

# 三维打印技术在义齿加工中的应用探讨

刘文广<sup>[1]</sup> 江增辉<sup>[2]</sup> 殷少华<sup>[2]</sup> 石岳林<sup>[2]</sup>

(1. 杭州而然科技有限公司, 浙江 杭州 310051;

2. 杭州前进齿轮箱集团股份有限公司, 浙江 杭州 311203)

**摘要** 近些年, 随着技术的发展, 在口腔颌面外科领域借助计算机辅助设计和制造义齿呈指数级增长。在实际中, 计算机辅助设计和制造制作义齿主要通过 CNC 和三维打印两种技术来实现。其中, 三维打印作为一种数字控制的新技术, 虽然技术优势明显, 是未来义齿加工的趋势, 但是在实际中并没有得到很好的普及和应用。鉴于此, 文章通过深度分析义齿加工工艺技术现状和未来发展趋势, 指出现有义齿加工工艺技术的区别和三维打印技术的发展前景, 进而探讨三维打印技术在义齿加工中的具体应用和注意事项, 以此为相关从业人员的研究提供思考和帮助。

**关键词** 义齿加工 工艺技术 三维打印

中图分类号: TP391.7

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2022)06-0013-03

三维打印是一种快速原型制作制造技术, 通过三维打印机将沉积或融合材料(例如液体、塑料、粉末、金属、陶瓷, 甚至是活细胞)来生成三维对象。<sup>[1]</sup>随着技术的不断成熟, 三维打印技术在推进生物医学科学方面发挥着至关重要的作用, 包括颅面手术、颅骨重建、颅骨修复综合征、颅缝早闭、面部骨折、下颌骨、人体皮肤、组织工程、耳朵、软骨的重建、心脏瓣膜、牙齿和牙周再生等临床应用。在本文中, 将重点介绍三维打印技术在义齿加工中的应用。

## 1 义齿加工工艺技术现状和未来发展趋势

### 1.1 现有的义齿加工工艺技术

在实际中, 由于多种原因, 人们的牙齿或牙列会出现结构性缺陷, 进而威胁到口腔健康, 因为这种结构性缺陷是无法通过人体自我再生功能进行修复。因此, 需要“义齿”这种人工器具来修复受损、不美观或功能失调的牙齿。<sup>[2]</sup>从这个角度来看, 义齿加工的核心质量属性是高强度、边缘配合和美观。在现有的义齿加工工艺技术中, 主要采取的是传统失蜡法、CNC加工法和三维打印法。

传统失蜡法的流程包括印模、蜡型、铸道安装、包埋、失蜡、铸造、表面处理、饰面等。失蜡法虽然让义齿的临床应用成为可能, 并且在很长一段历史时期内在义齿制造中占据主要地位。然而, 传统失蜡法制造义齿离不开牙科技师们制作蜡模和铸造牙冠的手工技能, 这样的制作方式导致了居高不下的义齿返工

率, 不仅降低了牙科技工所的工作效率, 还降低了患者佩戴义齿的舒适度。<sup>[3]</sup>

CNC加工法的流程包括印模、扫描、建模、编程、CNC加工、饰面等。由此可见, 没有经过人工制造蜡型和失蜡铸造牙冠的过程, 取而代之的是数字化口腔模型扫描、计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)和自动化的牙冠切削流程。在这一过程中, 控制产品精度的任务将全部交给数字化的扫描、设计和加工设备, 人工不需要做过多的判断和考虑。由此, 金属牙冠的精度得到保障, 让患者拥有一颗高度定制的、舒适的烤瓷牙成为现实。

三维打印加工法的流程包括印模、扫描、建模、三维打印、饰面等。由此可见, 三维打印的义齿加工流程是现阶段三种义齿加工技术工艺中最少的。通过标准化的生产流程, 三维打印将义齿加工制作从手工艺转变为现代化的计算机化生产, 并且三维打印的高精度加工, 让高性能陶瓷和钛等新材料制造义齿成为可能, 使得义齿的质量得到显著提高。不仅如此, 三维打印还在CNC法基础上进一步地精简了加工流程, 进一步降低了义齿加工制造成本。

如上所述, 相对于传统失蜡法, CNC加工法和三维打印法这两种义齿制造技术都提供了更加充足的优势, 但两者之间还存在着一定的区别:

首先, 由于技术的成熟度, CNC加工法制作的义齿表现出更好的机械性能, 如弯曲强度、弯曲模量、屈服强度、韧性、表面特性等。然而, 就真实性而言,

三维打印法制作的义齿由于不依赖于铣削仪器的尺寸,而是通过三维打印机之间将液态树脂喷涂成所需的形状,所以优于 CNC 加工法,并且在保持力方面也优于 CNC 加工法制作的义齿。

