

# 借助仿真 App 优化 3D 打印技术

作者：ALEXANDRA FOLEY

一项新的技术从概念提出、到早期研究，再到最终成为一个可供工业应用的合格解决方案，需要经过严格的测试和验证。举个例子，增材制造（3D 打印）早在 20 世纪 80 年代就达到了技术就绪指数 TRL 1 级（TRL 是 NASA 在 20 世纪 70 年代提出的一种评估方法，用于评估技术相对于工业应用的成熟度），但在工业市场上，它花了几十年的时间才出现爆发，并成为一项终将改变这个世界的新型制造技术。

## → 模拟定型金属沉积

位于英国考文垂的制造技术中心（Manufacturing Technology Centre，简称 MTC）主要提供将一项设计从基础研究（TRL 1

– TRL 3）提升到商用水平（TRL 7–TRL 9）所需的各项资源，以极大地缩短从概念到商用之间的距离。MTC 目前正致力研究的项目中，包括一项名为定型金属沉积（SMD）的增材制造技术。

“SMD 在粉末增材制造技术中拥有多项优势。” MTC 制造仿真项目组的一位研究工程师 Borja Lazaro Toralles 说道，他利用 COMSOL Multiphysics® 软件设计了 SMD 工艺模型和仿真 App（见图 1），“SMD 的好处包括更高的沉积速率、能够在已存在的组件中建造新的特征，甚至支持在同一个零件中使用多种材料。”

