

金属表面的激光包覆处理

张思玉 郑克全

(兰州大学物理系)

提要: 用一台 2kW 横向流动连续 CO₂ 激光器进行了激光包覆表面处理。显微分析表明,激光包覆处理能在低质金属材料表面上包覆高性能合金,提高了工件表面耐磨性、抗腐蚀性和抗剥蚀性。

Laser cladding of metallic surfaces

Zhang Siyu, Zheng Kequan

(Department of Physics, Lanzhou University)

Abstract: A transversely-excited flow CO₂ laser with an output power of about 2kW is used for cladding of metallic surfaces. Microstructural analyses of treated surfaces indicate that laser cladding offers feasibility to apply high melting cladding alloys on low melting workpieces to increase resistance to wear, erosion and corrosion, so that it has the desired high quality surface properties characteristic of high performance alloys.

一、引言

近年来,国内外利用大功率激光束对金属材料表面处理(包括合金化、包覆、上釉、晶粒细化、相变硬化以及冲击硬化等)的研究^[1]都取得了可喜的成果,有的成果(如相变硬化)已在生产实际中得到了广泛应用。

利用激光束能把高熔点金属材料包覆在低熔点工件上^[2]。常用的包覆合金或表面硬化合金有钴、镍或铁基合金,它们被广泛用于涉及到金属对金属的磨损、冲击、剥蚀、腐蚀和磨蚀的各种场合。众所周知,单一包覆合金不一定能满足上述各项用途。因此,包覆

合金的选择要以使用条件、基体材料、包覆方法和成本等因素为根据。包覆合金可采用棒、线或粉末在受控条件下用激光束予以熔化,以便让熔化合金自由地散布和凝固在整个工件表面上。

我们将钴基和镍基合金粉末分别涂敷在 60 钢和纯铁的基底上。又将碳化钨粒与铁粉的混合物和硅粉分别涂敷在 45 钢和铝合金的基底上,用一台输出功率为 500~2000 W 连续可调 CO₂ 激光器进行了包覆处理。经显微测试分析结果表明,包覆合金层与基底材料结合牢固,表面性能得到很大提高,基底材料对包覆合金层的稀释度 < 6%。

收稿日期:1985年5月28日。

二、实验条件及方法

为了经济而又易于购买,在包覆试验中,包覆合金材料都采用商品粉末合金或颗粒状材料,而基底材料选择的是常用的金属,实验条件详细情况见表1。

包覆实验采用 JL-6 型横流 CO₂ 激光器,其输出功率为 500~2000 W 连续可调。激光光束用焦距 300mm 的锗透镜聚焦,依靠调节焦点与试验样品表面间的距离来改变光点的大小。处理机械部分是通过可控硅的伺服电机带动丝杆构成的机械装置,实现工件表面激光扫描所需要的动作和速度。

基底材料 60 钢、纯铁、45 钢和铝合金分别加工成 20×20×6mm³ 的金属块。再将表面经过仔细研磨使其平整,并清除油渍和污渍等。由于激光处理期间迅速加热和快速冷却会引起对快速热循环敏感材料的破裂,因此,我们将基底材料在激光处理之前在真空炉中进行预热处理,把基底材料放置在炉中加热到 300℃ 保温 30 分钟,然后自然冷却到室温待用。

包覆的钴基和镍基合金均呈细颗粒状,采用火焰喷涂和在粉末中添加合适有机粘合剂。我们选用乙醇和钴基粉末混合后均匀涂敷在基底上。有些细散粉末在强光束的照射下易于飞散,导致改变涂层厚度或者不均匀,添加粘合剂能保持涂层厚度的均匀性。由于

各种金属粉末对激光束均有较好吸收能力,因此在粉末的涂层上不需添加能量吸收剂。

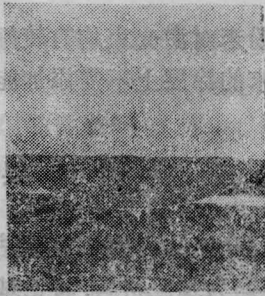
三、实验结果

1. 在 60 钢的表面上包覆钴基合金。我们使用 60 钢为基底材料,将钴基合金粉末涂敷在基底表面上,在激光束照射下,经过一次单向扫描,结果得到 0.5mm 厚、约 3mm 宽的包覆层。图 1 是激光包覆处理后,应用 S-450 型扫描电子显微镜(以下简称电镜)拍摄的显微组织结构照片。图 1(a)是包覆层横截面全貌照片,从照片明显看出,横截面具有三层不同的结构,上面为包覆钴基合金层,中间为基底热影响区,下面为基底。图 1(b)是包覆层和基底结合放大 800 倍的横截面结构照片,它明显地显示出包覆层和基底之间的熔接良好。在 200g 的负载下,对各层显微硬度测试结果,包覆层平均硬度为 1045 HV,基底热影响区的平均硬度为 736 HV,基底的平均硬度为 243 HV。