其次,在美学参数上,虽然 CNC 加工法由于编程的环节而优于三维打印法,但是,随着市场上出现更新的树脂和更先进的打印机,这个缺点可能很快就会被消除。并且由于三维打印义齿的制造成本很低,随着树脂和打印技术的进一步改进,三维打印实际上可能是制造义齿的更有效选择。

最后,与 CNC 加工法相比,三维打印所需的树脂更少,而且打印机的成本只是铣床成本的一小部分。

### 1.2 三维打印技术的发展前景

毋庸置疑,在现有的义齿加工技术中,三维打印技术的发展前景是最明朗的,这一点同三维打印技术的特点和技术优势是分不开的。具体来说,应用三维打印技术的义齿加工过程消除了装配线和供应链,实现了最终产品的单一流程制造而无需在全球范围内装配和运输数千个零件,因此,实现了义齿的简单制造;在三维印技术的义齿加工过程中,一个“STL”设计文件可以通过互联网即时发送到地球的任何角落,进而得到符合设计参数的义齿,实现了义齿加工的设计可移动性;在三维印技术的义齿加工过程中,义齿可以按需印刷,无需建立新产品和备件的库存,实现了义齿加工无库存,并且每次打印都可以定制而无需额外成本;在三维印技术的义齿加工过程中,运输和制造的碳足迹、制造过程中的整体能源使用和碳排放量可以大大减少,实现了义齿加工碳排放量的降低,大大提高了资源生产力。

总体而言,在三维打印中,义齿是逐层制造的,即加法制造,而不是通过从材料的更重要的部分中减去材料这种传统的减法制造。

因此,可以说三维打印加工技术已经改变了义齿制作制造,并将越来越多地取代制造牙科修复体的传统技术。

不仅如此,三维打印机的小尺寸使其易于运输,这使得牙医能够提供上门修复服务,不仅拓展了牙医的市场范围,而且提供了更加便捷和人道的服务。

此外,虽然 CNC 加工法和三维打印法都大幅降低了义齿的制造成本,从而增加贫困人口获得修复护理的机会,但是,就设备和材料方面的制造成本而言,三维打印法通常比 CNC 加工法成本更低。

## 2 三维打印技术在义齿加工中的实际应用

### 2.1 三维打印技术在义齿加工中的应用领域

如前所述,三维打印是用于精确和快速制造的尖端技术。在牙科和颌面外科中,能够定制设计和打印手术钻导板、临时和永久牙冠和牙桥、正畸器具和矫形器、植入物、给药用护齿器等。在义齿加工中,三维打印首先使用 CAD 软件制作对象的 3D CAD 模型并保存为 .stl 文件;然后用 Cura 等切片软件将模型分割成多个横截面切片,以 gcode 文件的形式保存;最后该文件被发送到三维打印机,该打印机通过选择性放置材料来扩展每一层来制造对象。因此,所选择的打印方法直接影响到最终得到的义齿的坚固和美观。

在现有三维打印技术中,粘合剂喷射法(BJ)使用改进版的“喷墨技术”,在喷墨中使用 2D 打印机技术,并分层形成一个三维项目。在这个过程中,借助打印头,在两个轴上移动,液体粘合剂被精确地沉积。此过程也像其他三维打印过程一样开始,即创建三维绘图,然后将其导入打印机软件。由于在打印过程中需要持续供应,因此分配器通过将要使用的粉末放入其中来确保供应。在应用不同厚度的粉末片后,打印头根据规格附上粘合剂;在继续到下一层之前,使用荧光灯或电灯干燥含有粘合剂的溶剂;之后,粉末床被降级并应用新的粉末片;然后在循环完成后将粘合剂放入熔炉中,所需的温度和时间等因素取决于所用粘合剂的性质。

因此,大多数金属和树脂材料不需要任何后处理,并且一旦从打印系统出来就可以立即使用,适用于金属、聚合物、陶瓷、复合材料等,所加工的产品具有低成本、高产量的特点,但是,产品的强度和表面光洁度不好,因此,多用在义齿框架的制作中。

定向能量沉积法(DED)与其他三维打印工艺不同,这种方可以更容易地通过在沉积时融化材料来制造。用于 DED 工艺的设备由集成能源的沉积头和两个送粉喷嘴组成。在这个过程中,要制造的特定部件保持在平台上,在某些情况下,惰性气体管道也存在。DED 工艺使用集中供热(电子束或激光),然后在凝固时将材料逐层粘贴,在现有产品上修复和制造新的材料对象。

