

文章编号: 1001-3806(2003)05-0396-02

A₃ 钢表面激光熔覆金属陶瓷 TiC B₄C SiC Co 材料研究

李玉红

(兰州大学物理科学与技术学院, 兰州, 730000)

摘要: 介绍了利用大功率 CO₂ 激光束在 A₃ 钢表面制备高硬质金属陶瓷 TiC B₄C-SiC-Co 的方法, 并对不同扫描速度下熔覆层的组织形态、显微硬度、合金层成分、耐磨损等性能进行了分析。结果表明, 利用激光在低质钢材表面涂覆碳化物陶瓷, 经激光处理后, 能使低质钢材表面的化学成分发生根本性变化, 表面硬度和耐磨性均有很大的提高。

关键词: 激光熔覆; 金属陶瓷; 显微硬度; A₃ 钢

中图分类号: TG665 **文献标识码:** A

Research of metal ceramic TiC B₄C-SiC-Co laser cladding on A₃ steel

Li Yuhong

(Institute of Physics, Lanzhou University, Lanzhou, 730000)

Abstract: In order to improve the surface performance of A₃ steel, we utilize a high power CO₂ laser beam to treat TiC B₄C-SiC-Co clad surface. It is obvious that the laser beam scanning speed is a important factor on the structure, hardness and resistance to abrasion of the alloy surface. This paper introduces the experimental research procedure, and the experimental results, which are useful to select the beam scanning and other technical parameters.

Key words: laser cladding; metal ceramic; microstructure hardness; A₃ steel

引 言

金属陶瓷硬质合金是由难熔碳化物和粘接金属组成的复合材料, 具有硬度高、耐磨、耐腐蚀等优点。利用大功率激光束在低质、廉价碳钢表面制备高硬质合金层已有一些研究^[1-3]。目前, 利用大功率激光束来改变金属材料表面性能是非常活跃而又有实际应用价值的课题之一。由于陶瓷涂层在机械、电子、宇航和能源工业领域十分重要, 激光熔覆金属陶瓷涂层技术具有重要的应用前景。基于这一点, 笔者用激光束在 A₃ 钢表面熔覆高硬质金属陶瓷, 并对其性能和形成机理进行了研究。

1 实验条件和方法

实验用的是低碳钢 A₃ 钢, 加工成 20mm × 20mm × 20mm 的金属试块, 经研磨、去污并用酒精清洁后待用。熔覆材料采用 TiC, B₄C, SiC 粉末与粘接金属 Co 的混合粉末, 按重量百分比 30%,

30%, 30%, 10% 配制, 并将配置好的混合粉末研制成粒度为 200 目左右的细小颗粒。用有机粘接剂调成浆状, 涂覆在 A₃ 钢清洁过的表面。厚度约为 (0.2~0.3) mm。采用横流 CO₂ 激光器, 输出功率为 1000W, 用 GaAs 透镜聚焦, 使激光束光斑直径为 3mm 左右, 用 N₂ 作保护气体。样品置于工作台上不动, 工作台分别以 2mm/s, 4mm/s, 6mm/s, 8mm/s 的速度沿直线运动, 使激光在样品上进行无时间间隔的接行扫描。

2 结果分析

2.1 理论分析

因 Co 基合金具有良好的耐磨性能, 再加上 Co 有很好的流动性, 能熔解碳化物, 故在 Co 中加入 TiC, B₄C, SiC 等高熔点的超硬陶瓷颗粒, 经激光熔覆后形成的复合涂层, 与主体硬质相匹配, 可使熔覆层的硬度和耐磨性能得到显著提高。图 1 是用 S-450 型扫描电子显微镜观察到的显微组织结构照片。处理后的样品从表及里呈现出 3 个不同的结构区, 最外层为硬质合金层, 合金层下面为热影响区, 最下面为基体区。基体区为 A₃ 钢, 其显微组织由

