

扫描路径和搭接率对激光平面熔覆基板变形的影响

咸士玉 杨爱萍 颜 羽 悦 平 张 萍
(长治清华机械厂, 长治 046012)



摘要: 结合实验观察, 研究了激光平面熔覆扫描路径和搭接率对基板变形的影响, 探讨了基板的变形机理, 确定了影响变形的主要因素, 为采取控制基板变形的工艺方法奠定了基础。
关键词: 激光熔覆; 扫描路径; 搭接率; 基板变形

Effect of Scanning Path and Overlap Rate on Substrate Deformation during Laser Cladding

Xian Shiyu Yang Aiping Yan Yu Yue Ping Zhang Ping
(Changzhi Qinghua Machinery Factory, Changzhi 046012)

Abstract: The paper studies effect of scanning path and overlap rate on substrate deformation during laser cladding, discusses deformation mechanism and confirms the main factors affecting deformation. These will establish base for technics of controlling substrate deformation.
Key words: laser cladding; scanning path; overlap rate; substrate deformation

1 引言

激光熔覆技术是 20 世纪 70 年代随着大功率激光器的发展而兴起的一种新的表面改性技术, 可以在廉价的基体上熔覆一层高性能表面材料, 节约贵重金属、稀有金属, 适用于局部易磨损、腐蚀、氧化等零部件, 具有广阔的发展前景^[1~3]。
在激光熔覆过程中产生熔池凝固收缩, 变化的温度场和巨大的温度梯度引起的温度应力, 熔覆层与基板变形不协调引起的变形应力, 组织转变引起的组织应力, 综合作用的结果将引起基板变形。基板变形是

激光熔覆中最棘手的问题之一^[4, 5], 严重影响熔覆工艺和零件的精度, 降低了零件的使用性能。该问题一直是激光熔覆技术研究中受到普遍关注和致力于解决的关键问题。研究基板的变形机理, 可以为采取控制基板变形的工艺方法奠定基础。

2 实验

2.1 实验材料

基板材料选用工业上常用的 A3 钢, 尺寸为 100mm×25mm×12mm。A3 钢的成分见表 1。

表 1 A3 钢成分 %

C	Si	Mn	P	S	Fe
0.14~0.22	≤0.30	0.30~0.65	≤0.045	≤0.05	Bal

熔覆材料选用 316L 不锈钢粉末 (粉末粒度为 -140+200 目)。316L 不锈钢粉末的成分见表 2。

作者简介: 咸士玉 (1981-), 硕士, 材料加工工程专业; 研究方向: 激光加工。
收稿日期: 2011-01-12

表 2 316L 不锈钢粉末成分						%
Cr	Ni	Mn	Mo	Si	Fe	
16.00~18.00	12.00~15.00	≤2.00	2.00~3.00	≤1.00	Bal	

2.2 实验方法

通过多次熔覆实验发现，基板变形主要是两端沿高度方向的翘曲变形（基板变形模型见图 1 所示）。本文主要通过测量和比较任意一端基板翘曲变形量，研究激光平面熔覆扫描路径和搭接率对基板变形的影响，探讨基板的变形机理。

通过实验观察与测量两种扫描路径基板的变形

情况，确定产生较小变形的扫描路径，并分析其产生机理。扫描路径示意图见图 2 所示。

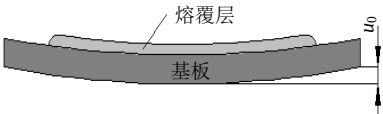


图 1 基板变形模型

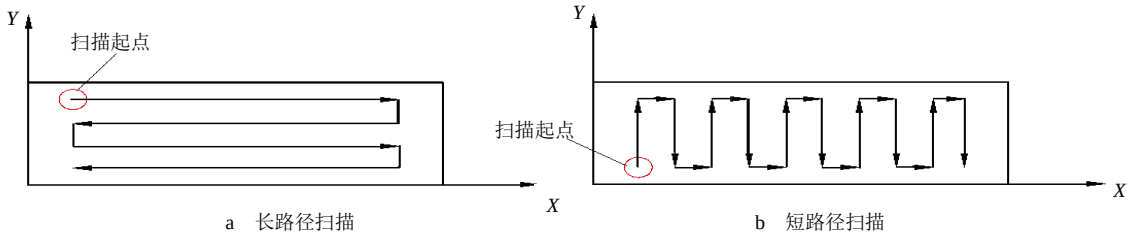
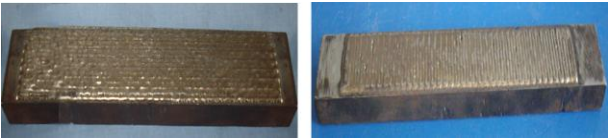


图 2 基板熔覆扫描路径

在进行激光平面熔覆时，道与道之间必然存在一定的搭接率。而搭接率不同，熔覆层和基板的应力分布也不同，导致基板的变形不同。因此，研究搭接率对基板变形的影响是很有必要的。通过实验对比搭接率分别为 0、1/3、1/2 长路径和短路径扫描的基板变形情况，得出基板变形量随搭接率变化的规律。

