

增材制造

3D 打印机械加工车间 工件夹具解决方案



更多精彩请扫描二维码

文 | BRENT DONALDSON

在研究基于精巧设计的 3D 打印机机械加工车间工件夹具解决方案时，方案制定人考虑更多的是目标的易实现性。当 Precision Metal Products (PMP) 的工程师开始将目光投向 3D 打印工具时，结果已经显而易见。3D 打印技术可以节省大量的人工、时间和成本，为车间目标的实现提供完美的保证。

40 年来，总部位于康涅狄格州米尔福德的 PMP 一直在为医疗、国防、微电子和商务等多个行业提供服务。如今，这家由一名杰出女性开办的车间已拥有 135 名员工，并通过了 AS9100D、ISO 9001 : 2008 和 ISO 13485 : 2003 标准认证。车间的核心功能包括计算机数控铣削和车削、瑞士式加工、金属冲压、电火花线切割加工 (EDM) 和轻型组装工作。一般情况下，PMP 主要承接大批量生产任务（在产量和主轴正常运行时间上占优），尤其是 PMP 的各种三轴和四轴计算机数控加工中心。

和其他车间一样，PMP 也经常会遇到各种工具瓶颈问题，尤其是在制造定制工件夹具装置的劳动密集型、高费用和高时耗过程中。从设计到完成，PMP 的定制固定装置通常需要一周或更长的时间，而且基本上都只能使用一次。PMP 项目工程师 Rich Scanlon 说道：“现在回想起来，

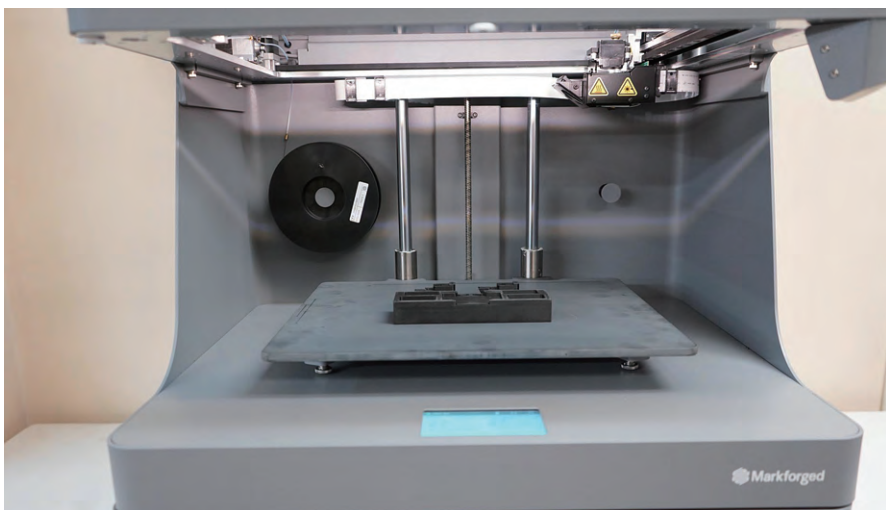


图 1 为了解定制固定装置交付周期长、成本高等问题，PMP 购买了一台 Markforged X7 3D 打印机

这就是我们过去的做事方式。工程师拿到图纸后确定工具夹紧的方法。然后，由我来进行制造设计、购买材料、找到所有夹具和硬件，并与工具制造商沟通，制定时间表。从概念设计到成品，需要很长时间。”

PMP 是怎么解决这个问题的呢？去年秋天，当公司为解决这个问题而购买一台 Markforged X7 3D 打印机时，没有人想到增材制造会影响到车间的业务运营现状（图 1）。

绕过工具室

2017 年秋天，Rich Scanlon 和 PMP 副总裁 Sean O' Brien 参加了由马萨诸塞

州机床和增材制造设备供应商 Methods Machine Tools 举行的一场招待会。带着车间的工作瓶颈问题参加完招待会后，Rich Scanlon 和 Sean O' Brien 与 Methods 的增材及管理系统销售和支持经理 Keith Carlisle 达成了一份购买 Markforged X7 的口头协议：如果 Methods 可以制造出符合车间标准的一些固定装置和部件样品，公司便会考虑购买 X7。最后的情况也确实如此。

