

激光功率对铸铁表面熔化处理后性能的影响*

郑克全 张思玉

田良鸿

(兰州大学物理系)

(甘肃省分析测试中心)

摘要: 本文叙述对激光熔化铸铁表面处理后的试样进行的显微组织形貌、显微硬度、耐磨和耐酸碱腐蚀性等方面的测试和分析,并对熔池深度和激光功率的关系进行了研究。

Effect of laser power on the propenties of melting treatment of cast iron

Zheng Kequan, Zhang Siyu

Tian Lianghong

(Department of Physics, Lanzhou
University)(Gansu Centre of Analysis
and Measure)

Abstract: Cast iron surface after laser melting treatment has been synthetically analysed on microstructure, microhardness, wear resistance and corrosion resistance of the sample. The relation between the depth of melt pool and laser power has been presented.

一、引言

目前除了激光相变硬化在表面处理工艺中应用外,最近已把注意力集中到用各类大功率激光器进行金属表面熔化、表面合金化、表面包覆和表面非晶化的研究^(1~3)。

激光熔化处理是利用能量密度很高的激光束,在金属表面上连续扫描,产生一层熔层。由于高速能量传输下的快速熔化,当激光束高速移走后,金属本身对熔化区进行快速冷却,通过快速熔化-凝固过程,使金属表面层产生特殊的微观结构。这种结构的形态与激光功率密度、扫描速度、金属本身的成分和冷却条件有关。

灰口铸铁成本低廉,国内外一些汽车制造公司正在用它制造易受磨损的结构部件。为了提高其耐磨性,本文讨论了对灰口铸铁激光熔化处理的研究结果。应用激光处理可在表面层产生莱氏体组织,获得了良好的耐磨性和抗腐蚀性能,试验结果表明,当光斑直径和扫描速

* 甘肃省自然科学基金资助项目。

度不变时，熔池熔化深度和激光功率有直线关系。

二、实验条件和方法

使用的灰口铸铁材料成分示于表1。试样加工成 $20 \times 20 \times 6 \text{ mm}^3$ 的金属块。试样在进行激光处理前，进行了高温磷化处理，以提高材料吸收 $10.6 \mu\text{m}$ 激光辐射的能力。

激光熔化处理实验是在一台JL-6型横向流动 CO_2 激光器上进行的(输出功率 $500 \text{ W} \sim 2000 \text{ W}$ 连续可调)，用散焦光束，光斑为圆形，直径 3 mm ，扫描速度 7 mm/s 。

表1 铸铁样品的成分

元素	C	Mn	Cr	Ni	S	P	Si	Fe
含量(%)	3.20	0.63	0.63	0.08	0.04	0.03	2.11	余量

三、实验结果和讨论

1. 熔化层的显微组织分析

用不同激光功率分别对样品进行了单次扫描，处理后的样品经S-450型扫描电镜观察发现激光功率大于 0.6 kW 时，表面被熔化，其熔化层的全貌如图1所示。图1a为功率大于 0.6 kW 的激光束处理后的样品，自表面向内可明显地分为三个不同区域：熔化区、热影响区(即相变硬化区)和基体。而图1b为功率小于 0.6 kW 的激光束处理后的样品，由于所提供的能量不足以使表面层熔化，故从照片上只能看到两个区域，且无熔化区存在。

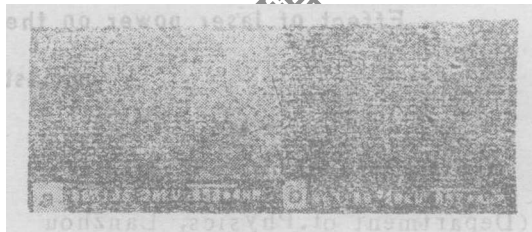


图1 熔化层全貌

在扫描电镜上将三个区域放大后可以清楚地看到不同的显微结构，所拍摄的照片分别如图2、图3和图4所示。

基体区：铸铁基体原始组织呈现出粗大的片状石墨带，在石墨带间为珠光体和铁素体组织；如图2所示。**熔化区：**经激光束熔化后而迅速冷却凝固的显微组织，再看不出片状石墨带的痕迹，整个熔化区呈现细小而均匀的鱼骨状形态，物相分析表明，其中主要是渗碳体和奥氏体结构，如图3所示。**热影响区：**在此区域中，尚未达到熔化温度，但是温度比室温要高得多，所以随基体中碳的饱和程度，石墨可以向铁中溶解。在热影响区，石墨片缩小是它溶解的结果，也就是说在一定温度下，石墨带的碳原子扩散的结果。在这样的温度下，铸铁基体组织发生了相变，出现了淬火马氏体和少量残余奥氏体组织，如图4所示。

