

# 激光选区烧结头颅骨模型的研究

那顺乌力吉<sup>1</sup> 赵锦龙<sup>2</sup>

1. 机械工业化上海蓝亚石化设备检测所有限公司 内蒙古 呼和浩特 010054

2. 内蒙古工业大学工程训练中心 内蒙古 呼和浩特 010051

**摘要:** 运用信噪比分析法对激光选区烧结正交试验结果进行分析, 获得精度最佳的工艺参数组合。依据头颅骨CT扫描数据, 选用聚苯乙烯粉末为烧结材料, 优化后工艺参数快速成型头颅骨三维模型。

**关键词:** 激光选区烧结; 聚苯乙烯粉末; 头颅骨模型

该技术多使用粉末状材料聚苯乙烯、ABS塑料、聚碳酸脂、蜡粉、尼龙、覆膜砂等为加工材料。其加工过程为: 利用CAD软件, 在计算机中建立零件的三维立体模型, 并用分层切片软件对其进行某一方向上的分层处理, 将三维实体离散为一系列二维的层片。成形时, 设定好加工参数, 随后将二维的层片输入到成形机。供粉活塞上移一定量, 铺粉辊将粉末均匀地铺在加工平面上, 加热装置将粉末预热到一定的温度, 激光束在计算机的控制下, 按照CAD模型二维层截面信息, 有选择的对粉末材料进行烧结, 一定厚度的片层烧结完成后, 成形活塞下降一定的距离, 这个下降的距离与零件分层的厚度一致, 同时供粉活塞上移一定量再铺粉进行下一层扫描、烧结, 在激光束的烧结下, 并使新的一层烧结完毕, 同时也和前一层粘结在一起, 如此循环直至完成整个烧结成形。烧结过程结束后, 除掉成形件周围未被烧结的松散粉末, 便可得到最终所需零件<sup>[1]</sup>。激光选区烧结技术广泛用于国民生产的各个领域, 其中在医疗领域应用比例已达到12%左右, 其中依据患者螺旋CT扫描数据, 利用激光选区烧结技术重建的个性化实体模型可用于手术过程模拟、术前规划设计<sup>[2]</sup>。为满足临床的使用要求, 烧结成实体模型应具有一定的精度。本文选取粉末状聚苯乙烯为烧结材料, 选用某患者的CT头颅断层扫描数据, 利用获得最佳工艺参数组合, 烧结某患者头颅骨模型。

## 1 试验材料及设备

实验设备选用北京隆源公司AFS-320激光选区烧结成型机, 烧结材料为聚苯乙烯粉末。数据处理软件选用比利时Materialise公司Mimics13.1、Magics9.5。

### 1.1 烧结工艺参数优化

工艺参数优化试验试样尺寸如图1所示, 本正交试验

是4因数分别是: 激光功率、扫描速度、扫描间距、预热温度。烧结时分层厚度0.3mm, 试验试样用Pro/Engineer软件设计, 直接输出保存STL格式。导入软件Magics9.5转换数据时试样未设置任何收缩补偿, 烧结完毕的试样用三坐标测量仪测量X、Y、Z三向尺寸, 计算三向的收缩率。

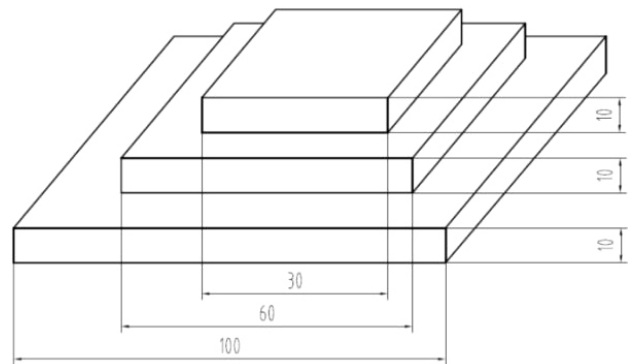


图1 试样形状

试验通过对工艺参数的优化, 期望得到最小的尺寸收缩值。希望结果越小越好, 因此信噪比目标值质量特性为望小特征。望小特征信噪比 $\eta$ 的计算公式<sup>[5]</sup>:

$$\eta = -10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i^2 \right)$$

n为总的测量次数

$S_i$ 为第i次测得的收缩率

利用信噪比公式分别计算X、Y、Z三向的尺寸平均收缩, 整理试验数据分析确定最优的工艺参数组合为: 35W、1.6m/s、2.0mm、60°C。

### 1.2 头颅骨模型重建及烧结

#### 1.2.1 头颅的CT数据滤波及骨骼提取

CT设备扫描过程中产生的噪声, 影响图像质量, 降低目标骨骼提取的完整性。试验采用软件Mimics13.1对头颅骨骼CT数据进行滤波处理, 处理前后, CT像素统计分布数量明显减少, 阈值范围缩小, 表明噪声处理效果显著。

