

铝硅钛合金表面激光熔覆 G312 铁基合金的研究

袁斌^{1,2} 龚知本¹ 沈书泊² 秦然²
(中国科学院安徽光学精密机械研究所¹ 合肥 230031) (郑州大学物理工程学院², 郑州 450052)

摘要:在铝硅钛合金表面,用 G312 铁基合金粉进行了激光熔覆实验,用金相显微镜和显微硬度计对试样进行了观察和测试,结果表明:选择合适的激光工艺参数可在铝硅钛合金表面熔覆上一层铁基合金层。加强对试样的冷却,可使熔覆层的显微硬度值达到基体硬度值的 13-17 倍。

关键词:铝硅钛合金,激光熔覆

Laser cladding of iron-based alloy on surface of Al-Si-Ti alloy

Yuan Bin^{1,2} Gong Zhiben¹ Shen Shupo² Qin Ran²

(Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences¹, Hefei 230031)

(Physics Engineering College, Zhengzhou University², Zhengzhou 450052)

Abstract: Laser cladding of iron-based alloy on the surface of Al-Si-Ti alloy has been investigated. The experiment indicated that by choosing proper laser processing parameters we could obtain a cladded coating on surface of the sample. The microhardness of the coating is 13-17 times that of the substrate alloy.

Key words: Al-Si-Ti alloy, laser cladding

1 引言

铝合金具有比重小、导电性及导热性好、强度较高等特点,且在大气中有良好的耐腐蚀性,因而在国民经济的许多领域中都得到了广泛的应用。但与其它一些金属材料相比,铝合金的耐磨性较差,强度也不是太高,这就限制了铝合金在一些场合的应用,也正因为如此,人们一直在寻找改善铝合金性能的方法。在铝硅系铸造铝合金中加入钛元素可细化结晶组织,有效提高材料的机械性能,因而受到广泛的关注,得到了越来越多的应用。但相对而言,铝硅钛合金对材料性能的改善仍然有限,在表面的耐磨性等方面仍不能满足某些应用的需要。

利用激光技术对金属材料表面进行改性处理,是 70 年代随着大功率激光器件的发展而发展起来的一门高新技术,主要包括激光相变硬化、熔凝、熔覆及合金化等^[1]。由于铝硅钛合金无法像钢铁材料那样利用固态相变来进行强化处理,因而对铝合金而言,激光熔覆成了一种重要的强化手段。因为铝的导热性很好,且光滑的铝表面对 10.6 μm 的 CO₂ 激光的反射率

很高,因而更增加了激光表面处理的难度。目前,国内外对铝合金表面改性的报道不多^[2],特别是对铝硅钛合金激光表面熔覆的研究国内外尚少见报道。

本文报道了用 2KW CO₂ 激光器对铝硅钛合金样品进行激光熔覆处理所获得的一些结果。

2 实验条件与方法

2.1 实验材料

本实验所用铝硅钛合金的化学成分为 (Wt. %): Si 2.5, Ti 0.32, Fe \leq 0.3, Al 余量。试样加工成 35 \times 35 \times 32mm³ 的块状,端面为激光处理面,表面涂覆材料采用 G312 铁基合金粉,标称硬度值为 (HRC) 30~40,化学成分标称值 (Wt. %) 为: Ni \geq 28, Cr 4~7, B 2.5~3.8, Si 2.5~3.8, C \leq 0.8, Fe 余量。

2.2 实验设备

实验所用激光器为上海雷鸣激光设备厂生产的 HJ-4 型横流 CO₂ 激光器,配用 GLS-III

• 1998 年 8 月 18 日收稿
1998 年 10 月 26 日收到修改稿

型激光加工系统,显微组织分析采用 Nikon HFX-ⅡA型光学金相显微镜,硬化效果采用 HXD-1000A型显微硬度计进行测定。

2.3 实验方法

2.3.1 试样的预处理 试样表面氧化层的去除是铝合金表面激光熔覆的重要步骤,实验前用金相砂纸磨试样表面,去除氧化层。将 G312 铁基合金粉用无水乙醇加适量火胶棉液调和后涂覆于试样表面,预置涂层厚度为 0.4mm。

