

## CuCr1Zr 高铜合金激光选区熔化成形工艺及热处理技术研究

杨旭, 张文奇, 王怡龙, 朱海红\*

华中科技大学, 湖北省武汉市洪山区珞喻路 1037 号, 430074

\*Email: zhuhh@hust.edu.cn

采用激光选区熔化(Selective Laser Melting, SLM)成形技术对高铜合金进行了成形工艺研究, 通过工艺优化, 消除了未熔合缺陷和圆形气孔, 在激光功率 350-500 W, 扫描速度 400-800 mm/s 的条件下获得了相对密度为 99.9% 的试样。熔池模式分析表明, 在不产生匙孔的深熔模式下能够获得近全致密的试样, 相对密度最高可达 99.99%。采用单时效热处理制度对沉积态试样进行热处理, 利用 SEM、TEM、EBSD 等对沉积态和时效态进行了显微组织分析, 并进行了拉伸性能和导热性能测试。结果表明: 时效处理能够显著提升室温下 SLM 成形 CuCr1Zr 高铜合金的综合性能, SLM 沉积态的抗拉强度 (UTS)、屈服强度 (YS)、延伸率 (EL)、导热率 ( $\lambda$ ) 分别为 262 MPa, 213 MPa, 32%,  $111 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ , 而 480 °C/4h 时效后的 UTS、YS、EL、 $\lambda$  分别为 501 MPa, 404 MPa, 20%,  $299 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ 。随着时效温度的升高, 其强度逐渐下降, 导热率几乎不变, 580 °C/4h 时效后的 UTS、YS、EL、 $\lambda$  分别为 331 MPa, 238 MPa, 21%,  $315 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ 。组织表征发现: 合金中 Cr 在 Cu 基体的存在状态直接影响其综合性能, 强化机制分析表明析出强化是最主要的机制[1, 2]。沉积态中, Cr 在 Cu 基体中形成过饱和固溶体。时效处理后, Cr 完全析出, 拉伸强度和导热率显著提升。随时效温度升高, Cr 析出相尺寸从约 10 nm 逐渐长大至约 30 nm, 析出强化效应减弱, 拉伸性能下降。

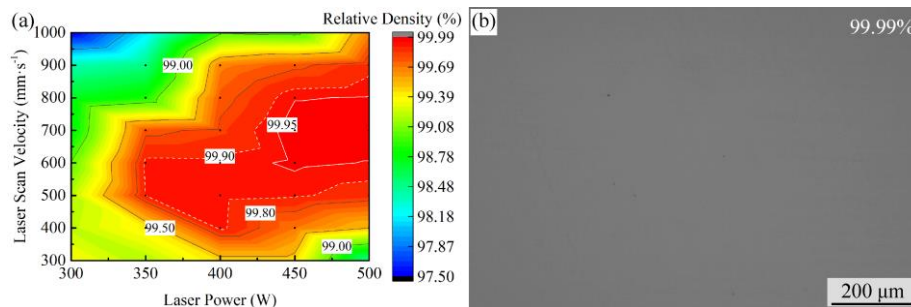


Fig. 1 Relative density color-map under different LPBF process parameters (a) and optical microscope images of near-fully dense specimens (b).

关键词: 激光选区熔化; 高强高导铜合金; 显微组织; 机械性能; 导热/电性能

## 参考文献

- [1] W. Zhang, H. Liao, Z. Hu, S. Zhang, B. Chen, H. Yang, Y. Wang, H. Zhu, Interfacial characteristics and mechanical properties of additive manufacturing martensite stainless steel on the Cu-Cr alloy substrate by directed energy deposition, *J. Mater. Sci. Technol.* 90 (2021) 121-132.
- [2] S. Zhang, H. Zhu, L. Zhang, W. Zhang, H. Yang, X. Zeng, Microstructure and properties in QCr0.8 alloy produced by selective laser melting with different heat treatment, *J. Alloy. Compd.* 800 (2019) 286-293.

\*第一作者 (报告人) 联系方式: 杨旭、13125134976、wnloxuy@hust.edu.cn.