**作者简介:** 那顺乌力吉(1984-), 男, 蒙古族, 内蒙古阿拉善盟, 本科, 工程师。主要研究方向: 机械制造, 增材制造, 电子信箱: 346507037@qq.com

该技术多使用粉末状材料聚苯乙烯、ABS塑料、聚碳酸酯、蜡粉、尼龙、覆膜砂等为加工材料。其加工过程为：利用CAD软件，在计算机中建立零件的三维立体模型，并用分层切片软件对其进行某一方向上的分层处理，将三维实体离散为一系列二维的层片。成形时，设定好加工参数，随后将二维的层片输入到成形机。供粉活塞上移一定量，铺粉辊将粉末均匀地铺在加工平面上，加热装置将粉末预热到一定的温度，激光束在计算机的控制下，按照CAD模型二维层截面信息，有选择的对粉末材料进行烧结，一定厚度的片层烧结完成后，成形活塞下降一定的距离，这个下降的距离与零件分层的厚度一致，同时供粉活塞上移一定量再铺粉进行下一层扫描、烧结，在激光束的烧结下，并使新的一层烧结完毕，同时也和前一层粘结在一起，如此循环直至完成整个烧结成形<sup>[1]</sup>。烧结过程结束后，除掉成形件周围未被烧结的松散粉末，便可得到最终所需零件。图2头颅骨CT断层图可知，CT设备扫描过程中骨骼、组织、体液等均对X射线有不同程度的吸收，在CT断层图中以不同的灰度显示，准确提取骨骼关键是设置合理灰度阈值。图3横坐标是图2中骨骼以及各组织一维长度，纵坐标是其相对应的灰度阈值，运用软件Mimics13.1设置头颅骨骼阈值下限值451可完全移除骨骼周围组织组织、体液等。图3中头颅骨骼阈值分布曲线与其他组织未有重叠部分，表明头颅骨骼完全提取。