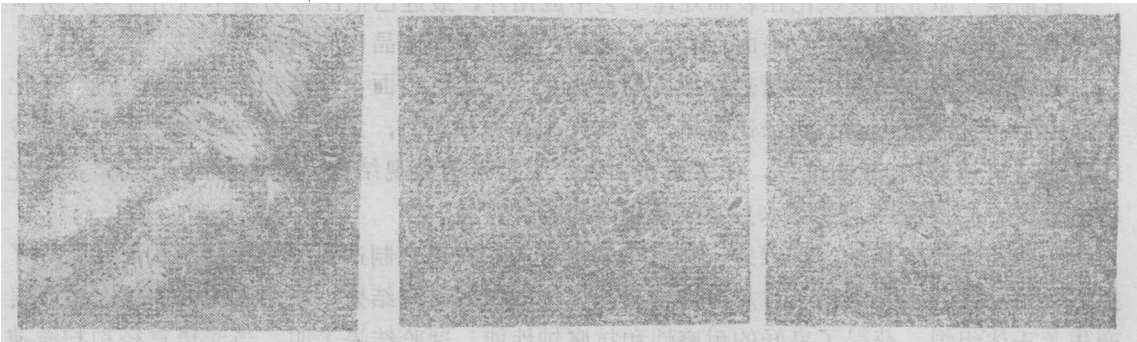


图2 基体的显微结构
($\times 1000$)

图3 熔化区的显微结构
($\times 1000$)

图4 热影响区显微结构
($\times 1000$)

2. 熔化层深度与激光功率的关系

为了研究熔池深度与激光功率的关系,在扫描速度固定(7mm/s)的情况下,用不同的激光功率对样品进行熔化处理,测量出了熔池的最大深度,实验结果发现熔池深度与激光功率之间存在着简单的直线关系,见图5。值得指出的是W.M.Steen和C.Courtney^[4]曾经采用因子设计法得出了相变硬化深度与激光参数 P/\sqrt{Dv} 有直线关系。若固定光斑直径 D 和扫描速度 v 不变的情况下,即相变硬化深度与激光功率 P 有直线关系,显然两者是一致的。可见,不论在相变硬化或熔化处理时,其处理区的深度(相变硬化深度或熔池深度)与激光功率在一定条件下存在着直线关系。

3. 显微硬度分布

我们用一台71型显微硬度计在200g的负载下测量了样品的硬度分布,如图6所示。从硬度分布曲线可以看出:(1)激光熔化处理的表面硬度值大于激光相变硬化处理的硬度值。这是由于快速熔凝产生更微细化的晶粒组织,使材料强度进一步得到了提高。(2)对激光熔化处理来说,在激光功率大于产生相变硬化功率时,起初随着激光功率的增加,表面硬度值也升高,在激光功率为1.2kW时,表面硬度值可达1100HV,若使用过高的激光功率(1.4kW),表面由于过热而使冷却速度减慢,故硬度有所降低。

4. 耐磨损性能的测试

实验时采用一台往返式磨损试验机进行耐磨损测试,用2*金刚砂作磨料,负载为1500g,用 10^{-6} 的精密分析天平测定样品每走完600m路程的损失重量,所得结果如图7所示。由图可见,对铸铁的激光熔化处理来说,其表面硬度越高,则其耐磨损性能越好。

