶核长大时间长,因而晶粒较粗大,相反扫描速度快而晶粒较细小。

3. 扫描速度对硬度分布的影响

图 4 是用 71 型硬度计测得两种扫描速度样品的硬度分布曲线,曲线(1)扫描速度为 12.5 mm/s,曲线(2)扫描度为 6.7 mm/s,两条曲线的负载都是 200g。从两条曲线对比可看出,当扫描速度大,合金层的厚度较薄,硬度值最高达 1450 HV,而热影响区的硬度较低,当扫描速度小,合金的厚度较厚,而热影响区较高,这种现象是符合激光合金化处理,基体传热和熔化后冷却结晶规律的。

4. 耐磨性能的测定

图 5 中曲线(1)是基体耐磨曲线,曲线(2)是扫描速度为 12.5 mm/s 的耐磨曲线,两条曲线在 DM-1 型磨损机测定的,负载为 2 kg,以 400 号金刚砂作磨料,样品走完 300 米路程用十万分之一精密分析天平测定失重量,两条曲线对比看出,合金层耐磨性能比基体有很大提高。从合金层耐磨曲线看出,合金层表面耐磨性差,随着表面向内耐磨性较好,原因是钴元素在硬质碳化物中溶解度极小,随着 WC 和 TiC 的形成,而钴元素在熔池中被游离成钴的单质元素,被排聚在最表面的薄层中,钴本身的硬度和耐磨性都比硬质碳化物差,所以表面磨损量较大。

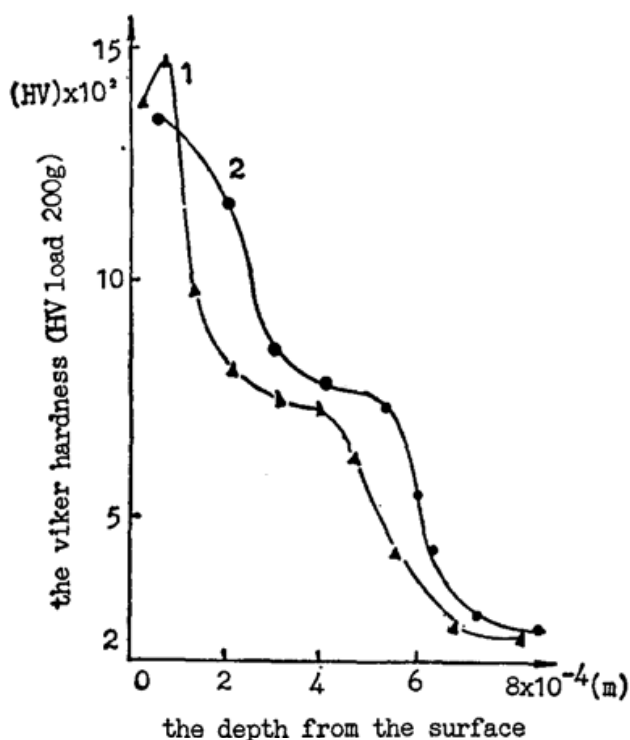


Fig. 4 The microstructure hardness profile of the laser alloyed layer

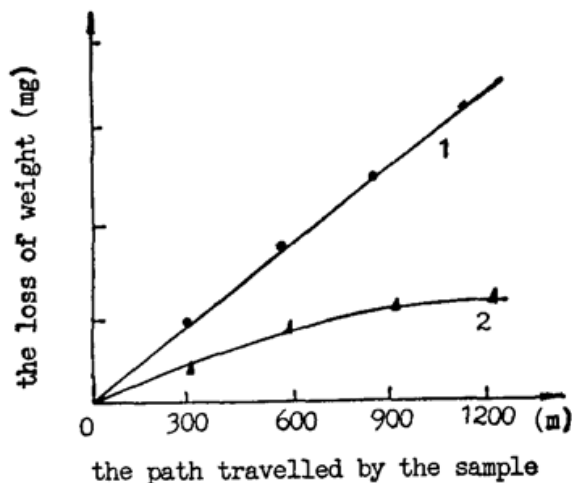


Fig. 5 Abrasion comparison test
(1) The 45 steel substrate;
(2) The laser alloyed layer

四、硬质合金 WC-TiC-Co 形式的机理

硬质合金 WC-TiC-Co 是由难熔金属硬质碳化物组成的复合材料，它的形成是一定温度条件下分别由钨和钛两种元素经过碳化形成碳化钨 (WC) 和碳化钛 (TiC) 硬质碳化物，在适当的温度下，碳化钨能溶解于多种难熔金属硬质碳化物中，尤其在 TiC 中溶解度更大。因而形成 TiC-WC 固溶体，这正是硬质合金 WC-TiC-Co 的重要组织成分。（但这里需要特别说明的是在 TiC-WC 系中，即使在很高的温度下，碳化钨在碳化钛中并不溶解，因此可以把 TiC-WC 固溶体，形成过程看成是碳化钨中的钨原子向碳化钛晶格单向扩散过程）。混合粉末添加钴的目的是钴在任何温度下，与硬质碳化物溶解度都非常小，但钴对 WC, TiC, WC-TiC 的表面湿润性较好，而钴又具有较好的韧性，在适当的激光束辐照下，表层达到熔化状态，在熔池中形成大量的 WC, TiC 和 WC-TiC 等晶核，在冷却过程中，晶核不断长大相互接触连接成一定的骨架，而构成硬质合金层，这种合金既保持了 WC 和 TiC 的固有高硬度和高耐磨性而且也保持了钴所具有的较好韧性。

参 考 文 献

- [1] Gnanamuthu, D.; *Opt. Eng.*, 1980, **19**, No. 5 (Sep), 782~792.
- [2] 郑克全, 张思玉; 《科学通报》, 1988, **33**, No. 15, 1144~1147.
- [3] 张思玉, 郑克全; 《中国激光》, 1988, **15**, No. 12 (Dec), 742~745.
- [4] 株洲硬质合金厂著, 《硬质合金的生产》, (冶金工业出版社, 1974), 77.

Making of hard alloy WC-TiC-Co and study of its mechanism

ZHANG SIYU AND ZHENG KEQUAN

(*Physics Department, Lanzhou University, Lanzhou, 730001*)

(Received 14 August 1990; revised 12 February 1991)

Abstract

This article presents a method of making hard alloy WC-TiC-Co on the No. 45 steel surface by using high power laser beam. The microstructure and performance of the alloyed layer are observed, examined and analyzed, and the mechanism of forming hard alloy is studied. The results indicate that it is very successful to improve the properties of the metal material's surface with this method.

Key words: hard alloy, microhardness, laser treatment.