MOLDMAKING TECHNOLOGY magazine

逆向工程 \ 添加制造

生产精密军需零件

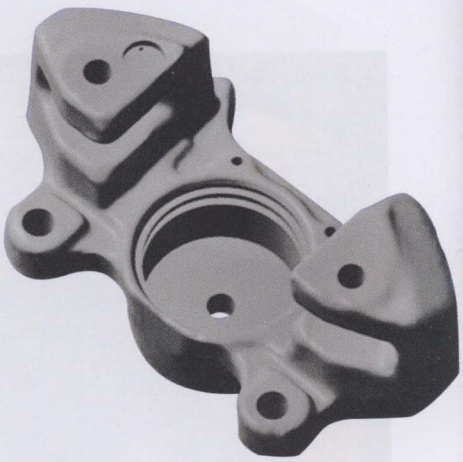

图 2 Geomagic Studio 软件可以让 EADS 将扫描点云数据转换成一个 3D 数字多边形表面模型，用于最终的添加生产工艺之中

EADS Innovation Works 欧洲宇航防务集团创新工程公司将 3D 成像 / 逆向工程软件与添加制造技术相结合，创造了一种速度更快、成本效益更好的生产方法，为该领域的军用车辆和装备提供替换零件。

文 | Neil McLeod

虽然现代军用硬件包含有很多似乎不可接近的先进技术，但最新的技术往往需要花费数年的时间，才能投入正常的服务。因此，现今世界上军队使用的一部分飞机和军用车辆可能已有 20~30 年的役龄。

当这些飞机和车辆被部署到战斗地区，特别是当它们被部署到世界的另一半球时，就会向人们提出一个重大的挑战：无论何时，当车辆发生故障时，都必须及时提供替换零件。这就意味着，凡是部署有车辆的地方，就必须库存适量的零备件。

物流的要求是复杂的，其自身需要付出足够的代价。许多仍然在使用中的车辆，由于其役龄的关系，头等重要的事情是为它们采购或提供必要的零备件。但随着时间的推移，其所受到的限制会越来越多。所以，在许多情况下，必须从头做起，更换机械零件：一方面应满足就地需要；另一方面需要库存，以备将来使用。即使采用今天的 3D CAD 软件和 CNC 加工技术，这种小批量的生产也会增加这种替换零件所造成的复杂性和成本。

EADS Innovation Works 公司对这一日益严峻的问题已经给出了解决方案，以实现减少浪费、提高效率和加速所需零件生产的目的。这将涉及到一套 Faro ScanArm 3D 激光扫描仪、Geomagic Studio 3D 成像 / 逆向工程软件和一套 Arcam A2 电子束熔炼（EBM）添加层生产系统的使用（图 1）。

图 1 Andy Hawkins 先生是 EADS Innovation Works 公司的一名研究工程师，他正在观察一台 EBM 机械的工作情况

概念验证项目

EADS Innovation Works 公司是一家全球性的技术网络公司，为 EADS（欧洲宇航防务集团）的各业务单元提供服务。EADS Innovation Works 公司管理世界各地的 Research & Technology（R & T）技术研究实验室，寻求可创造价值的新技术，开发有利于 EADS 的工艺和资源。

开发一种速度更快和成本效益更好的方法，为飞机和军用车辆提供所需的更换零件，是 Innovation Works 公司所承担的工作之一。EADS Innovation Works 公司金属工艺和工程研究组组长 Jon Meyer 先生对该项目的概述是：“这是一个概念验证项目。其整体设想是为了说明采用添加层生产技术，可及时为老化、过时的飞机和车辆提供更换零件，以达到削减时间和节约成本的目的。采用这一技术后，就不需要在本地存储零部件或飞行出运，只需在车辆要求维修的同一个地方，

按需要对损坏的原件进行扫描、数字造型，然后再进行生产。在实践中，每个地方将配置一套3D扫描仪、Geomagic软件和一台机床。”

工艺三步曲

1. 第一步

该项目组选定的实例项目是一辆汽车的制动钳。第一步采用FARO ScanArm激光扫描仪对该制动钳进行扫描。该扫描仪能够以每秒钟近20000个点的速度记录测量数据，扫描精度达0.035 mm。单独的扫描需要捕捉整个制动钳图像，将一系列的扫描点云文件存盘，然后读入到Geomagic Studio 3D成像/逆向工程软件之中。

2. 第二步

使用Geomagic Studio软件中的工具，将扫描点云数据转换成一个3D数字化多边形表面模型，通过此模型可以准确地反映原制动钳的形状，并可在最后的生产工艺过程中使用（图2）。

