激光扫描速度对镁合金改性层组织的影响

孙凯[1]，赵琳[2]，张莹莹[2]，张鸿雪[2]
（1. 辽宁工程技术大学 创新实践学院，阜新 123000；
2. 辽宁工程技术大学 材料科学与工程学院，阜新 123000）

［摘　要］ 为了获得激光表面改性的最佳扫描速度，以工程上应用较广的 AZ91D 镁合金为基材，检测了采用不同扫描速度进行激光处理的镁合金试样的组织，系统分析了改性层组织随激光扫描速度的变化规律。结果表明：随着激光扫描速度的增加，改性层中 β-$Mg_{17}Al_{12}$ 的含量降低，树枝状晶的尺寸也随之减小且具有定向凝固的分布特征。

［关键词］ 镁合金；改性层；激光扫描速度
［中图分类号］TG156.99　　［文献标识码］A　　［文章编号］1001-3660(2012)02-0053-02

Influence of Laser Scanning Speed on Modified Layer Organization of Magnesium Alloy

SUN Kai[1], *ZHAO Lin*[2], *ZHANG Ying-ying*[2], *ZHANG Hong-xue*[2]
(1. College of Innovative and Practice, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China;
2. College of Materials Science and Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China)

［**Abstract**］ In order to obtain the optimal scanning speed of laser surface modification, taking the AZ91D magnesium alloy with wider engineering application as the substrate, the organization of the laser modified alloy sample by different scanning speed was measured, the variation of modified layer structure with laser scanning speed was analyzed. The results show that: with the increase of the laser scanning speed, the content of β-$Mg_{17}Al_{12}$ in modified layer and the size of the dendrites reduce, and it has the distribution characteristics of directional solidification.

［**Key words**］ magnesium alloy; modified layer; laser scanning speed

镁合金是常用金属材料中最轻的一种，它以较高的比强度、比刚度，优良的减震性、抗电磁屏蔽性和抗辐射能力，摩擦不起火花，切削加工和热成形性能优异，易回收等特点，广泛应用于工业生产的各个领域。在欧美，镁合金已经广泛应用于汽车等产业中[1-3]。

激光熔覆是指以不同的添料方式，在被熔覆基体表面放置涂层材料，经激光辐照，使之和基体表面一薄层同时熔化并快速凝固，形成稀释度极低且与基体呈冶金结合的表面涂层，可显著改善基材表面的耐磨、耐蚀、耐热、抗氧化及电气特性，从而达到表面改性或修复的目的，既满足对材料表面特定性能的要求，又节约了大量贵金属。

1　实验方法

选取工业中常用的 AZ91D 镁合金为基体材料，将试样加工成长方体，尺寸为 100 mm×60 mm×20 mm，其化学成分(以质量分数计)见表 1。

表 1　AZ91D 合金的化学成分

Tab. 1 Chemical composition of AZ91D magnesium alloy %

Al	Zn	Mn	Si	Fe	Cu	Ni	Mg
8.84	0.82	0.12	0.02	0.004	0.002	0.006	余量

对试样表面进行清洁处理后，涂刷一层吸光涂料，以提高试样表面对激光能量的吸收。实验采用波长为 10.6 μm，准高斯 TEM10 模式，5 kW 横流 CO_2 激光器进行激光熔凝，激光能量连续，其物理模型见图 1。

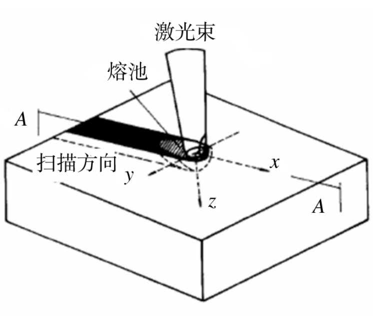


图 1　物理模型

Fig. 1 Physical model

［收稿日期］2011-12-06；［修回日期］2012-02-01
［作者简介］孙凯(1977—)，男，辽宁阜新人，硕士，讲师，主要研究方向为金属耐磨材料。

2 结果及分析

2.1 激光扫描速度对相含量的影响

图 2 为激光扫描速度分别为 3，6，9，15 mm/s 所得改性层的 X 射线衍射图。由图 2 可见，改性层均由 α-Mg 固溶体和 β-$Mg_{17}Al_{12}$ 金属间化合物组成，随着扫描速度的升高，改性层中的 β-$Mg_{17}Al_{12}$ 含量减少。这主要是因为扫描速度升高后，熔池中镁合金单位面积上吸收的能量降低，这样单位面积镁的烧损量减少，元素铝的相对含量减少，从而导致 β-$Mg_{17}Al_{12}$ 的相对含量降低。