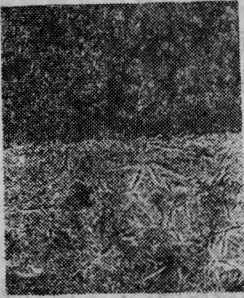
应用 EDAX PV 9100/60 能谱仪测量了基底材料对包覆层的稀释程度,图 2(a)为钴基合金的成分能谱图;(b)为接近基底处包层的能谱图。根据分析结果,包层的组成和显微组织在包层范围内保持一致。由图 2(a)、(b)能谱图的实验结果,可以计算出基底材转对包覆层稀释程度。计算结果,基底材料对包覆层的稀释度 <6%。

表 1 激光包覆处理的实验条件包覆材料

条 件	钴基合金	镍基合金	碳化钨和铁粉	硅粉
包覆材料形状	粉末	粉末	碳化钨粒和铁粉	粉末
基底材料	60 钢	纯铁	45 钢	铝合金
粉末涂敷法	粉末加溶剂	火焰喷涂	涂敷	粉末加溶剂
涂层厚度(mm)	0.6	0.8	0.7	0.4
激光束	稳定束	稳定束	稳定束	稳定束
激光束尺寸(mm)	3(直径)	3(直径)	3(直径)	3(直径)
激光功率(kW)	1.4	1.5	1.45	1.35
扫描速度(mm/s)	10	9	8	12
保护气体	无	无	无	无

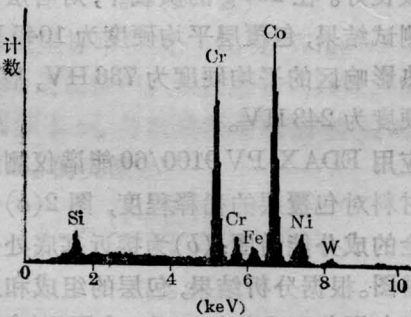


(a) 包覆全貌(×20)

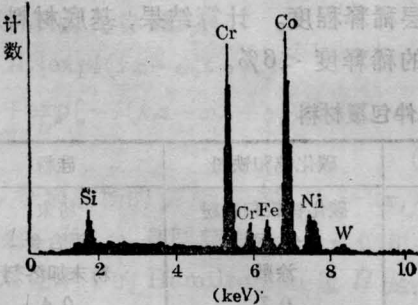


(b) 包层和基底之间结合的显微组织(×800)

图1 在60钢表面上包覆钴基合金
(浸蚀剂:硝酸乙醇)



(a) 包层的组成成分

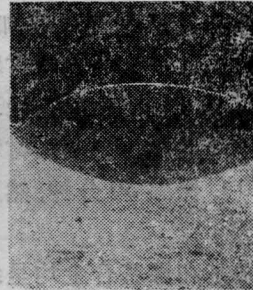


(b) 接近基底处包层的组成成分

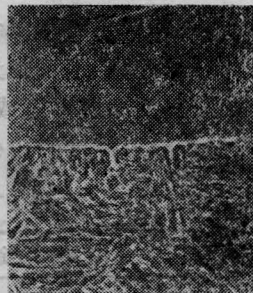
图2 钴基合金成分分析能谱图

2. 在纯铁表面包覆镍基合金。在一些生产部门,对于一些要求特殊性能的工件上,用

电弧法包覆镍基合金,来提高工件的性能。我们采用激光技术使镍基合金包覆在金属工件的表面上,包覆实验采用商品镍基合金粉末。将镍基合金粉末用火焰喷射法喷涂在已处理好的纯铁基底表面上,涂层厚度为0.8mm,其他条件在表1中列出。以每秒9mm的速度单次扫描,包覆处理结果应用S-450型扫描电镜拍摄的显微结构相片如图3(a)、(b)所示。(a)为包覆层横截面全貌,在其中同样地显示出包覆层、热影响区和基体三层;(b)为包覆层和基底结合放大1000倍的显微结构图,也明显地显示出包层和基底熔接良好。在200g负载下,测得包覆层的平均硬度为1030HV,热影响区平均硬度为750HV,基底层平均硬度为184HV。用EDAX PV 9100/60能谱仪测得基底材料对包覆层的稀释度<5%。