首先，各扫描文件被组合在一起，产生一个制动钳的单点云模型；然后运用Geomagic Studio软件的“曲线取样”工具，将点数减少到更易于管理的模式。该数据集还需要进行清理，剔除扫描仪在扫描过程中拾取的噪声和异常点。

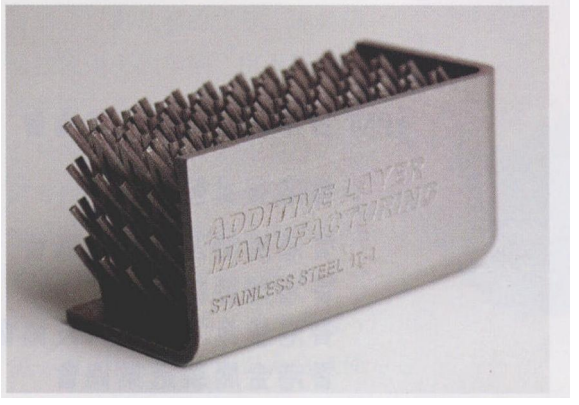

图3 英国的Centre for Additive Layer Manufacturing（CALM）添加层制造中心是EADS资助的一家研究机构，它采用添加制造技术生产图中所示的专用刚性结构件

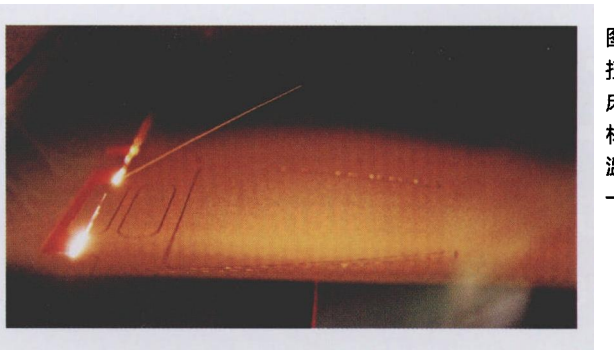

图4 电子束正在扫描钛金属粉末床，使熔融金属材料保持合适的温度，以便于进一步制造零件

然后，该软件可以让研究小组填补那些扫描仪无法全面捕获的区域，例如固定螺栓孔，此类螺栓孔通过制动钳从一个表面延伸到其相对的一个表面上。对于这样的螺栓孔，扫描仪只能捕获它们的位置和圆周，而无法捕获它们的深度。因此，该研究小组首先创建了整个制动钳的数字模型，但不包括螺栓孔，然后使用软件工具来清理和强化扫描仪所捕获的孔径表面边缘。最后，通过模型将其从一侧“推向”另一侧，创建出螺栓孔。之后，工程师们用数字砂纸将该模型“打磨”光滑。3D多边形表面模型在完成之后将被保存为STL文件，并将其从Materialise出口传输到“Magics”添加生产制备软件之中。

3. 第三步

当该数据在这一软件中处理后，就可以开始在Arcam A2 EBM系统上复制生产钛金属制动钳了。正如所有的添加层生产技术那样，EBM工艺要求准备生产的零件的3D数字模型，首先要通过数字“切片”方式，将其切割成很多薄的横截面，每个横截面的厚度为0.1 mm或更薄。然后由代表这些横截面的数据控制EBM加工机械的运动，形成单独的层面，在将其一层一层地堆积起来，通过电子束熔融的金属粉末，创建成真实的物理零件（图3）。

每一层都是按照零件3D数字模型规定的确切几何形状熔融成型的。对于每一层金属粉末而言，首先通过电子束对粉末床进行扫描，让所使用的合金保持其所需的温度（图4）。然后按照零件的轮廓将其熔化，最后，完成其余的大部分工作。零件是在真空高温状态下制造的，因此零件的内部不存在内应力，材料特性比铸件更好，可与锻件相媲美。

实现盈利目的

在实践中，虽然复制生产的制动钳几何精度很高，但采用这种工艺所生产的零件还需要符合国际标准和满足认证要求。特别是飞机零部件。然而，对于车辆来说，EADS Innovation Works公司的示范生产工艺是很有发展潜力的，可以实现良好的成本效益，及时提供零配件，为人们带来实实在在的利益。

这种生产工艺也带来了一些更为普遍的利益。该添加生产技术比传统的机械加工具有更高的效率，因此成本更低，从材料利用情况考虑，对环保更为有利。EADS Innovation Works公司演示的工艺清楚地表明：对于任何类型的机械设备，凡是在零件急需而又很难找到货源的情况下，采用上述生产工艺都是非常理想的。MM