不同于使用激光来熔化薄层粉末的增材制造技

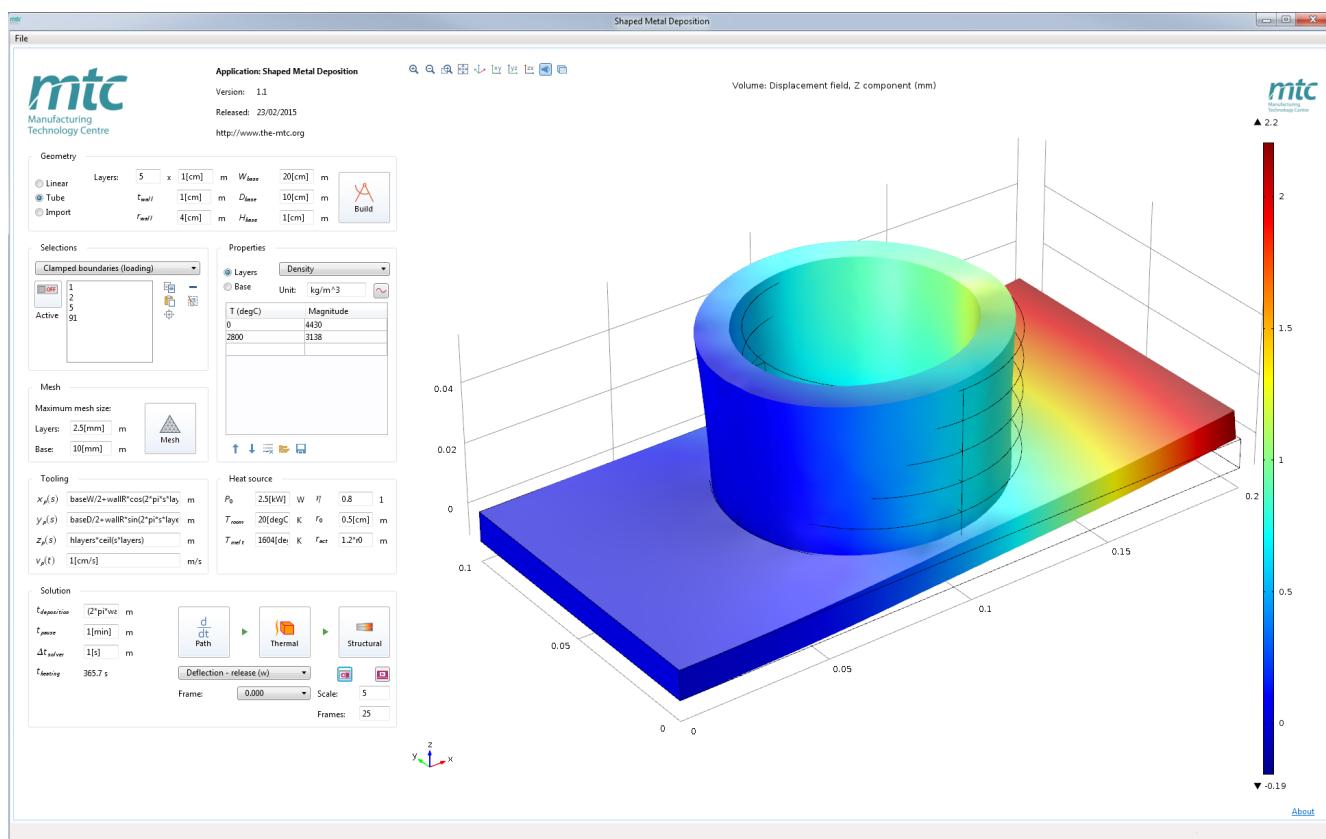


图1. 使用 COMSOL Multiphysics 的 App 开发器制作的定型金属沉积 (SMD) 仿真 App，其中计算了制造过程中产生的残余应力，并预测了零件的最终翘曲。

术, SMD 会沉积一层熔融金属, 然后逐层在表面堆砌, 这一过程非常类似焊接, 有时用到的金属和钛一样昂贵。

“其中的一个难题是, 由于熔融金属存在热膨胀, 可能会在冷却时发生表面变形, 并使最终成品偏离预期。” Lazaro Toralles 描述道: “为了能够预测所提议设计的最终成品, 我们需要将此变形最小化, 如果需要的话, 还要考虑变形因素而调整设计。” 图 2 显示了使用 SMD 技术制造的一个零件样品, 在沉积了 6 层熔融金属后开始出现变形。图 2 还显示了用于预测零件在制造中可能发生翘曲的模型, 使设计人员能够相应地更新设计。

### → 利用仿真 App 沟通复杂问题

MTC 充分利用 App 开发器在多个仿真和工艺部门间高效交流复杂的设计理念, 使 App 用户可以轻松浏览所提议设计的最终成品 ( 见图 1 )。考虑到 SMD 制造中所用的材料, 如果没有仿真 App, 单纯通过物理测试来对设计进行测试和验证, 无疑将花费更多的时间和成本。

模拟 SMD 意味着求解一个瞬态的热机械耦合分析问题, 即预测由于 SMD 热循环造成的残余热应力和变形。

“我们利用 App 开发器创建了一个 App, 支持用户预测利用沉积工艺制作的零件是否在能接受的容差范围内。” Lazaro Toralles 说: “如果误差过大, 可以利用极具用户友好性且节约成本的 App 来模拟对输入的多项修改, 直到获得可接受的最终变形结果。”

通过这个 App, 用户可以轻松测试不同的几何、热源、沉积路径和材料, 同时无需担心底层的复杂模型。App 中包含了两个预定义的参数化几何, 还可以引入用户定制的几何。

目前, MTC 小组中某些没有仿真经验的成员也在使用仿真 App, 他们可以独立为其客户研究不同的零件和项目。“如果没有 App, 我们的仿真专家就需要测试所希望研究的每个项目, 这是对他们仿真专长的极大浪费。” Lazaro Toralles 说道: “通过 App 开发器, 我们现在可以向其他 MTC 团队提供友好的 App 用户界面。” 除此之外, MTC 还为他们的客户提供 App 程序。

“对于那些位于较高 TRL 水平的技术, 我们可以利用仿真 App 在实际工业环境中针对其应用进行部署。” Lazaro Toralles 总结说: “App 开发器为我们提供了一个强大的开发平台, 我们可以通过它来打包复杂的多物理场模型, 使它们能够为更广大的公众所用。” ❖



图 2. 在 SMD 过程中, 热循环会在制造的零件中产生残余应力。上: SMD 零件仿真。中: 仅沉积了一层的零件, 无明显变形。下: 经过 6 层沉积后, 出现肉眼可见的变形。



MTC 团队的 Adam Holloway (左), Borja Lazaro Toralles (中) 和 Willem Denmark (右) 通过运行 COMSOL 模型并进行实验验证, 最终开发出了 SMD COMSOL App。

### 关于制造技术中心 (MTC)

MTC 汇聚了英国一流的专业学者、工程师和行业专家, 致力于在工业级别开发和演示新的技术, 为业界提供了一个将尖端技术应用于制造领域的独特环境。它使客户能够在安全、中立的工业背景中开发新的制造工艺, 不会受到商业生产环境的制约。其成员来自 80 多个组织, 包括 BAE 系统公司、吉凯恩、惠普、通用汽车、空中客车以及罗尔斯·罗伊斯。