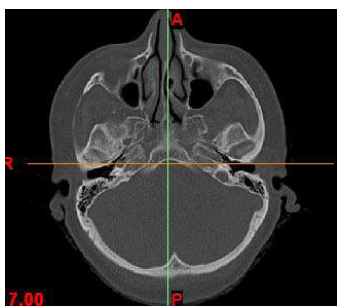


图2 头颅骨部分CT断层

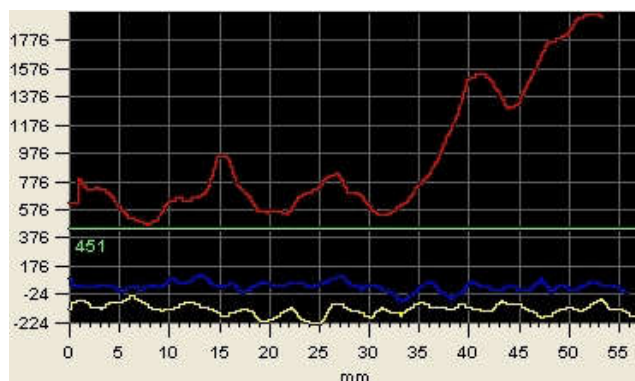


图3 CT阈值分布图

### 1.2.2 头颅骨骼模型重建及烧结

区域生长方法的原理是，将具有相似性质的像素集中组成区域，该方法需要先在所提取的像素范围内选取一个种子点，然后依次将种子像素周围的相似像素合并连接，重新组成图像。根据这一原理，设备所产生的伪影就会被去除。Mimics软件会将前期通过阈值分割法提取的像素存放在一个蒙罩里。在这个蒙罩里选取骨骼的像素点为种子点，随后在三维区域生长技术的基础上就生成了一个新的蒙罩。新蒙罩仅仅包含了头颅像素，可以用来直接生成三维骨骼模型，这样就实现了二维断层扫描图片到三维模型的转换，得到头颅三维实体数字模型。然后对获得的三维模型轮廓边缘进行锐化处理，突出边缘轮廓的显示。利用区域生长的方法不仅可以将静脉以及一些离散的体素从头颅表面分离出来，还可以把每层头颅中空洞填满。这样就可以使一些患者头颅的严重损伤处，如图5，得到修复，如图提取头颅骨骼像素具有同类一致性，选取种子像素点，采用软件Mimics13.1区域生长算法，以种子像素为生长点，将阈值范围内的像素集合生成新的蒙罩，同时去除蒙罩表面依附静脉体素。区域生长算法生成的蒙罩集合二维相似性质像素，同时也包含三维性质相似像素，完成头颅骨骼的三维重建，如图4所示。运用软件Magics9.5读取以STL数据格式保存三维头颅模型，切片分层，数据格式转化为CLI格式，Arps2000将CLI格式转换为AFI格式直接输入激光选区烧结成形机AFS320烧结出物化模型。通过优化烧结的工艺参数，烧结件的尺寸误差可以控制在0.2mm内。未经修复的骨骼模型烧结件可用于临床诊断病情的讨论，可以用来准确地确定患者骨骼损伤处的空间位置、大小、几何形状，这相比仅依靠CT二维图像诊断和临床经验来主观想象确定骨骼损伤部位的空间位置、形状、尺寸，更加直观且准确。为修复后的骨骼模型烧结件，若采用新型生物材料作为烧结材料直接激光选区烧结成型的植入物可直接植入人体；或使用骨骼模型激光选区烧结件作为铸模来间接制造个体化钛合金植入物植入人体，代替损伤无法愈合的骨骼。如图5所示。烧结成型头颅骨模型浸蜡处理后，强度显著提高，达到使用要求。

首先，在临床地治疗过程中，主要通过CT和核磁共振等影像技术观察病源，这些临床辅助治疗方法对病源的呈现都是以二维层片的形式，医生对病源的观察有一定的局限性，主要依靠临床的经验和主观想象来确定病情，这在一定程度上增加了治疗得不确定性。以患者病源处的CT数据为依托，通过软件重建病源处的三维模型，运用激光选区烧结技术再现病源处的物化模型，可

以作为手术前制订手术方案的重要依据。通过三维的物化模型更加方便医生与患者之间地交流，特别是在一些肿瘤手术中，直接观察到了肿瘤的位置和大小，更加方便手术前地讨论和手术方案地制订。

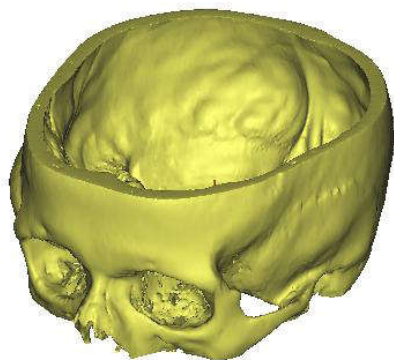


图4 三维头颅骨模型



图5 三维头颅骨模型烧结

其次，在人体骨损伤临床治疗过程中，经常采用植入不锈钢骨骼件的治疗方法。由于人体的骨骼外形和尺寸各不相同，而且都是由复杂曲面构成，现有的制造方

法加工的不锈钢植入体缺乏与患者原骨骼精确地匹配。在患者使用的过程中，由于不锈钢骨骼件植入物无法做到严格的“量身定制”，带来生活上的不便和痛苦。基于激光选区烧结技术烧结的骨骼模型，具有与人体原骨骼高度的一致性，是一种对原骨骼的精确复制，可作为熔模铸造的母模，浇注不锈钢的骨骼件，实现植入体与骨骼精确地匹配。特别是采用真空铸造技术，铸造与人体可以相容的钛合金骨骼植入体，这将能有效地解决目前骨损伤临床治疗得难题，也是骨科治疗得发展方向。

#### 结语

运用激光选区烧结技术烧结头颅骨三维模型，能清晰显示头颅骨内部的结构。结合二维CT扫描图更便于病情诊断或手术规划，使手术方案更加切合实际，一定程度上降低手术风险，术前沟通容易、便捷，手术方案制订更加精确，具有很强的临床实用性。依据CT断层扫描数据，快速成型的三维实体模型降低传统的解剖学依据标准的几何数据制作出实体模型误差，使解剖模型实现三维可视化，为解剖学提供直观参考，实现解剖目标在三维立体空间及周围组织立体解剖关系的可视化。

#### 参考文献

- [1]樊仁轩.激光选区烧结高分子材料的加工工艺改善及相应技术研究[D].广州：华南理工大学,2015.
- [2]Morris CL, Barber RF, Day R.Orofacial prosthesis design and fabrication using stereolithography. *AustDent J*, 2000, 45(4):250- 253.
- [3]滕勇,王臻,李涤尘.快速成型技术在医学中的应用.国外医学生物医学工程分册,2001,24(6):257-260.