

激光送丝堆焊工艺参数对堆焊层组织性能的影响

骆 芳¹ 刘新文² 姚建华³¹ 浙江工业大学之江学院 ² 浙江巨化股份有限公司电化厂 ³ 浙江工业大学机电学院

摘要 在 45# 钢基体上, 选用不同的激光功率、扫描速度、送丝速度, 用专用焊丝进行堆焊试验。结果表明: 当速度不变时, 激光功率增加, 其热影响区变大, FeNi 基体上析出 V8C7 组织, 由细变粗, 硬度增加; 当其它条件不变时, 随着扫描速度的增加, 堆焊层的稀释率下降, 硬度增加, 随着送丝速度的增加, 堆焊层的组织均匀分布, 硬度增加。由此达到优化工艺目的。

关键词 激光送丝堆焊 工艺参数 显微组织 性能

Affect of Mechanism and Properties on Technology of Laser Overlaying

Lu Fang¹ Liu Xinwen² Yao Jianhua³

(Zhejiang University of Technology Research Center Laser Processing Technology and Engineering, 310014)

Abstract A laser overlaying experiment was studied on 45 steel matrix with special alloy wire by using different laser power, scanning velocity and wire feed rate. The result shows that when the velocity is constant, with laser power increasing, the heating affected zone enlarges, the microstructure grain becomes smaller, and the hardness increases. And when other condition is constant, with scanning velocity increasing, the rate of dilution decreases, hardness increases; and with wire feed rate increasing, the microstructure distributes uniform, the hardness first increases, and decreases at last.

Key words laser overlaying, technological parameter, microstructure, property

激光堆焊是应用激光作为热源的进行堆焊处理的一种表面改性技术, 是传统表面改性技术的补充和发展, 而且具有传统的表面改性技术所无法比拟的优点。虽然在现在表面改性技术中, 激光堆焊的应用所占用的比例不大, 但其能获得优越的性能一直倍受人们的关注, 应用前景光明。激光堆焊可以获得优于传统的热处理技术的性能, 达到普通表面改性难以达到的技术目标。到现在为止, 已经在活塞环、缸套、刀具、模具、阀体等应用上取得了一定的成果, 受到机械制造与维修、汽车制造、纺织机械、航海、航天和石油化工领域的普遍关注^[1]。

激光堆焊工艺以其快速凝固作用使晶粒细化, 堆焊层易获得更高硬度的耐磨组织, 从而使耐磨性得到改善。激光堆焊层的显微组织和性能除了受堆焊层基体材料和堆焊层的化学成分影响外, 还受激光堆焊的工艺参数, 如激光功率、扫描速度、送丝参数等方法的影响。

实验部分:

在 45# 钢的基体上, 选用不同的激光功率、扫描速度、送丝速度等, 用专用焊丝进行堆焊处理, 采

用 CO₂ 激光器, 光学显微镜和 HDX-1000 数字式显微硬度计测试堆焊层硬度, 利用金相显微镜观察堆焊层横断面微观组织, 用 Thermoarl-SCINT-AGX TRAX 射线衍射仪和 Thermo Noran VANTAGE-ESI 能谱分析堆焊层物相组成。试样尺寸为 100×40×12(mm³)

表 1 专用焊丝成分

元素	V	Cr	Ni	C	W	Fe
wt%	20-30	2-3	1-2	3-4	20-30	余

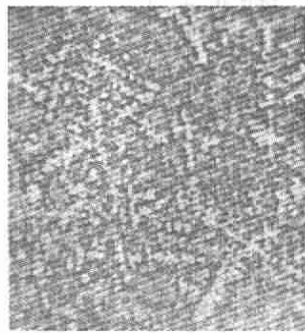
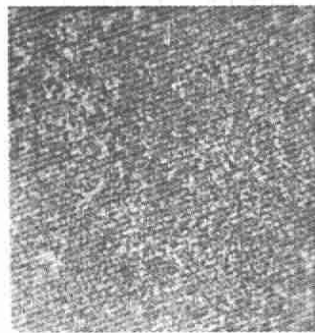
结果与讨论:

1. 激光功率对堆焊层组织的影响

由图 1、2 所示: 1a 对应于 V_s 为 0.1m/min, 当 P 为 2.8KW 足以使专用焊丝熔化并在 FeNi 基体上析出 V8C7, 堆焊层中起强化作用, 因此硬度相对较高; 随着功率的增大, 熔池中温度升高, 过冷度减少, 因此枝晶变得粗大, 使得硬度略微下降, 如图 1b; 试验中还发现, 送丝速度恒定时, 随着激光功率的增大, 焊丝对光束的反射率减小, 其原因与焊丝的表面