作者简介: 李玉红, 女, 1971 年 12 月出生。讲师, 博士研究生。主要从事薄膜表面的激光改性研究。

收稿日期: 2002-11-18; **收到修改稿日期:** 2003-04-13

珠光体和铁素体组成。因基体区离表面处理层较远,在激光处理过程中只起着传递和吸收热量的作用,升温不高,故在处理后的显微组织未发生变化^[3]。热影响区介于基体和熔覆层之间,这个区域受激光辐射影响较大,在各种扫描速度的处理中,该区域都能上升到奥氏体化的温度,当移去加热的激光束后,表面大部分热量由基体传走而急剧冷却,部分奥氏体组织转化为马氏体组织。图 2a,图 2b 分别是扫描速度为 2mm/s,4mm/s 时热影响区的显微组织照片。比较图 1a,图 1b 又可发现,当扫描速度小时,其马氏体晶胞比扫描速度大时所对应的晶胞小。这是由于当扫描速度较小时,光照时间长,使奥氏体晶粒粗大。在冷却过程中,粗大的奥氏体晶胞部分转化为粗大的马氏体晶胞,所以其显微组织相对于扫描速度大时较粗大,且使奥氏体转化为马氏体的比例小。反之,当扫描速度大时,马氏体晶胞较小,且成细针状^[3]。试样的最外层区域为熔覆层,由于直接受激光辐射,其显微组织呈现胞状晶,且熔覆层的晶粒细化程度与基体相比有很大的提高。如图 1c。

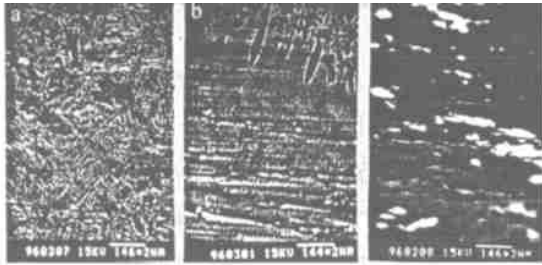


Fig. 1 Photos of microstructure

a—microstructure of the heat affected zone at scanning speed of 2mm/s ($\times 1k$) b—microstructure of the heat affected zone at scanning speed of 4mm/s ($\times 1k$) c—microstructure of the alloyed zone at scanning speed of 4mm/s ($\times 1k$)

2.2 性能分析

2.2.1 扫描速度对硬度分布的影响

图 2 是用一台 71 型显微硬度计在负载为 100g 时测量的 4 种不同扫描速度下的硬度分布曲线。由图可知,各种扫描速度下的硬度分布曲线具有典型的三阶梯形式。在各种扫描速度下,熔覆层的硬度都很高,最大可达 HV2200 以上,其原因之一是由于表面粉末层经熔化后,凝固时急冷自淬火到较高的凝固速度,在一定程度上抑制了相析出长大的过程,且表层因熔解了过饱和程度的合金元素,提高了原子键的吸引力,元素多,还可形成多种化学键,使键的总强度增强,晶格畸变增加和阻止、延缓固熔体内合金元素的析出和碳化物的大小,从而使合金层的硬度提高。另一

方面,由于合金层中的固熔体中分布着碳的化合物小质点,根据位错理论,由于位错对质点的环绕作用和切割作用,这将使其产生明显的弥散强化作用。

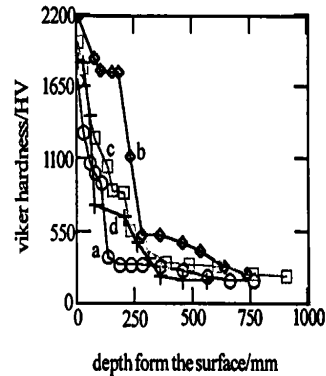


Fig. 2 The microstructure hardness profile of laser alloyed layer
a—8mm/s b—4mm/s c—6mm/s d—2mm/s

由 4 条曲线对比可以看出,当扫描速度为 4mm/s(曲线 b)时,硬度值最高,而当扫描速度增大为 6mm/s(曲线 c)和 8mm/s(曲线 a)或减小为 2mm/s(曲线 d)时,硬度值都有所降低。由曲线 c、曲线 d 两条曲线可以看出,当扫描速度增大得越多,其硬度降低也越大。这说明扫描速度对硬度的影响存在一个最优值。当扫描速度太大时,熔覆层对激光能量吸收不足,使基体和熔覆层粉末都不能完全熔化,合金层不致密,因而硬度低。当扫描速度太小时,则激光和熔覆层的作用时间长,冷却速度慢,使晶粒粗大且不致密,因而也会使硬度有所降低。

2.2.2 耐磨性能的研究

用 DFM-1 型磨损机对基体 A₃ 钢及扫描速度为 6mm/s 的合金层进行耐磨对比测试,其测试条件为:载荷 1kg,在帆布上滴 Al₂O₃ 抛光液,每 4min(1min 走 123m)后,用酒精清洗后凉干,用 1/10⁴ 的精密天平测定样品的磨损失重(见图 3)。a 为基体 A₃ 钢的耐磨曲线,b 为扫描速度为 6mm/s 的合金层耐磨曲线。可看出,经激光处理后的试样的耐磨性比基体的耐磨性能有很大提高。

