

真空激光熔覆的研究*

宋武林 朱蓓蒂 黄 为 谢长生 崔 昆
(华中理工大学材料系, 武汉, 430074)

摘要: 真空激光熔覆避免了大气中有害气体对熔池的侵入, 使熔覆层中的显微缺陷和开裂敏感性减小, 提高了熔覆层的质量; 并且真空熔覆的工艺特点与大气下的激光熔覆不完全相同; 其它工艺条件相同时, 真空激光熔覆的尺寸(宽度 W 和厚度 H) 明显小于大气下熔覆层的尺寸。

关键词: 真空激光熔覆 显微缺陷 开裂敏感性 熔覆层尺寸

Study on vacuum laser cladding

Song Wulin, Zhu Beidi, Huang Wei, Xie Changsheng, Cui Kun
(Department of Materials, HUST, Wuhan, 430074)

Abstract: The laser cladding is a useful technique. But the application of laser cladding suffers from the serious defects of holes, crack and etc. This paper introduces the vacuum laser cladding and shows a vacuum laser cladding chamber. Comparison with air laser cladding (ALC), the width and depth of the clad layer in vacuum laser cladding is smaller, and the microstructure of the cladding layer is obviously better.

Key words: vacuum laser cladding micro-defect cracking sensibility size of clad layer

* 国家教委博士点基金资助。

系统散射型微晶玻璃窗口的研制, 正是利用了已成熟的材料加工技术, 通过调整原材料配方及制作工艺细节, 使之成为合格的光电探测器窗口。这种窗口既具有实用价值, 又为进一步的工作积累了经验, 借助这些经验我们可以导出性能更好的、适合于更多的光谱区域使用的散射型无机固体材料窗口。进一步的工作, 需要把这个课题系统化、完善化。以便对光电探测技术的进步产生更有效的支持。

参 考 文 献

- 1 Renau J, Cheo P K, Cooper H G. J O S A, 1967; 57(4): 459~ 464
- 2 Blau H H, Gray Jr E L, Bourious G M B. Appl Opt, 1967; 6(11): 1899~ 1904
- 3 Peter C J. Appl Opt, 1965; 4(3): 1502~ 1507
- 4 Lober A P. J O S A, 1982; 72(2): 650~ 655
- 5 吴福全, 李国华. 曲阜师范大学学报, 1995; 21(4): 43~ 46
- 6 Li Y, Su X Y, Li Ch X *et al.* Chin Phys Lett, 1990; 7(12): 544~ 547
- 7 Li Y, Su X Y, Song L K *et al.* SPIE Proc, 1994; 2321: 126~ 128
- 8 Li Y, Su X Y, Zhang B L *et al.* Chin Phys Lett, 1995; 12(7): 393~ 396

作者简介: 李 艺(附照片), 男, 1956年6月出生。教授。现从事微晶材料制作及光学测量等工作。

赵建平, 男, 1963年出生。讲师。现从事光学测量及电子电路设计等工作。

周 军, 男, 1973年出生。硕士研究生。

收稿日期: 1996-02-14

一、引言

激光熔覆虽然有许多独特的优点而倍受人们青睐^[1-3],但目前国内外开发研究的激光熔覆工艺都是在大气中采用开放式吹气保护下进行,使得激光熔覆时熔池全部或部分地暴露在大气之中,从而使得大气中的氧气、氮气等带入熔池,易在熔覆层中形成气孔,导致熔覆层中合金元素的烧损等问题的出现,甚至会由此引起熔覆层开裂,严重阻碍激光熔覆新工艺的推广应用。本文则采用封闭式真空室作为激光熔覆的保护环境,研究了真空激光熔覆的工艺特点及其对熔覆层质量的影响。

二、试验方法

1. 试验材料 熔覆材料为 FeCrNiBSi 自熔合金粉末,基材为 45# 钢,其尺寸为 80mm × 35mm × 10mm。

2. 激光熔覆 在连续 CO₂ 激光器上进行大气和真空激光熔覆(单道),工艺参数为:功率 2kW,光斑直径 5mm,扫描速度 2~8 mm/s,熔覆合金采用预置法涂粉于基材上,预置粉末厚度为 0.8mm,真空室真空度约为 10Torr~3Torr,真空反应室如图 1 所示。

3. 熔覆情况检测 用体视显微镜和 SEM 检测两种熔覆条件下的熔覆层尺寸和熔覆质量,并进行对比分析。

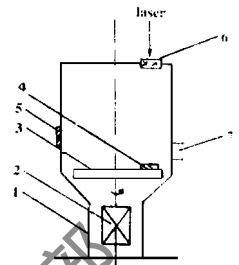


Fig. 1 Schematic of vacuum laser cladding chamber
 1- vacuum reaction chamber 2- motor
 3- sample holder 4- sample 5- window
 6- window for laser in 7- to vacuum pump

三、试验结果与分析

1. 真空对熔覆层尺寸的影响

分别在真空反应室和大气下用相同工艺参数进行激光熔覆,然后检测熔覆层尺寸,结果如图 2 所示。从图可知无论在真空还是在大气下,熔覆层尺寸(W 和 H)与扫描速度间都有着相同的变化规律。即随扫描速度的增加,W,H 值都呈下降趋势。另外也明显看出真空条件下熔覆层尺寸(W,H),无论在什么工艺条件下,都小于在大气条件下的熔覆层尺寸,也就是说真空激光熔覆中,熔池中合金粉末熔化量明显减少。