2.3.2 试样的冷却 在有关激光熔覆的论文中,极少提及对试样的冷却处理,我们认为试样的冷却问题同样也是激光熔覆处理中不可忽视的一个问题。由金属学的知识可知,金属的晶粒直径越小,其硬度就越高,相应的耐磨性也越好。而要使结晶的粒度变大可加大其冷凝固晶时的过冷度,因此,改善试样的冷却条件可有利于熔覆层结晶粒度的增大和材料性能的提高。

另一方面,试样一般体积都较小,而实际的工件一般较大,要想将实验的结果推广应用于实际工件的处理中,应当使两者的散热条件较为接近。显然,我们应该加强对体积较小的试样的冷却。实际的实验中我们是通过将样品块大部分浸没在水中来加强冷却的。

当然,在熔覆层易出现裂纹的情况下,需解决的首要问题是防止裂纹的产生,一般多采用预热基体的方法加以解决^[3]。不过,在下面的实验中,未发现熔覆层中有裂纹出现。

2.3.3 实验方法 固定激光功率为 1.1KW(多模),调节被处理试样与聚焦镜头的相对位置使试样表面光斑直径为 2mm,在 0.1~0.3 米/分的扫描速度范围内,以不同的扫描速度在试样表面扫出多条有一定间隔的互相平行的激光作用带,激光处理过程中未加吹任何保护气体。

3 实验结果

3.1 测试前的预处理

将试样沿垂直于激光扫描线的方向纵剖,制成金相试样。由于激光处理后的表面不光滑,为测量表面硬度,对激光处理面亦进行了磨样、抛光。

3.2 激光熔覆区的形貌与显微硬度特性

实验发现,当激光功率 $P = 1100$ 瓦,光斑直径 $d = 2\text{mm}$ 时,只有扫描速度为 0.1 米/分和 0.15 米/分的两条激光作用带上形成了激光熔覆层,熔覆层表面无明显裂纹,但有时有气泡存在。表 1 给出了这两条熔覆带的有关测试结果,表中的激光作用时间是指激光对于工件上某一点的持续作用时间。

表 1 不同扫描速度下激光熔覆层的表面硬度及激光作用区深度

序号	扫描速度 (米/分)	激光作用时间 (秒)	比能量 (J/mm^2)	激光作用区 深度(毫米)	表面硬度 (HV)
1	0.10	1.2	330	0.2	950
2	0.15	0.80	220	0.21	920

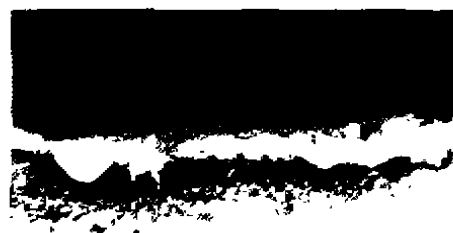


图 1 激光熔覆区横断面形貌(25X)

$P = 1.1\text{KW}$, $d = 2\text{mm}$, $V = 0.1\text{m}/\text{min}$

表中比能量比一般情况高的原因是:尽管试样表面有合金粉涂层,但从表面反射回的激光仍然很强,实验中曾将聚光头上的冷却水管烧化,后经在聚光头上加一个遮光罩才解决问题。另一个可能的原因是,实验中我们对试样进行了强制水冷,由于铝合金导热性好,在激光作用时间较长的情况下能量损失相对较大。图 1 是激光熔覆区横断面形貌图。熔覆区与基体间有明显的分界线,分界线下相邻的颜色较暗的部分是过渡区,由铁基合金粉与熔铝发生反应形成的 $\text{Fe}-\text{Ni}-\text{Al}$ 多元合金组成。图 2 给出了激光熔覆层沿深度方向的显微硬度变化曲线。熔覆层表面硬度可高达 950HV,熔覆区内硬度一般也在 750HV 以上,而铝合金基体硬度仅为 55HV,熔覆层的硬度为基体硬度的 13~17 倍。当我们将同一种合金粉熔覆于铸铁试样上,试样不加冷却时得到的熔覆层的显微硬度值仅在 600HV 左右。显然,对较小体积的试样,改善其冷却条件可使激光熔覆区的硬度得到较大改善。 (下转第 38 页)