温度有关。激光堆焊时,激光产生的热量 Q 分为两部分即 Q_1 和 Q_2 , Q_1 使焊丝加热, Q_2 用来激光堆焊^[2]; 激光功率的增大, Q 增大, Q_1 快速加热焊丝, 由于液态填充金属的吸光率比固态金属大, 高温金

属的吸光率比低温金属大, 势必导致焊丝的表面温度升高加快, 焊丝熔化率提高, 吸收的功率大大增加, 提高对激光的吸收率。因此, 可采用焊丝预热的方法来提高焊丝对光的吸收率。



(a) $P=2.8\text{kW}$ $V_s=0.1\text{m/min}$ $V_f=0.3\text{m/min}$

(b); $P=3.1\text{kW}$ $V_s=0.1\text{m/min}$ $V_f=0.3\text{m/min}$

图1 激光功率对堆焊层显微组织影响 440×

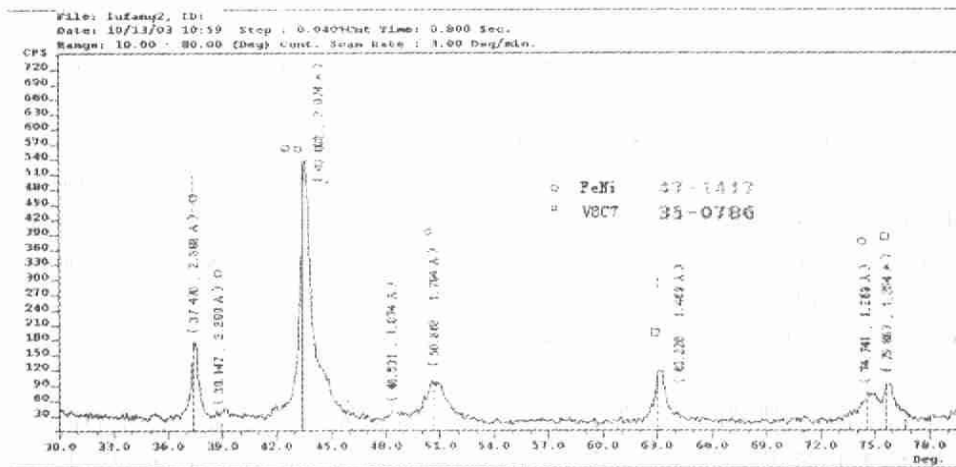
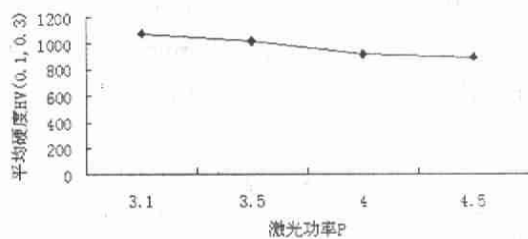


图2 堆焊层 XRD



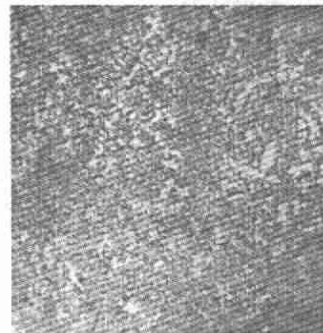
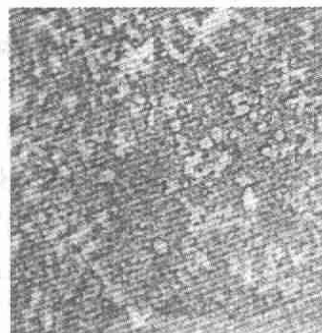
$V_s=0.1\text{m/min}$, $V_f=0.3\text{m/min}$

图3 激光功率对堆焊层显微硬度的影响

同时可以看出: 在扫描速度和送丝速度相同时, 随着激光功率增大, 枝晶变粗, 硬度平均值下降。(如图3)

2. 扫描速度对堆焊层组织性能的影响

激光扫描速度与激光功率有相反的作用。将它们综合于比能量 ES ($ES=P/\Phi VS$) 即单位面积的辐照能量, 共同决定熔池中的温度场^[3]。因此它的作用会引起的表面形貌变化与激光功率作用相反, 当