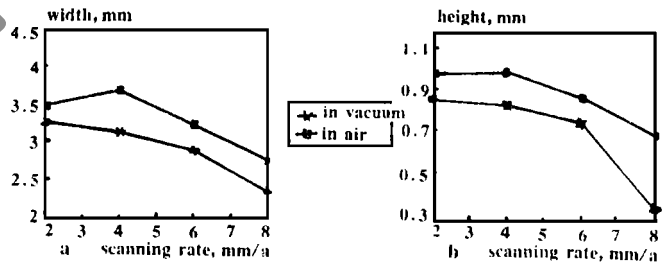


Fig. 2 Effect of laser scanning rate on the size of cladded layer
 a—effect on width of cladded layer b—effect on depth of cladded layer

在真空条件下熔覆层尺寸随扫描速度的增加而减小。这显然是与熔池内所吸收的能量多少有关,这结果与大气下激光熔覆的规律完全相同^[4]。有趣的是真空条件下激光熔覆层尺寸比大气下小。产生这种现象的原因我们认为主要有以下两点:(1)采用的熔覆材料是铁基自熔合金粉末,在大气中熔覆时,其中的 B, Si 等易氧化元素以及部分 Fe 元素都会很快氧化形成氧化渣而上浮。一则 B, Si, Fe 这些元素的氧化反应都是放热反应,由此放出的热量会有效地提高熔池的温度;二则反应渣上浮对熔池的散热起到阻碍作用,这无疑也会对提高熔池温度起一

定作用。而在真空条件下熔覆则不可能有这些情况出现。(2)从图 1 知,真空反应室有一激光入射窗口,工作光束必须透过此窗口的一平透镜方能到达试样表面,而此透镜会对激光束产生一定的吸收作用,基于以上原因,真空激光熔覆熔池的温度必然会低于同等条件下大气激光熔覆熔池的温度,而较低温度熔池的流动性较差,对周围粉末的吸入及使之熔化的能力也差,那么熔池中熔化的粉末总量也少,从而导致真空熔覆层尺寸减小。

2. 真空条件对熔覆层质量的影响

(1) 微观质量 检查大气和真空下激光熔覆层组织,我们发现大气中熔覆的熔覆层组织中有较多的微孔洞,如图 3 所示,而此类缺陷在真空熔覆层组织中则明显减少了。这主要是因为真空熔覆避开了大气中 O_2 , N_2 等的进入熔池,同时真空反应室中副压的作用使得涂层中原有的化学粘剂燃烧后所产生的有害气体能更有效的排出,从而减少了由此所带来的气孔等显微缺陷,提高了熔覆层的质量。

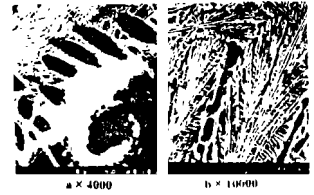


Fig. 3 Micro-defects of clad layer. a—micro-hole in boundary between clad layer and substrate b—porosity in clad layer

(2) 开裂敏感性 检查两种不同条件下熔覆层表面质量发现,真空激光熔覆层开裂敏感性明显低于大气下激光熔覆层的开裂敏感性,其结果如图 4 所示。图中 a 为

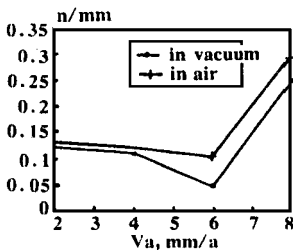


Fig. 4 Effect of vacuum on cracking sensibility of laser cladding layer

另外真空熔覆时熔池温度相对较低(见上节),熔覆层冷却时的温度梯度较小,冷却速度较低,热应力较小也是其开裂敏感性减小的原因之一。

四、结 论

1. 真空激光熔覆的熔覆层尺寸随激光扫描速度的变化规律与传统大气下激光熔覆相同,但在其它条件相同时,前者的熔覆层尺寸明显小于后者的。
2. 真空条件能有效提高熔覆层质量,减少熔覆层中的气孔等显微缺陷,提高其抗开裂能力。

参 考 文 献

- 1 刘江龙. 金属热处理, 1992; (3): 3
- 2 Powell J, Steen W M. Vibro laser cladding. In: K. M. Mukherjee ed. Laser in metallurgy, New York: The metallurgical society of AIM E. 1982: 92

3 宋武林, 朱蓓蒂, 甘翠华 *et al.* 中国激光, 1995; A22(4): 309

4 Weerasinghe V M, Steen W M. Laser cladding with pneumatic powders delivery. Proc 4th Int Conf on Laser in Materials Processing, Los Angeles: ASM, Metals Park, OH, 1983: 165

作者简介: 宋武林, 男, 1964 年出生。博士。现从事材料激光表面强化和 TEM 材料显微分析。

收稿日期: 1996-01-16

收到修改稿日期: 1996-05-14