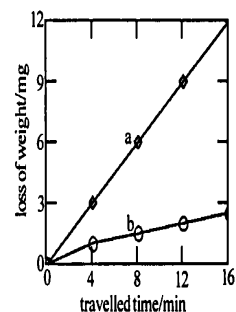


Fig. 3 Resistance to abrasion
a—the A₃ steel substrate b—the laser alloyed layer

的过程,系统中的反射镜/合成镜下的圆圈是两个步进电机,通过机械传动带动其做水平或仰俯方向运动(机械传动部分结构图略),步进电机的控制信号由计算机给出。

该系统利用四象限光电池来反映光路的位置,由反射镜控制光路的偏移,完成光路调整。当光束照到四象限光电池的中心位置时,其 4 个输出值相同,否则输出值不同,四象限光电池的 4 路输出信号经放大器放大后,由计算机通过 A/D 转换,并在屏幕上显示出来。光路调整的方法是先放过一束光,切断其它光束,操作者根据屏幕上的提示,确定调整方向,利用键盘或鼠标输出信号去控制步进电机,从而带动反射镜动作,逐步调整光路的位置,直到四象限光电池的 4 个输出值相同。对其它光路的调整,重复上述过程,当单独调整的每一束光都照到四象限光电池的中心位置时,多路光的合成即完成了。

采用四象限光电池作为光路位置的探测器,优点是结构简单、效果好,可以实现光束最强区域的有效合成,只要放射镜 1 和反射镜 2 之间的距离足够长,就能够实现多路光束比较准确的合成,而且在工作中可随时校准光路的合成度,目前已实际应用。需要注意的是,要求激光有效成分含量高,杂散光和非激光将直接影响调整的准确性。

2 硬件接口电路

系统的硬件结构示意图如图 2 所示,计算机采用 586 微机;计算机的接口电路卡插入计算机中,由卡上的插头引出连接线与步进电机控制器连接;步进电机控制器是单独设计的,它能够直接控制 20 路步进电机的工作,其中每一个步进电机控制器都有两个输入端,分别是“方向”位和“控制”位,由它们来决定脉冲分配器的输出,计算机通过接口电路发出具体信号控制步进电机的正转或反转。两个四象限光电池的输出共 8 路信号经过放大电路,送入 A/D

转换芯片 AD0809 的 8 个输入端^[1]。

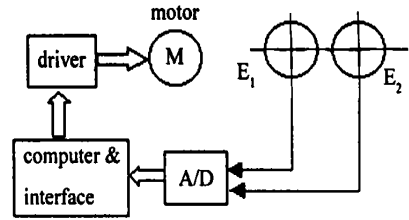


Fig.2 Hardware structure

3 计算机软件设计

该系统计算机软件采用 Visual C++ 设计,充分利用 WINDOWS 下的可视化界面,在屏幕上显示光路系统、四象限光电池的输出值和步进电机示意图。程序设计分为 3 大部分:光路合成系统图的绘制,数据采集及显示,控制步进电机动作(光路合成)。

程序启动后,系统菜单 OPTION 提供了参数设定功能,用户可以设置步进电机的脉冲宽度、鼠标点击一次步进电机的步数和屏幕刷新时间,以便适应不同的工作条件。FILE 菜单下的 RUN 选项为启动测量和调整光路;EXIT 选项为结束程序运行。光路调整时,先将鼠标指针移到控制挡片的步进电机的圆圈内,单击左键,使遮光挡片遮光/不遮光(切换方式),让系统只有一路光;根据四象限光电池的输出值,将鼠标指针移到相应步进电机的矩形框内,点击鼠标的左键,这时步进电机顺时针转动,点击鼠标的右键,这时步进电机逆时针转动,注意转动的步数与开始的设定有关;此时,在屏幕上可以看到四象限光电池的输出值也随之变化,不断调整光路,直到四象限光电池的输出值一致。源程序设计及程序运行界面略^[2]。

参 考 文 献

- [1] 于英民,孙全,莫玮编著.计算机接口技术.北京:电子工业出版社,1996:1~322.
- [2] 胡峪,刘静主编.VC++编程技巧与示例.西安:西安科技大学出版社,2000:1~354.

(上接第 397 页)

3 结 论

(1) 激光熔覆处理可显著提高低质 A₃ 钢表面的硬度和耐磨性能。(2) 不同的扫描速度使表面熔覆层的硬度有不同的值,可通过优化扫描速度使表

面的硬度值最大。

参 考 文 献

- [1] Zhang S Y, Zheng K Q. Materials Chemistry and Physics, 1990, 25: 277~285.
- [2] Li Q, Lei T C, Chen W Z. Surface and Coatings Technology, 1999, 114: 285~291.
- [3] 李玉红,张思玉,郑克全.激光技术,1999,23(2):126~128.