

金属增材制造

令金属加工如塑料加工般简易

Directed Manufacturing 公司将金属增材制造变成一项如当今的塑料增材制造一样可用于零部件制造的成熟技术。该公司预计，这项工作会一直进行，所以预期将购买更多的金属增材制造设备。

文 | Peter Zelinski



图 1 Directed Manufacturing 公司的 Erling LaSalle 正在为一台金属增材制造机的下一个构建作业周期做准备

Directed Manufacturing 公司的 5 台塑料增材制造机 99% 的时间都投入到量产部件的制造过程当中，其中包括燃油箱、外壳、翼梢小翅、无人机部件以及各种专业化的外科手术器械和外科手术对准导向件。这些选择性激光烧结产品均属于复杂、高价值且生产批量小的产品，采用增材制造方式极为合适。过去，增材制造工艺总是与原型制造联系在一起，如今，Directed 的用户已经不会再这样看待增材制造能力。

增材制造加工的对象通常是塑料。这家位于德克萨斯州 Austin 市的增材制造承包商还能采用 3D 打印工艺来制造金属部件。从历史上看，工业界接受增材制造可用于塑料部件生产的做法经历了长达数十年时间。该公司说，加工所用的材料和工艺都必须经过证实，而设计师的设计方案必须适应于增材制造所能提供的几何形状上的自由度。金属增材制造被接受的过程比塑料增材制造加快了不少，但目前还没有成功，预计这项技术的引爆点可能在今年来到。至今为止，这



图2 Directed Manufacturing 公司已经成功地开展了塑料部件的增材制造业务，图中用于膝盖外科手术的对准工具就是为了对患者进行 CAT 扫描测量而定制的，该公司期望为类似于其已提供的塑料部件的金属部件的制造提供服务

家公司绝大多数的金属增材制造能力已全部投入到产品开发当中，但其中一些已开发完毕的产品如今已经投入到金属增材制造设备的制造过程中。公司预计将购买更多的金属增材制造设备，以满足不断增长的需求。

金属增材制造设备由 Renishaw 公司（以 CNC 机加工相关的技术闻名）出品。去年，Directed 公司成为了这家公司的选择性激光熔融机的第一个美国商业用户。Renishaw 的增材制造设备采用了开放式架构，允许诸如 Directed 公司这样的用户针对用户指定的新材料开发和定制设备参数。Directed 的经理们说，这项特色以及 Renishaw 公司对新材料的开发进行协助的承诺是公司决定选择这款设备的主要因素。该设备的另一项宝贵价值是其具有 12 in (1 in=25.4 mm) 的构建高度，而 Directed 公司的其他 3 台增材金属制造机均只有最高 10 in 的构建高度，2 in 的差异可能看起来很小，但其影响制造机内的工作流程，而制造机内的工作流程已被证实为决定部件能否采用增材制造

加工的关键因素。

节约成本

Alex Fima 和 James Hockey 分别是 Directed 公司的技术业务发展人员以及销售人员，Alex Ramirez 负责管理生产现场。他们表示，金属增材制造不仅正在以与塑料增材制造一样，从原型制造转向量产，而且金属增材制造技术的转变速度更快一些。参考塑料增材制造发展里程只是原因之一，另一个原因是金属部件的买方更有可能获得成本降低但技术上较为成熟的产品，利用增材制造能够达到该节约效果。

Hockey 说，飞机发动机就是一个例子。处在发动机传统生产工艺领域的成本改进潜力在很大程度上已经被发掘一空了，厂商已获取成熟的技术成果。因此，发动机制造商正在寻找非传统的方法，希望达到显著节约成本的效果。增材制造能以多种方式提供这样的节约效果。

其中一个方式就是通过减少材料用量和部件重量来实现节约。

Directed 公司目前进行的产品开发工作当中，大部分涉及到细化和重新设计部件，以尝试用最高的材料利用效率来制造这些产品。通过增材制造工艺生产的部件可以非常精细和复杂，而且这些部件也不全是实心的。生产复杂部件以及空心部件能将部件无需的材料全部省去。增材制造的另一个优点是对部件的适用性和效能做出优化，而不必担心对优化后部件的形状再如何铸或机加工。例如，发动机制造商可以改变部件以优化燃油或空气的流动，但不会对部件做出任何几何形状上的妥协。Hockey 说，增材制造不要求更换刀具或夹具，因此它对于小批量生产来说是经济合理的。许多高价值的量产部件所需数量仅为每年 1000 件左右。

增材制造所节约的成本主要来自于减少或消除装配工作量。一个由 10 余个零部件紧固连接或焊接形成的复杂组件可以重新设计



图3 Renishaw 公司生产设备的挠性叶片能够制造精巧复杂的部件外形，包括壁厚很薄的部件。图中的螺钉是在该公司设备上垂直构建而成

成采用增材制造技术生产的一体化金属部件。尽管这种方式并非廉价，但装配关键部件所需的劳动力价格和由于装配出错而付出的代价也不低廉。当与装配相关的成本能够避免时，增材制造能够通过减少零部件总数而实现大幅度的成本节约。

机床优势

Renishaw 公司的加工设备的特殊设计拓展了增材制造的效益，设备的构建尺寸就是其中一个方面。Directed 公司的 Ramirez 说，Z 轴方向超大的距离对于不使用此设备就无法进行增材制造的部件具有重要的意义。

这台设备的另一项优点与构建过程中每一层作业经过材料上方的刀片作用力有关。Renishaw 的机器使用的是挠性叶片，它具有较高的灵活性。与这家企业目前所用设备的较硬叶片相比，这似乎是一项微小的变动，但 Ramirez 说，这项改变扩展了增材制造部件的设计范围。挠性叶片较低的作用力让 Directed 公司得以制造出壁更薄且外形更为精细的部件，而其他叶片做不到这点。

增材制造部件的生产过程中会产生临时性支架，这些支架将在部件完工时除去。Renishaw 设备能够制造出更纤细的支架，纤细至足以徒手折断拆除。在 Directed 公司的其他金属增材制造机上，部件的支架必须通过后续机加工步骤来除去。但同时 Ramirez 希望能够看到新型设备在控制界面的改进。与竞争产品机型不同的是，这台设备的界面不能在加工循环开始前在控制屏幕上以图形化方式验证构建循环。操作者只能偶尔在构建循环开始时通过在设备窗口观察来发现简单的编程错误，从而停止构建循环，纠正错



图 4 James Hockey 展示了挠性软叶片的可更换部分，该叶片让这台设备能够构建出精巧细致的构件

误然后重新开始，这样很浪费时间。

尺寸和速度

Renishaw 公司正在努力地细化设备，其中一部分也是采纳了 Directed 公司的反馈意见。金属的增材量产制造概念目前还非常新颖，能够进行此类制造过程的设备仍然在快速改进。对于绝大多数用于此类工作的设备，都存在着特定的限制，限制这些设备的主要因素不仅是构建尺寸，还有在此尺寸范围内缓慢的构建速度。制造金属部件时的最佳尺寸是垒球大小的部件，一个该尺寸

的金属部件的增材制造过程用时为 18 ~ 20 h。

增材制造技术经常与速度有关，3D 打印技术仍然挂着“快速原型制造”的标签，而这个术语值得从两方面来推敲——快速、原型。Directed 和其他公司正在证明，这项技术不只局限于原型制造，但同时对于金属材料来说，这项技术也不一定是快速的。在塑料部件的增材制造过程当中，这些条件互相限制作用较小。Directed 的塑料增材制造机体积较大，速度较快。该公司期望金属增材制造机也能够在这两个方面都做到改善。[MM]