从温度、激光功率、扫描速度的相关关系图5可看出,试样表面的峰值温度与入射功率成正比,与扫描速度成反比。通过图5中温度、激

光功率、扫描速度的相关关系,可以实现对合金材料激光处理参数的优化选择,以及对相变硬化深度的预测(见表1)。

表1 相变硬化激光处理参数及深化

材 料	激光功率(kw)	扫描速度(mm/s)	表面极值温度(k)	预测相变硬化深度(mm)	相变温度区间(K)
Cu-2%Be 合金	1.7	20	1059	0.15	1053-1073(20)
Ti-5%Al 合金	1.3	10	1654	0.20	1273-1953(680)
Al-4%Cu 合金	2.2	15	778	0.035	771-781(10)
T10 碳素钢	0.8	10	1050	0.04	1003-1053(50)
*	0.12	15	1046	0.06	

*者为参考文献^[8]实验条件,应用本文模型计算的结果。

在[8]的实验中得到相变硬度 \geq HR60。实验与计算结果吻合很好。实验得到了相变硬化,而计算表明表面极值温度在相变温度区间内。

5 结论

本文考虑到激光光束为高斯型分布情况,用有限差分方法数值模拟,对四种合金材料激光相变硬化过程温度场进行了数值计算。通过本模型可明确反映硬化过程,从而可预测激光处理的工艺参数。

参 考 文 献

[1] 荀毓圃,余水平,吴跃等,结构钢组织和性能的计算

计算机预测,金属热处理学报,1997,18(1):45-49

[2] 李强,欧阳家虎,雷廷权等.材料表面激光熔覆研究进展,材料科学与工艺,1996,4(4):22-36

[3] P. Ravi Vishnu, W. B. Li et al. Mater. Sci. Technol. 1991,7(7):649-659

[4] Yong-Feng Lu. J. Appl. Phys., 1992,71(8):3701-3712

[5] H. R. Shercliff and M. F. Ashby. Metall. Trans., 1991,22A:2459-2466

[6] A. Kar and J. Mazumder. J. Appl. Phys., 1989,65(8):2923-2934

[7] 铸造手册,机械工业出版社,1993

[8] 吴建辉,刘金绶.割绒刀具的激光热处理,中国激光,待发表

(上接第34页)

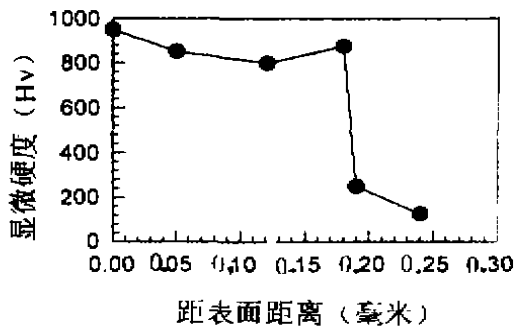


图2 横断面内硬度变化曲线

4 结论

(1)选择合适的激光工艺参数可在铝硅钛

合金表面熔覆上一层铁基合金层。

(2)加强对试样的冷却,可使熔覆层的显微硬度值达到基体硬度值的13~17倍。

感谢郑州大学材料物理重点实验室为本实验提供了铝硅钛合金材料。

参 考 文 献

[1] 范长刚等.铝合金表面激光熔覆的新进展.激光技术,1996,20:366-369

[2] 郑启光,辜建辉.激光与物质相互作用.武汉:华中理工大学出版社,1996

[3] 闫敏禾,钟敏霖.高功率激光加工及其应用.天津:天津科学技术出版社,1994