(a) $P=2.8\text{kW}$, $V_s=0.1\text{m/min}$, $V_f=0.3\text{m/min}$

(b) $P=2.8\text{kW}$, $V_s=0.2\text{m/min}$, $V_f=0.3\text{m/min}$

图4 激光扫描速度变化对堆焊层性能的影响

速度较低时,相当于高功率的激光作用于熔池,熔池温度很高,直接导致到热影响区的增大,稀释率大幅度提高,此外,在引起晶粒粗大(如同氩弧焊所获得的组织)的同时,还会烧损在堆焊层中起强化作用的金属碳化物,使堆焊层的性能大打折扣;而当速度较高时,相当于低功率的激光作用于焊丝表面,显著的表现就是浸润角增大,严重的可引起焊丝不熔化。

随着扫描速度的增加硬度总体上呈上升的趋势;组织为等轴晶+针状马氏体+金属碳化物;随着扫描速度的提高,过冷度增大,针状马氏体消失,转化为隐晶马氏体,晶粒得到细化,并且析出更多硬质合金质点 V8C7,弥散分布在等轴晶体上,因此使得硬度明显提高(图 3、图 4)。

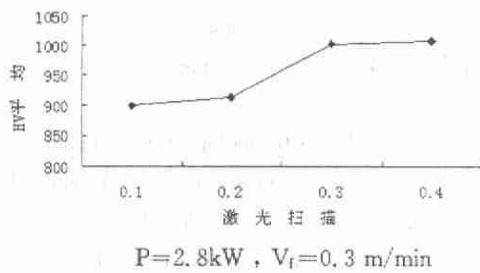


图 5 激光扫描速度对堆焊层显微硬度的影响

3. 送丝速度 V_f 对组织性能的影响
送丝速度 V_f 也作为激光堆焊中的一个重要的工艺参数,因为它直接影响填丝量的多少,以及焊丝与基体的结合处质量的好坏。

结合图 5 可以看出,其它参数相同,当送丝速度为 0.20m/min,送丝速度明显不够,熔化的焊丝不足以填充激光扫描速度变化时所扫过的间距,至使表面出现间隔较大的鱼鳞状;从金相照片可以看出:当送丝速度较慢时,焊丝接收的能量较大,过冷度小,因此形成面积较大的平面晶或等轴晶,如图 5a;当速度增大到 0.30m/min,送丝速度的增加,使得熔化的焊丝及时的填充熔池,经过熔池的对流运动形成表面质量较好的表面;当速度到达 0.40m/min 时达到最佳状态,继续增大送丝速度,激光能量被增加的焊丝所平均,造成熔池内的温度下降,存在着夹杂现象。因此,随着送丝速度的增大,过冷度增大,至使细小枝晶的出现,金属碳化物得以更加均匀和弥散的分布,至使整个堆焊层硬度提高,枝晶不断完善,如图 5b、c、d;但同时也要注意送丝速度增加的同时,总体吸收激光热能也大,这些能量存储在堆焊层中,导致晶粒粗大,如图 5d。