(a) 包覆层横截面全貌(×15)



(b) 包覆层和基底之间熔接显微图(×1000)

图3 在纯铁表面上包覆镍基合金
(浸蚀剂:硝酸乙醇)

3. 碳化钨粒与铁粉混合的包覆。碳化钨是一种高硬度和熔点较高的材料,如果将碳化钨的颗粒埋嵌在金属材料的表面上,改变金属材料的表面特性,这将是一种非常有实

用价值的技术。我们以激光束作为热源,包覆材料采用标称粒度为 200 目的碳化钨颗粒粒度为 $40\ \mu\text{m}$ 的铁粉相混合,以酒精作为粘合剂,均匀涂敷在 45 钢为基底的表面上。混合比例要求碳化钨颗粒完全浸没在铁粉中,以便使受激光束直接照射时(在激光照射时碳化钨颗粒未被熔化)可能发生的分裂降至最少。激光包覆处理后,在 200 g 负载下测得碳化钨颗粒上的平均硬度约 1800 HV,碳化钨周围基体的平均硬度为 915 HV。用 S-450 型扫描电镜拍摄的碳化钨和铁粉混合包覆层的照片如图 4 所示。从图 4 明显看出,每颗碳化钨被埋嵌在金属材料之中,并且每颗碳化钨粒显示出了一个特异的区域。这可能是与激光束的照射处理过程中液态铁和碳化钨颗粒之间的作用有关。



图 4 碳化钨颗粒埋嵌金属材料基底表面
(浸蚀剂:铁氰化钾+氢氧化钾+ H_2O) ($\times 65$)

4. 硅粉包覆在铝合金的表面上。激光包覆提供了一种在低熔点工件表面上包覆高熔

点、高硬度材料的方法。我们把硅粉(熔点 1430°C)涂敷到低熔点铝合金(熔点 $500\sim 650^\circ\text{C}$)的基底表面上,使其产生铝-硅共晶基体中含有高体积分数硅颗粒包层。在激光束处理期间,铝合金表面局部产生的热量使被涂敷硅粉(粒度约 $40\ \mu\text{m}$)和铝合金基底表面薄层熔化。激光照射处理后,包覆层表面的显微组织结构如图 5 所示。从图 5 可以明显看出,硅粒呈现角形初生硅大颗粒埋嵌在铝-硅共晶基体中。进行显微硬度测试结果表明,这些角形硅原始颗粒硬度在 200g 负载下,平均硬度为 950 HV。由于包覆层区中大颗粒硅的存在,把该区域的平均硬度(在 200g 的负载下)提高到 625 HV,铝合金基底的平均硬度(在 50g 负载下)为 125 HV。

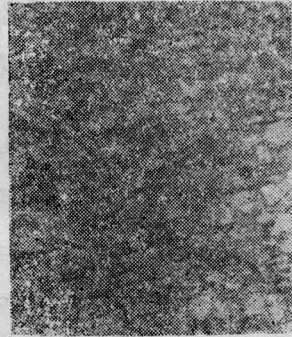


图 5 在铝合金基底表面包覆硅粉($\times 400$)

参 考 文 献

- [1] 张思玉等;《激光与红外》;1985, No. 8, 11.
- [2] Conrad M. Banas, Robert Wabb; *Proc. IEEE*, 1982, 70, No. 6, 556~564.

“激光动态测厚仪”通过技术鉴定

工业上很需要对一些板材、带材厚度进行在线测量,但一直缺少一种合适的非接触式动态测厚仪器。上海交通大学最近研制成功的激光动态测厚样机,就是利用激光对运动状态下的板、带材厚度作非接触式无损检测的新颖装置。

该仪器包括主机、信号处理系统、微型计算机及电源四部分,能实现非线性、双测、动态实时检测。由于在仪器中采用了双测不对称接收系统,扩大了激

光测厚仪的功能和测量范围,更能适应被测板、带材有一定倾斜度及弹跳度的运动状态。仪器的主要指标为:测量范围 $1\sim 30\ \text{mm}$,测量误差 $\leq \pm 0.15\ \text{mm}$,分辨率 $0.01\ \text{mm}$,被测板允许倾斜度 $< 3^\circ$ 。

1986年1月28日,“激光动态测厚仪”通过了技术鉴定。

(吉 禾)