

## 双晶 GH4169 合金的激光立体成形及组织性能调控

汤洛天<sup>1</sup>, 刘奋成<sup>1,\*</sup>, 高健<sup>2</sup>, 魏昱涵<sup>3</sup>

<sup>1</sup>南昌航空大学航空制造工程学院, 江西 南昌, 330063

通信作者: \*Email: [fencheng999@163.com](mailto:fencheng999@163.com);

**摘要:** 本文以 GH4169 合金涡轮叶盘结构为研究对象, 以送粉式激光立体成形为手段, 通过设置不同晶粒尺寸的基材调控了界面晶粒过渡区宽度, 模拟整体涡轮叶盘基材区-界面过渡区-增材区的过渡问题。提出了一种整体低温固溶处理制度调控了增材区组织同时兼顾锻态基材等轴晶的相变过程, 研究了具有等轴晶和柱状晶双晶组织结构材料的显微组织和力学性能。结果表明:

(1) 随着基材晶粒尺寸的增加, 过渡区的宽度减小。等轴晶区内的碳化物形状不规则, 界面圆滑, 呈单个颗粒或者团簇状分布在晶内或者晶界, 在组织中分布不均匀, 体积分数约为 0.6%。经过 1020°C 长时间固溶处理后, 基材晶粒尺寸有所长大, 晶界变得圆滑, 基材晶粒尺寸大小在可接受的范围内。组织中依然存在较多的碳化物, 碳化物形貌和分布在热处理过程中不会发生变化。

(2) 经双级时效后晶粒过渡区组织为胞状晶和胞状树枝晶的混合组织。随着基材晶粒尺寸的增加, 过渡区的宽度由 14.8 $\mu\text{m}$  逐渐减小到 7.9 $\mu\text{m}$ 。在靠近晶粒过渡区的等轴晶晶界上存在细小 Laves 相的析出。经过固溶 6h+双级时效处理后, 基材区等轴晶晶粒尺寸有所增加, 晶粒过渡区消失。晶粒过渡区 MC 碳化物和细小的颗粒状 Laves 相固溶进入基体相, 元素的微观偏析现象减弱。

(3) 经过固溶 6h+双级时效处理后, 当原始基材晶粒尺寸为 80 $\mu\text{m}$  时, 材料的抗拉强度值为 1331MPa, 随着原始基材晶粒尺寸的增加, 材料的抗拉强度值呈现先减小后增大的趋势。当原始基材晶粒尺寸达到 350 $\mu\text{m}$  时, 材料的抗拉强度值为 1287MPa, 此时试样的延伸率和断面收缩率最大, 综合力学性能最好。

**关键词:** 激光立体成形; 高温合金; 双晶组织

### 参考文献

- [1] Cheng S., Liu F., Xu Y., and Li C., Effects of arc oscillation on microstructure and mechanical properties of AZ31 magnesium alloy prepared by CMT wire-arc directed energy deposition, *Materials Science and Engineering: A*, 864: 144539 (2023).
- [2] Wei Y., Liu F., Liu F., and Yu D., Effect of Arc Oscillation on Porosity and Mechanical Properties of 2319 Aluminum Alloy Fabricated by CMT-Wire Arc Additive Manufacturing, *Journal of Materials Research and Technology*, 24: 3477-3490 (2023).
- [3] 刘奋成, 胡文伟, 贾昱昱, 刘丰刚. 高致密度激光选区熔化 Inconel 718 合金中的微小孔隙缺陷和拉伸性能, *稀有金属材料与工程*, 50(10):3684-3692 (2021).
- [4] 刘奋成, 陈悦, 徐洋, 李春雨. 不同取向激光增材制造 GH4169 合金电子束焊接头组织和性能, *稀有金属材料与工程*, 50(04):1283-1295 (2021).

\*第一作者 (报告人) 联系方式: 汤洛天、18679820238、[1739751449@qq.com](mailto:1739751449@qq.com)