

德国制造专业 3D 打印机而本地生产耗材

3D 打印正在成为牙科技术的大趋势，专家预测市场上将会出现一个爆发期。尽管如此，3D 打印的牙科产品要能满足行业对精度、可重复性和控制性的高要求。必须真正能够提高生产力，才能做出购买 3D 打印机的决定。本文以工业解决方案供应商为例，展示了在牙科行业的 3D 打印流程中，如何以专门开发的技术来满足牙科义齿加工厂的需求，以及针对特殊挑战开发的优化解决方案，如种植导板或种植工作模型和代型模型的制作。其中特别关注的是打印速度、制造过程的安全性和可重复性以及最终产品的适合精度。

关键词：3D 打印，数字光处理，种植导板，代型模型，种植工作模型

Andreas Schultheiss
MBA, Dipl.-Ing. (FH)
Rapid Shape GmbH 总经理
Römerstraße 21
71296 Heimsheim / 德国
andreas.schultheiss@
rapidshape.de

引言

近几年，曾经被认为只能制作单个塑料件的快速解决方案，在对技术要求极高的用户群体——口腔领域迅速地确立了地位。如今，在很多义齿加工厂 3D 打印机都已成为了标准设备。最新一代型号的打印机能够加工更高精度、一流品质的牙科产品。3D 打印硬件、软件和光聚合物方面的创新为大型加工厂和小型技工室开辟了全新的工作方式。

越来越多的义齿加工厂选择 3D 打印

市场的增长速度迅猛：预计未来 5 年内，在义齿加工厂安装 3D 打印机的数量每年都会增加 27%¹。与此同时，口内扫描仪也正在被越来越多的牙科诊所使用，与创新的 3D 打印机一起为牙科领域设立了新的加工标准。能够促使牙科技师深入地研究和检验这些新技术的原因是，如何在自己的加工厂应用 3D 打印来提高效率。

首先，3D 打印的入门门槛很低，因为现在市场上已经可以提供价格相对较低的简单打印机。但是，牙科技术的使用涉及一些特殊要求，这些制造商必须了解并满足。

力反馈（Force Feedback）作为生产的加速器

在生产率方面，尤其是快速打印具有积极的作用。通过力反馈技术，可以改善这种情况，而该技术是 Rapid Shape (Heimsheim, 德国) 3D 打印机的核心。测量设备监控分离力并提供运动控制的实时数据。该技术的特别优点是分离过程受控且温和，而且用于下一层结构的新鲜材料的混合和补料的惯常运动被加速。这使得采用力反馈技术的 3D 打印机在操作速度上比传统 DLP 打印系统快得多（图 1 和图 2）。具体而言，这意味着大多数的打印工作在 15 到 40 分钟内即可完成，这不仅提高了工作流程的效率，还大大缩短了加工厂的交付时间。如果加工厂或者技工室在诊所内或附近，患者甚至可以直接等待治疗，不需要第二次预约就诊。如必要，系统可以每天启动 10 次来打印不同的修复件。