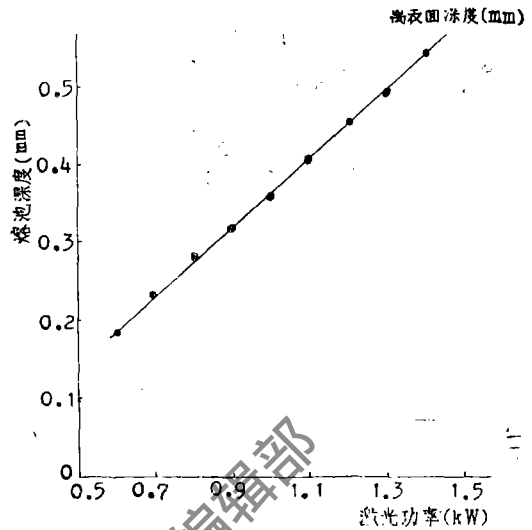


图5 熔池深度与激光功率的关系

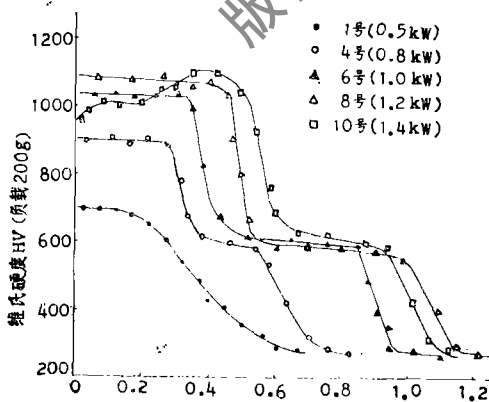


图6 硬度分布曲线

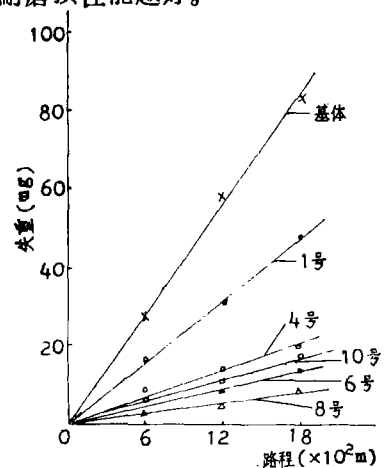


图7 抗磨损对比曲线

5. 抗腐蚀性能的测定

铸铁表面经激光辐照处理,使之发生局部熔化,并快速重新凝固,最后使表面组织细化变质。它促使表面具有较大的惰性,以及由于重熔期间与空气快速反应生成的氧化物对表面有良好的保护性能,所以使得表面抗酸碱腐蚀性能有一定的提高。我们在常温条件下将样品放在5%的 H_2SO_4 溶液和5%的NaOH溶液中分别进行了500h和520h的腐蚀试验,实验结果如表2所示。

表2 表层抗腐蚀测定结果

激光处理条件		腐蚀速度 ($g/m^2 \cdot h$)	
编号	激光功率(W)	5% H_2SO_4 溶液	5%NaOH溶液
基体		6.42850×10^{-2}	4.60280×10^{-2}
1	500	6.37201×10^{-2}	4.51346×10^{-2}
4	800	2.18152×10^{-2}	1.69822×10^{-2}
6	1000	2.20715×10^{-2}	1.70252×10^{-2}
8	1200	2.10823×10^{-2}	1.67841×10^{-2}
10	1400	3.24081×10^{-2}	3.01364×10^{-2}

四、结 论

铸铁经激光熔化冷却后可得到表面硬度高达HV1100的表面层,熔化层厚度约为0.5mm,若加上热影响区则表面淬硬厚度可达约1.0mm。

表面熔化层的厚度与激光处理的功率在一定条件下呈线性关系,处理区的显微组织与激光束参数和冷却速度等有关。

激光熔化铸铁表面使用于耐磨工件是可能的,在选择最佳处理条件情况下,其耐磨性能可能比基体提高10倍左右,而且耐酸碱腐蚀性能也能得到很好的改善。

参 考 文 献

- [1] 《中国激光》, 1986年, 第7期, 第434页。
- [2] Opt.Eng., 1980, Vol.19, No.5, P.783.
- [3] J.Metal, 1982, No.6, P.24.
- [4] Metals Technology, 1979, No.12, P.456.

收稿日期: 1988年10月29日。

· 简 讯 ·

激光技术公司接受美国陆军的合同

陆军授予激光技术公司三项第一阶段SBIR合同。该合同项目是: 研制防止传感器免受损伤的相干辐射滤波器, 研制有效的二极管泵浦的人眼安全钕玻璃激光器, 以及提供对可调谐可见光激光光源设计最佳化和综合评价的论证。合同期一年, 合同经费大约各为10万美元。

译自L. & O., 1988, Nov., P.18.

卢中尧 译 刘松明 校