一年多以后，二人将 X7 直接与公司的工装和固定装置工作流程集于一体。由 Methods 提供机器操作的初步培训。采用碳纤维、凯夫拉尔纤维或玻璃纤维等强

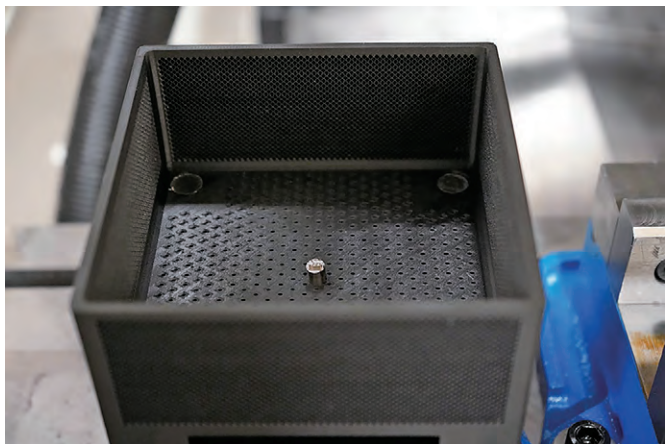


图2 PMP 是一家 17-4 不锈钢医疗器械的大批量供应商。这种医疗器械尺寸很小，不足 1/10 in，两侧轮廓明显

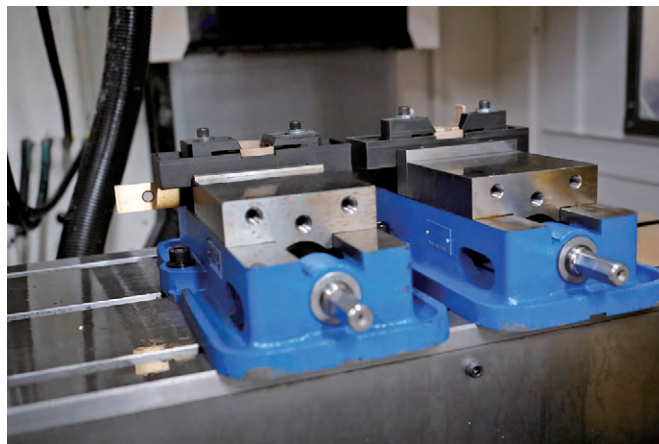


图3 通过 3D 打印技术，PMP 可以绕开几个常规步骤，包括部件设计、绘图、安排工具制造商以及制造固定装置和两个夹具

度/重量比高于 6061 铝的材料进行增强的塑料，经过该机器挤压后，所得单层高度仅为 $50\mu\text{m}$ 。PMP 几乎一直在使用 Markforged 的专有材料 Onyx（一种掺有碎碳纤维的尼龙热塑性塑料）进行打印。也就是说，3D 打印工具所需的材料强度并不是 PMP 的当务之急。

相反，车间调整活动主要集中在工具的设计和 workflows 上，即帮助工作室摆脱束缚，调整工具制造的分离式思维模式。Rich Scanlon 说道：“增材制造要求‘非常规思维方式’。过去，我们的常规操作是寻找工具制造商，制定时间表，跟进夹具和其他硬件，然后占用部件制造机床的宝贵时间进行设计部件铣削或磨削。”

而现在，一切有了翻天覆地的变化，Rich Scanlon 每次想到都会笑。他说道：“我们使用 Pro Engineer 完成部件夹具设计建模，绘制出夹具的图纸后剩下的便交给打印机了。周五下班前，设置后打印机将按照设置开始工作。到了下周一早上，所有所需部件均已准备就绪，我们将全力应付下一周的大难题。”

难题与困境

PMP 主要是大批量供应一款直径不到 1/10 in 的圆形 17-4 不锈钢医疗器械(图 2)。对于车间而言，制造一个直径仅为 0.25 in 的工件工具并不比制造一个用于较大工件的工具难。该过程包括两步或多步设置、计算机数控编程、特殊夹具

和电线切割放电加工。前文提到的大难题是指在计算机数控加工过程中，冷却剂的作用力会将虎钳中的部件吹到机器的后部。

这个问题的解决之法不在于 3D 打印的铁卡爪，而是一个 $5\text{in} \times 5\text{in} \times 3\text{in}$ 的 3D 打印盒。Rich Scanlon 在盒子的五面墙壁（一侧敞开）上设计了若干密集的溢流冷却剂槽阵列，即数百个小的三角形形成筛网，用于冷却剂流通。工件垂直卡入盒子中间的 0.5 in 孔中，从而使主轴能够在盒子里接触到部件的所有侧面。

为了保持盒子的牢固性，Rich Scanlon 采用 3D 打印技术，为四个下角打印了一个角套，每个角套内有一块磁铁，借助磁场的作用力将盒子固定到金属虎钳上。加工期间，将从每块原材料上切下部件（每个材料可切出五个部件），部件逐个落入盒子中，并被固定在角落的磁铁吸住，而冷却液则通过溢流槽排出。

具备制造工具和固件的能力后，越来越多像 PMP 这样的车间开始遇到类似的“大难题”。但是 3D 打印也有可能给车间业务模型核心方面带来根本性改变。

降低产量

过去 40 年以来，PMP 一般是承接各种中到大量的部件生产任务。随着大批量生产中定制夹具交货时间的灵活性越来越高，车间开始怀疑增材制造行业。于是转战航空航天工业的小批量生产订单，因

为这种情况更符合当前车间的生产能力。Rich Scanlon 说：“对于高混合小批量部件生产，打印夹具的能力至关重要。现在，我们不再一头扎进工作室制作夹具，而是利用想象力选择材料，然后打印。这个过程非常有趣，应该也是周围变化的一种体现吧。”

到目前为止，车间使用的 3D 打印材料主要用于小批量生产活动，包括他为小型医疗设备创造的 3D 打印盒，已经能够胜任十几项工作。“3D 打印和其他定制工具夹紧解决方案的诞生，提高了 PMP 的部件交付速度。” Rich Scanlon 说道，“在上一个短周期项目中，我们制造了固定装置、夹具和所有类型的物品，提高部件的交付速度。事实上，我们也真的做到了。现在，我们很希望能够与大家共享 3D 打印技术。这项技术帮助我们提高了客户信心，也缩短了交付周期（图 3）。”

“随着我们对 3D 打印技术的进一步了解，我越来越确信这项技术将逐渐运用到各个领域。” Sean O’ Brien 先生补充到，“公司正在寻找适用于室内使用的金属增材制造技术。不久的将来，应该很快会做出决定。目前，我们还没有充分挖掘 X7 的潜力，包括 PMP 已经制造出来的定制打印工件夹具的好处。我们将继续探索 X7 的新功能，我们也将继续期待 X7 带来的惊喜，继续尝试。但是即使是现在，我们也感觉早已比他人提前迈出了一步。” **MM**