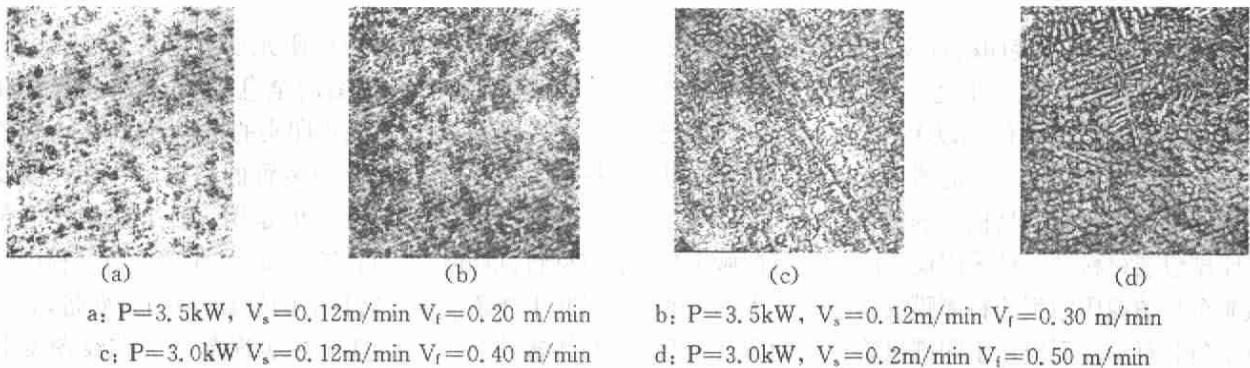


图 6 送丝速度变化对堆焊区组织的影响 440×

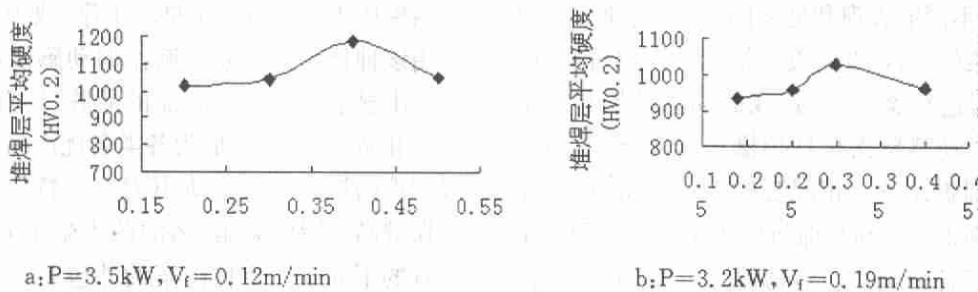


图 7 自动送丝速度变化对堆焊层硬度的影响

从图 6 我们可以看到,随着送丝速度的增加,硬度总体变化先增大,增大到一定程度发略微下降,这

种现象的产生是由于随着送丝速度的加大,光的利用率大大提高,

(下转第 212 页)

形成的像素点,一种颜色对应一个方向的干涉光。在图形设计程序中先定义一个调色板,使之起到颜色与干涉方向间的映射作用,然后就可以按照调色板中各种颜色的位置来进行图形设计。一般可以采用 PhotoShop、CorelDraw、Illustrator 等通用软件对动感图案进行特定的设计,或者与一些专用电脑程序计算产生的奇异变换的图案设计相结合,同时组合不同大小、形状的光点和不同光栅密度,由全息图制作控制系统进行定点定位的制版,制成预设的视觉效果图案。这种图案根据具体设计而确定,他人极难模仿。如果以分辨率为 100dpi 制作,16"×12"面积内就有近 5 万个光栅点,忽略图案设计,要仿制出同样效果的图案,所有的光栅点的编码要与原稿一致,其技术难度是极大的。若以更高的 dpi 制作,难度就更大了。因此,它具有极好的防伪性能和动感效果。

结果与前景

利用直接光刻,制出无拼缝的 16"×12"大幅面母版,属国内首创。系统采用大网点快速制版的工作方式,是印刷包装行业的一次技术创新,对名烟、名酒等一些大幅单元图案的包装和具有自主知识产权的商品和防伪产品,具有很好的实用价值和防伪效果。至今已为数十家包装公司和印刷厂及直接客户进行了制版。另外市场对无油墨印刷这种环保型

绿色包装材料的需求量还在不断增长和发育,在装饰、装潢行业及金属全息纪念币等方面也具有很广阔的应用前景。

参考文献

- [1] The international anti-counterfeiting directory 2004, counterfeiting intelligence bureau
- [2] Jillian Prebble "Forgery costs brand owners billions every year". summarises the latest security technologies available to packagers
- [3] David Pizzanelli, "The development of direct-write digital holography" Digital Holography
- [4] C. K. Lee, et al, *Applied Optics*, 2000, Vol. 39, No. 1, 40-53
- [5] J. H. Huang, et al, *SPIE* 1996, Vol. 2652, Holography X, 117-123
- [6] I. K. Tsiganov, S. B. Odinkov, "Optical scheme of the device for producing Dot-matrix holograms with acoustooptic modulator" The IV International Symposium and Exhibition < Photonics of Ukraine - 2003 > "Optical Holography and its Application" Nauka, 26 June 2003
- [7] SPIE-The International Society for Optical Engineering CONFERENCE PROGRAM Optical Holography and its Applications 24 - 26 May 2004, Kiev, Ukraine
- [8] 上海市科技攻关项目,科技查新报告(20032100800644),上海市科学技术情报所。

(上接第 209 页)

存储在熔池中的能量增大,相当于热能向径向传播的时间变长,致使整个堆焊层的热影响区层深增大,而宽度只有略微的增加(因为决定堆焊层宽度的主要参数是光斑的大小);堆焊层的尺寸也有相似的变化。

结论

1. 当速度不变时,激光功率增加,其热影响区变大,组织由细变粗,硬度增加;
2. 当其它条件不变时,扫描速度增加,堆焊层的稀释率下降,硬度增加;

3. 当其它条件不变时,送丝速度增加,堆焊层的组织均匀分布,硬度先增加,后下降。

参考文献

- [1] 徐滨士,刘世参等编著.表面工程.北京:机械工业出版社,2001.7.61-84
- [2] 闫疏禾,钟敏霖,高功率激光加工及应用,天津:天津科学技术出版社.1992.132-135
- [3] 关振中,激光加工工艺手册,北京:中国计量出版社.1998.236-306