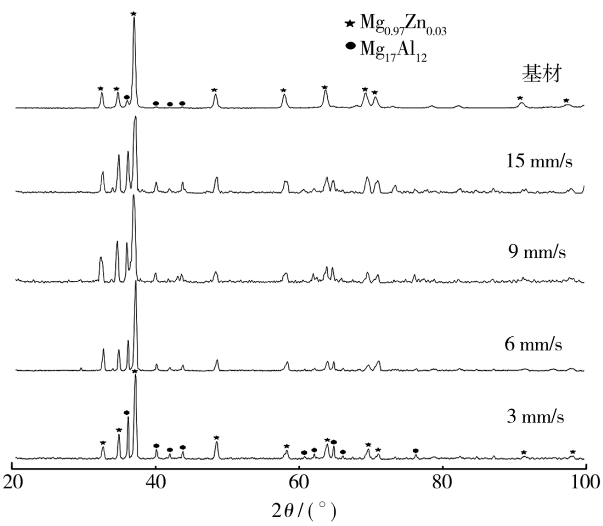
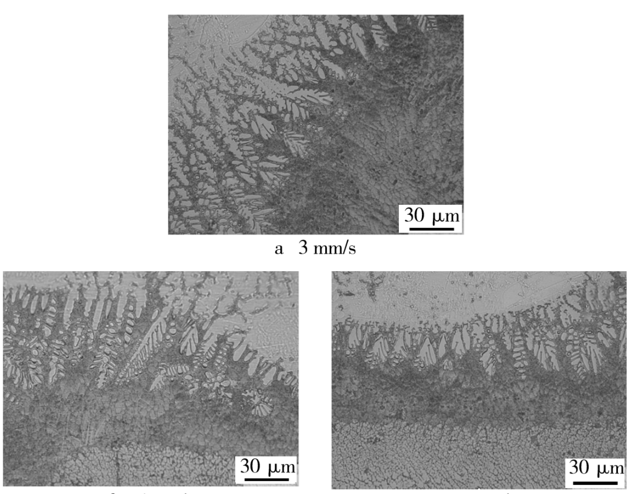


图 2 试样 X 射线衍射谱

Fig. 2 X-ray diffraction patterns of sample

2.2 激光功率对晶体尺寸及形态的影响

不同扫描速度所得改性层中枝晶的形态如图 3 所示。试样的组织形貌皆为典型的树枝晶，随着激光扫描速度的升高，枝晶尺寸逐渐减小。这主要是因为扫描速度的升高使熔池受热时间缩短，而且熔池周围散热也加快，熔池冷却速度增加，从而使凝固过程中的晶核都没有充分的时间长大。此外，熔凝层枝晶的尺寸在长度和宽度上缩小的幅度不均，枝晶在宽度上减小的幅度小于在长度上减小的幅度。这主要是因为熔池散热主要是依靠基体的传热，即具有定向凝固特征，所以枝晶在长度方向上的生长大于在宽度方向上的。



a 3 mm/s

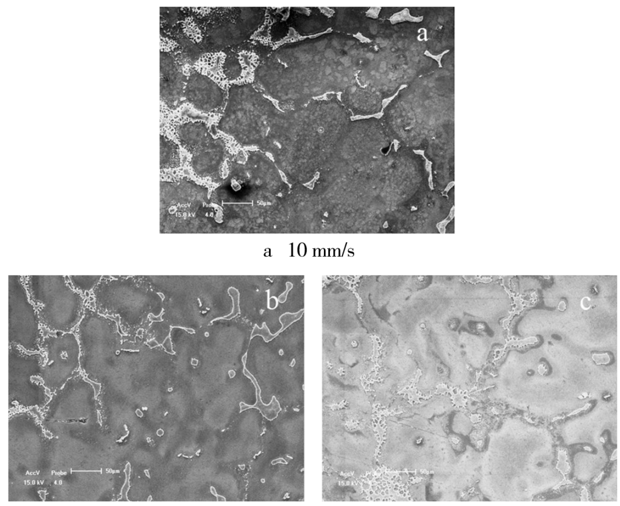
b 5 mm/s c 7 mm/s

图 3 不同扫描速度下熔凝区形貌

Fig. 3 The melting zone forms at different scanning speeds

2.3 扫描速度对热影响区的影响

图 4 为不同扫描速度所得改性层与镁合金基体接触的热影响区的显微组织特征。可见，随着扫描速度的升高，镁合金基体中二次析出的 β-$Mg_{17}Al_{12}$ 相含量相对减少。这主要是由于扫描速度的升高使镁合金试样基体吸收的激光能量密度减小，所以镁合金基体的熔化量减少，析出的 β-$Mg_{17}Al_{12}$ 相也随之减少。



a 10 mm/s

b 9 mm/s c 7 mm/s

图 4 扫描速度对热影响区的影响

Fig. 4 Effect of scanning speed on the heat-affected zone

3 结论

激光扫描速度对改性层的组织和性能有重要的影响，扫描速度的变化直接影响熔池的加热和凝固速度。随着激光扫描速度的提高，β-$Mg_{17}Al_{12}$ 相对含量降低，改性层中树枝晶尺寸减小且具有定向凝固的分布特征，热影响区的 β-$Mg_{17}Al_{12}$ 相对含量也降低。

[参 考 文 献]

[1] 李力，王翠芳. 镁合金汽车下壳体充型和凝固过程数值模拟[J]. 特种铸造及有色合金，2011，31(8)：702－705.

[2] 梁春林，刘宜汉，韩变华. 镁合金表面处理研究现状及发展趋势[J]. 表面技术，2006，35(6)：57－64.

[3] 陈红兵，罗书强，赵建华. 铝、镁合金进气歧管倾转铸造的特点[J]. 特种铸造及有色合金，2011，31(7)：615－618.