2#实验采用短路径扫描的方式。熔覆工艺参数为：激光功率 1000W，激光扫描速度 3mm/s，送粉量为 1.5g/min。基板熔覆后如图 3 所示。



a 长路径扫描 b 短路径扫描

图 3 1#和 2#实验基板熔覆后图片

3 实验结果与分析

3.1 扫描路径对激光平面熔覆基板变形的影响

为了观察扫描路径对基板变形的影响，1#和 2#实验选择 100mm×25mm×12mm 的 A3 钢作为平面熔覆的基板，熔覆面积为 80×20mm²，搭接系数为 1/3，熔覆 316L 不锈钢。1#实验采用长路径扫描的方式，

由于基板变形较小，通过图 3 很难观察到基板的变形情况。只有通过测量端部的位移，才能够很好地了解基板的变形情况。表 3 为 1#、2#实验变形测量的结果。

表 3 1#、2#实验基板变形测量结果

试验次数		mm			
试验号		1	2	3	平均
1#		0.47	0.49	0.51	0.49
2#		0.27	0.30	0.31	0.29

通过表 3 测量结果的比较，可知采用短路径扫描基板的变形减小了 40.8%。因此，对于激光平面熔覆基板产生较小变形的扫描路径为短路径扫描。

在熔覆过程中，前一道扫描所产生的热量可以对

下一道起到预热作用。采用长路径扫描时，激光扫描完前一道，折回进行下一道扫描所需要的时间较长，前一道对下一道的预热效果不如采用短路径的预热效果，下一道扫描时基板与熔覆层的温差较大，导致

熔覆层与基板之间产生较大的应力。

3.2 搭接率对激光平面熔覆基板变形的影响

在进行激光平面熔覆时，为了提高熔覆面的平整度，减少后续加工量，通常通过提高搭接率来实现。而随着搭接率的提高，前一道在搭接区受后一道热作用的影响，重熔区加宽，使熔覆层和基板的应力分布发生了改变。因此，在进行激光平面熔覆时道与道之间的搭接率不同，基板的变形也不同。研究搭接率与基板变形的关系，对于提高产品的表面熔覆质量和加工精度具有非常重要的意义。

为了探索基板变形与搭接率之间的关系，通过长路径和短路径扫描方式，采用不同搭接率进行实验。

a. 长路径扫描方式，3#和4#实验选择100mm×25mm×12mm的A3钢作为平面熔覆的基板，熔覆面积为80×20mm²。分别做搭接率为0和1/2的熔覆实验，搭接率为0的要求道与道之间不搭接但紧紧挨着，熔覆316L不锈钢。熔覆工艺参数：激光功率1000W，激光扫描速度3mm/s，送粉量为1.5g/min。1#、3#、4#熔覆后基板变形测量结果见表4。

表 4 1#、3#、4#实验基板变形测量结果 mm

试验次数 试验号	1	2	3	平均
1#	0.47	0.49	0.51	0.49
3#	0.35	0.37	0.38	0.37
4#	0.73	0.76	0.75	0.75

根据表4的数据，可以绘制出采用长路径扫描基板变形量随搭接率变化的曲线，见图4。

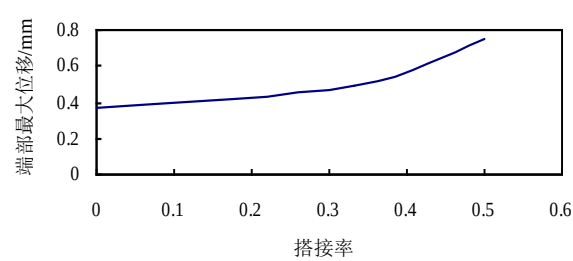


图 4 长路径扫描基板变形随搭接率的变化情况

b. 短路径扫描方式，5#和6#实验选择100mm×25mm×12mm的A3钢作为平面熔覆的基板，熔覆面积为80×20mm²。分别做搭接率为0和1/2的熔覆实验，搭接率为0的要求道与道之间不搭接但紧紧挨着，熔覆316L不锈钢。熔覆工艺参数：激光功率1000W，激光扫描速度3mm/s，送粉量为1.5g/min。2#、5#、6#熔覆后基板的变形测量结果见表5。

表 5 2#、5#、6#实验基板变形测量结果 mm

试验次数 试验号	1	2	3	平均
2#	0.27	0.30	0.31	0.29
5#	0.19	0.24	0.23	0.22
6#	0.46	0.48	0.44	0.46

根据表5的数据，绘制出采用短路径扫描基板变形量随搭接率变化的曲线，见图5。

通过对图4和图5的观察可以得到：

- a. 无论是采用长路径还是短路径，基板的变形均随搭接率的提高而增加，且二者的变化规律相同。
- b. 从图中的曲线可以看出，当搭接率小于等于1/3时，基板变形随搭接率的增加变化比较平缓；当搭接率大于1/3时，曲线变得比较陡，说明基板随搭接率的增加变化较大。

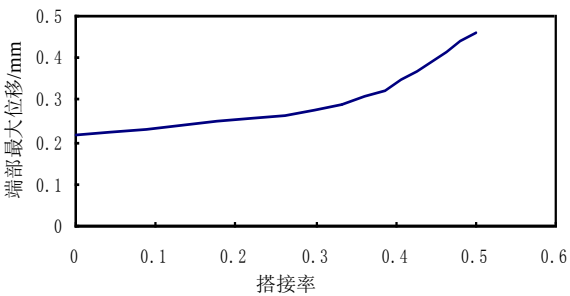


图 5 短路径扫描基板变形随搭接率的变化情况
(下转第 32 页)