因此,更适用于金属、混合材料,具有高强度优质零件、多自由度喷嘴、可修复的特点,但是,高速打印时产品的表面光洁度较差,因此多用在口腔种植导板和后续义齿维修维护中。

立体光固化成型法(SL)中,系统会生成一个CAD文件,并将该文件转换为STL文件类型。此STL文件类型提供三维打印机制造对象所需的几何数据。读取STL文件后,打印机开始工作,将穿孔台浸入液体罐中,液态聚合物通过穿孔接触桌子。液体一接触到桌子,紫外线激光就会击中光液体聚合物的上表面,使其立即变硬。然后再次向下移动,以创建逐层几何结构,并且从基础层开始融合每个连续层。最后一层完成后,将打印部件浸入另一种树脂中,以便打印模型与液态聚合物分离。在此过程之后,所有层之间的粘合在该特定树脂中变得牢固。因此,适用于光聚合物、陶瓷、ABS、半柔性材料,所加工的产品具有良好的表面光洁度和高精度的特点,但是,产品机械性能差、材料种类有限且价格昂贵,因此多用在无托槽隐形矫治中。

## 2.2 三维打印技术在义齿加工中的注意事项

现阶段,三维打印技术在义齿加工中遇到的困难主要与设计、安全、材料、认证、技术分布问题有关。具体来说:设计挑战——当首次使用三维打印技术加工义齿时,从业人员可能会面临设计挑战;安全挑战——用于直接人体接触的三维打印部件需要满足安全标准,同时,义齿是对人体舒适度非常敏感的部件;基于材料的挑战——用于义齿加工的三维打印的合适材料的可用性是一个潜在的挑战。由于相关原材料的数据有限,选择合适的材料对于遵守与健康和安全法规相关的限制至关重要;认证挑战——应用三维打印进行义齿加工时,为满足监管要求并消除牙科医生的责任风险而获得认证的挑战不容小觑;技术分布挑战——由于昂贵的三维打印设备的能力不均衡以及对该技术的不熟悉,欠发达地区在应用三维打印加工义齿的过程中存在潜在障碍。

为了有效地解决上述问题,在应用三维打印技术进行义齿加工时需要注意制作的标准步骤。具体来说,有以下几点:

第一步,进行病史、临床检查和诊断,包括无牙牙脊的初步不可逆水胶体印模以及用于无牙印模的甲基丙烯酸酯树脂印模托盘。

第二步,检查定制印模托盘是否合适,并在必要时修剪多余部分。使用ADA规范类型的低熔印模化合物,完成粘液动态边界成型和周边追踪,随后使用氧化锌印模材料进行粘液静电主印模,制作铸件并用于构建咬合面树脂记录义齿基托上的边缘。

第三步,确定美学参数,如唇部丰满度、唇部支撑、

唇线和微笑线,以及牙齿选择。在记录垂直和水平下颌关系之后进行面弓转移,通过口内哥特式拱形追踪进行验证。记录包括面弓在内的临床参数,并将模型安装在半可调咬合架上进行试穿。

第四步,进行临床试戴并将其导入专用三维打印机进行打印。

在加工材料方面,三维打印技术通常使用丙烯酸树脂基用于义齿的桥体材料。丙烯酸树脂具有优越的机械强度,更高的耐磨性、更好的粘合性能和更高的美容美学价值,其咬合调整比陶瓷更容易。在实际中,为了提高树脂义齿牙齿的强度和抗龟裂性,与直接制造的树脂复合桥体相比,预制桥体实现桥体的正确成型和修整,并减少桥体周围的牙菌斑积聚和牙龈刺激。此外,三维打印技术还可以使用纳米填充树脂复合材料制成义齿,提供最佳的光学和机械性能。这种义齿由聚氨酯二甲基丙烯酸酯树脂基质和聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)簇的混合物制成,这些簇被封装在结构中,不仅看起来更美观,而且还提供了良好的粘合性能。由于外层由高度交联的PMMA制成,会有更高的美容价值和更高的耐磨性。

## 3 结论

综上所述,如果说CNC加工法让义齿加工进入数字化制造技术阶段,那么三维打印技术则在CNC加工法的基础上,成为义齿加工制作技术最后攻克的领域之一。与CNC加工法相比,三维打印技术虽然尚处于起步阶段,并没有实现大规模的普及和应用,但是,三维打印固有的技术优势还是让其拥有更加明朗的发展前景。

## 参考文献:

- [1] 王艳红,刘帆.三维打印数字化无牙颌个别托盘在义齿修复中的临床应用体会[J].中国实用医药,2021,16(23):99-101.
- [2] 骆小平,卫元鑫,黄皓宁,等.激光选区熔化制作口腔修复体纯钛大跨度支架的精度研究[J].中华口腔医学杂志,2021,56(07):646-651.
- [3] 沈妍汝,陈虎,马珂楠,等.多色多硬度牙颌模型感光聚合物喷射一体化三维打印精度初探[J].中华口腔医学杂志,2021,56(07):652-658.