

晶格结构的选区激光熔化：工艺与力学性能的统计方法研究

钛钽合金具有替代工业纯钛和 Ti6Al4V 钛合金作为生物医用材料的潜力。使用选区激光烧结 (SLM) 制造的蜂窝晶格结构即使具有相同的晶胞，但由于工艺参数的影响，使得弹性常数范围在 Gpa 和 Gpa 之间，因此控制加工蜂窝晶格结构的工艺参数以获得期望的力学性能显得至关重要。

为了解决上述问题，来自新加坡南洋理工大学的 Swee Leong Sing 等人使用回归分析和方差分析的统计方法研究 SLM 的加工工艺参数（激光功率 (L)、扫描速度 (S) 和分层厚度 (L)）对蜂窝晶格结构的尺寸精度（如图 1）和力学性能（孔隙率 (ρ)、弹性常量 (E) 和屈服强度 (σ_y)）的影响。蜂窝晶格结构是专门设计的，具有水平、竖直和倾斜的支柱，支柱的直径大小和激光光斑大小一致，如图 2 所示。尺寸精度使用显微照片测量，力学性能通过压缩实验测得。

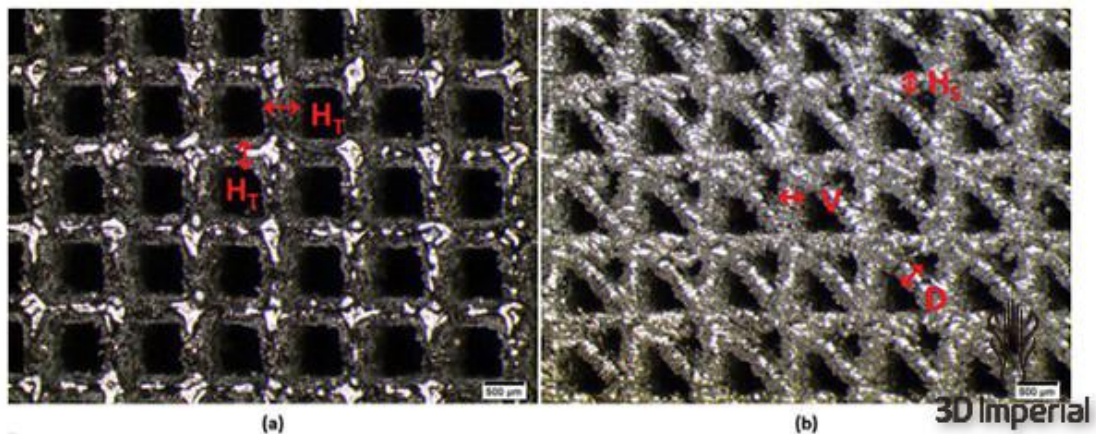


图 1 晶格结构的 LOM 图像 (a) xy 平面 (b) yz 平面

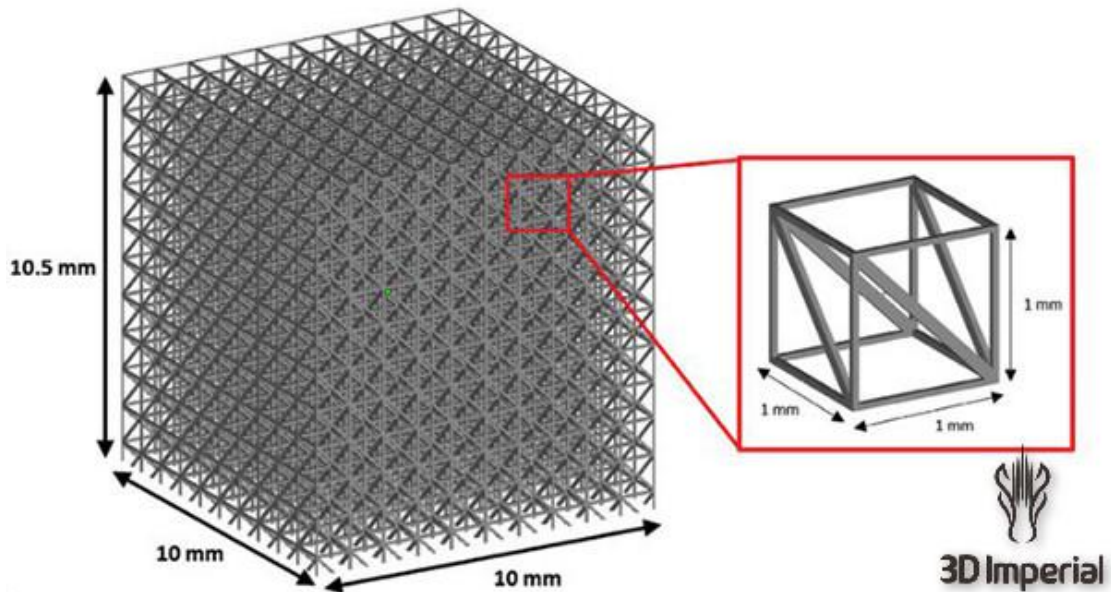


图 2 蜂窝晶格结构的 CAD 模型

图 1 中是平面内水平支柱的尺寸，是平面内水平支柱的尺寸，是
 竖直支柱的尺寸，是倾斜支柱的尺寸。使用回归分析得到的尺寸精度
 经验公式如下：


用 SLM 关键工艺参数表示的力学性能经验公式为：

$$\begin{aligned}
 H_T &= -103.54L + 72.83L^2 - 39.72PL \\
 H_S &= 96.31P - 340.37L + 293.74L^2 - 174.44PL \\
 V &= 937.74 + 367.31P - 17.99L - 367.32P^2 + 26.98P.L - 22.83PL^2 \\
 D &= 863.60 + 282.89P - 350.27P^2
 \end{aligned}$$

3D Imperial

进行敏感性分析结果表明，与激光功率和扫描速度相比，水平支柱的尺寸对层厚最敏感；对于竖直和倾斜支柱来说，相比于层厚和扫描速度，其尺寸对激光功率最敏感，而且只对激光功率敏感，对激光功率的敏感性要远高于层厚和扫描速度。孔隙率和弹性常量对激光功率的敏感性要高于层厚和扫描速度，屈服强度对激光功率和扫描速度

敏感，对层厚不太敏感。

$$P_r = 53.40 - 17.77P - 5.46S + 4.93L + 3.71P^2 - 3.35S^2 - 1.70P.L$$
$$E = 4.33 + 1.30P - 0.60S - 0.69L + 0.59P^2$$
$$Y_z = 165.51 + 101.09P - 59.60S - 41.30L - 17.94P^2 + 31.74S^2 - 20.47P.L$$


本文采用回归分析方法，定量分析了 SLM 工艺参数对晶格结构尺寸和力学性能的影响，通过对工艺参数的精心控制，不仅可以提高晶格结构的尺寸准确性，还能更好地控制力学性能。

参考文献：

Sing, S. L., Wiria, F. E., & Yeong, W. Y. (2018). Selective laser melting of lattice structures: A statistical approach to manufacturability and mechanical behavior.

Robotics and Computer Integrated Manufacturing, 49, 170–180.

<https://doi.org/10.1016/j.rcim.2017.06.006>

供稿人:魏超, 李涤尘 供稿单位: 机械制造系统工程国家重点实验室