针对不同终端产品的灵活应用选项

另一个重要标准是系统的灵活性。今天，3D 打印机除了可以打印代型模型和种植体模型

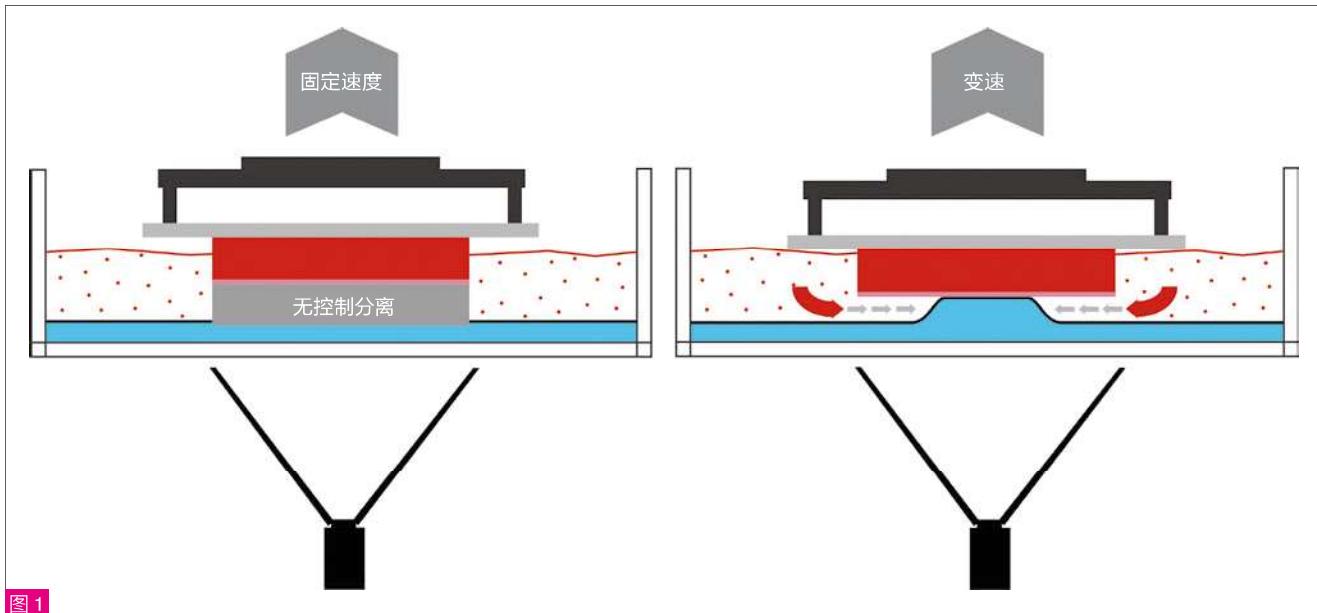


图 1

图 1：无力反馈（左）和有力反馈（右）的打印过程。固定速度、材料层与材料槽不受控制地分离（左）对比监控速度、速度在分离阶段可适应性地变化（右）。

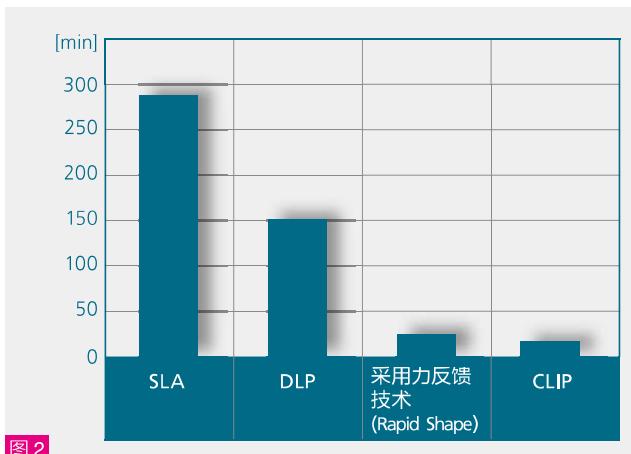


图 2

图 2：SLA、DLP、采用力反馈技术的 DLP 和 CLIP 打印时间的比较。

之外，还可以制作种植导板、殆垫、铸造支架、铸造冠和桥、托盘以及压膜模型。牙科技师在 3D 打印过程中能够实现的应用越多，设备的利用率和利润率就越高。

凭借经过验证的工艺，工业制造商为复杂牙科产品的可靠加工创造了条件。例如，3D 打印种植导板就说明了这一点。导板精确到能够在植床预备和种植体植入时排除错误的发生。

种植导板的挑战：成功解决翘曲的问题

种植导板经常会碰到的一个问题就是所谓的翘曲现象。这是因为在固化期间，从一侧用光照射材料层，并且光随着穿透深度的增加而减小。因此，单个固化层在面向光的一侧

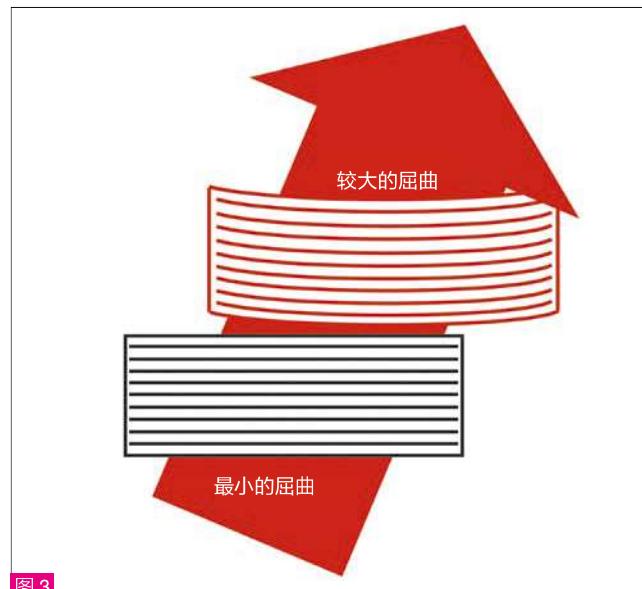


图 3

图 3：翘曲现象：无需采用措施即可实现很低的屈曲，例如种植导板。

比对侧更硬。这导致内部产生张力，并因此造成打印件较薄的区域发生部分屈曲（图 3）。

为了解决屈曲问题，Rapid Shape 开发了一种专利系统，其在打印和清洗过程之中和之后将导板固定在稳定的支撑结构上，直到在光固化机内达到最终固化，因此可以防止变形。在光固化机内固化时，内部应力会消失，这样在最终固化后，可以从打印平台上获得无失真的完整导板（图 4）。

另一个挑战是，在固化后安全地移除支撑结构而不损坏种植导板。为此，已经开发出带有内置预定断裂点的特别优

