

车铣

当车铣不再旋转

LeanWerks 公司在车床铸件加工方面使用了新型探头、刀具和工件夹紧策略，实际上把车铣变成了五轴加工中心。

文 | Reid Leland



机械行业的业务普遍出现了下滑和外流。2015 年，LeanWerks 公司的业务确实在下降，这主要是因为工厂的很多业务都来自油田客户。当时订单数量出现明显下降，工厂为了生存将刚刚购买的车削中心卖掉，并解雇了 60 余名工人。

这种情况导致位于 Ogden 的工厂开始从事其他行业的工作，如航空和高速自动化，以确立更均衡的客户基础和更稳定的工作流程。LeanWerks 目前已通过 AS9100C 航空标准认证，并开始对部分现有的机械加工能力进行改造，使之更好地适应在新的行业里即将遇到的加工任务。

举一个使用铝熔模铸造加工喷气发动机燃料过滤器外壳的例子。LeanWerks 公司参与这项工作时，实际生产进度已经比航天铸造工厂客户的产品交付计划慢了近一年，因为内部机械加工流程落后，导致生产速度非常缓慢。结果，安装这些过滤器外壳的喷气发动机的原始设备制造商失去了耐心，工作延期导致材料积压也让其他客户感到失望。因此，为了减少内部加工资源的负担，铸造工厂联系 LeanWerks，希望其考虑接手这些铸件的



图 1 LeanWerks 开发了一项将刀具、工件夹具和零件探测技术融为一体的工艺，车铣使用这项工艺可以一次加工熔模铸造部件的五个面

机械加工工作。尽管很多工程师认定使用熔模铸造进行设计，因为熔模铸造比其他铸造工艺提供的模具更复杂、尺寸精度更高，但熔模铸造仍然需要进行机械加工，才能准确满足高性能结构的要求。然而，各种类型待铸件的差异化及相关的复杂工件夹持要求，也导致一些工厂无法承担这种类型的机械加工工作。例如，燃料过滤器外壳零件需要多

种机械加工工序，包括铣深孔、打孔、表面加工、钻孔、敲击、内径切槽和 3D 轮廓绘制。一开始，工厂认为可以使用三轴铣床进行多次加工，然后使用车床进行一次加工，即可完成工作。然而，工厂最终确定，这不是最佳策略，因为零件的位置容差要求很严格，数据很复杂，进行多次加工是无法满足要求的。

LeanWerks 的思路是考虑如何利用 Mazak Integrex i200s 车铣的切割能力减少在机械加工过程中接触零件的次数。工厂主要使用这种机床生产石油燃气工业中的高压抽吸工件，如水力压裂和长盘管应用所需的旋塞阀锥形插件。Integrex 非常适合阀门插件，因为它既能转动零



图 2 这是在机床上加工相同的熔模铸造零件

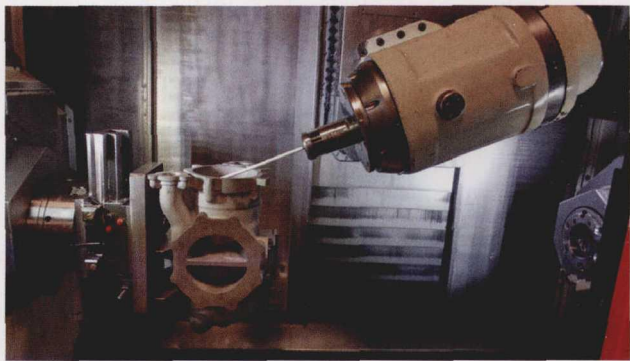


图 3 为了探测外壳深处的情况，LeanWerks 在 200 mm 的伸长部分上安装 50 mm 长的探针

件的锥形外径，又能切割内部的轴间孔。机床还可以切出孔所需的圆环，这需要通过五轴切割操作完成，因为孔的表面是锥形的。

也就是说，在车铣上加工燃料过滤器外壳部件不需要旋转，面临着很多挑战。例如，A356.0 航天级铸造铝含硅量较高，切割起来较困难。另外，零件所有表面的角几何特性各异，其中包括一个重要配件要放进 13 in (1 in=25.4 mm) 深的铸件底部，而薄壁区域在机械加工期间会发生振动。另外，具有复杂数据结构的部件要采用严格的公差，其中一些分厂分散的部件采用 0.25 mm 的真实位置容差，其他较集中的零件采用 ± 0.01 mm 的尺寸容差和 0.05 mm 的真实位置容差。

这样，LeanWerks 只用三步就让自己的车铣能够一次加工熔模铸件的五个面。第一步是设计一个铸件固定装置，确保可以在部件的五个面上进行机械加工。该装置设计的关键部分是一个支架，用于支持铸件，同时帮助人员从支架腿之间和旁边接触到部件。为了将铸件固定到支架，在支架腿之间安装了一个链条和滑轮机构，保证夹紧力平均分布。

由于车铣不能提供足够大的 Y 轴行程，无法到达零件所有位置，在装置上增加了一个鸠尾滑道，这样支架和部件可以滑动，并在滑动到可接触的位置后重新夹紧，而不必反复固定部件。为了确保足够坚固，使用固定销和焊接工艺将支架固定到钢底板上。底板固定在鸠尾滑道的鞍状结构上，而滑道底座固定

到机床已有的三个爪式卡盘的卡爪座上。

接下来，工厂集成了一个接触式触发探测系统。接触探测是必不可少的，因为每个待铸件的形状有细微差别，使用滑动装置解决 Y 轴的行程问题会改变零件位置。通过探测可以准确确定零件移动后到达的新位置，并确保之后的切割路线最适合实际的零件位置。

实际上，工厂意识到需要使用一个标准长度的探头和一个伸长探测器才能接触到零件内较深的部分。由于车铣只有一路探测通道，LeanWerks 使用雷尼绍 RMI-Q 无线接收机对车床进行了改造，并在主机床控制面板内安装了一个可编程逻辑控制器 (PLC) 卡，用于处理第二个探测信号。短探头使用 25 mm 长的探针，而长探头使用安装在 200 mm 扩展部分的 50 mm 长探针。两个探测器都使用雷尼绍 RMP-60 探头外壳。

探测程序使用雷尼绍的检查增强软件进行编程，最终代码添加到正确位置的机床程序。外壳底部端口的初步探测程序测量点和外壳前面的开口共同确定了零件的中心轴。其他待探测部分包括：靠近表面的一个小端口，用于确定部件的旋转方向，和主侧法兰的内壁，用于确定部件 Z 轴位置。Mazak 工作位置误差补偿 (WPEC) 软件模块可以通过初步探测程序得出真实位置计算以探测偏差，通过轴的转位运动来移动零件。在初步探测程序执行完毕后，再进行一次探测，确认相关部分和后加工表面的位置。

最后，工厂使用先进的刀具技术对

零件和磨削铝材料进行深入机械加工。为了完成这项工作，工厂使用了 Rego-Fix powRgrip 工件夹紧系统。作为冷缩配合装置的替代者，powRgrip 是一种机械压紧系统，由工件夹紧装置、精密夹头和用于将夹头和刀具插入到加紧装置的紧密台式液压夹紧装置组成。根据 Rego-Fix 的说法，系统能够产生很高的加紧力，同时将总指示计读数保持在 0.0001 in 以内。系统的高硬度延长了刀具寿命，提高了切割准确度。

工作使用的刀具必须具有较大的正前角，可以在高速运行时完成较浅的切割。使用了带无涂覆层、高度剖光、高度正向的插件的 Garr Alumistar 端铣刀和小型平面铣刀。

LeanWerks 使用来自 Big Kaiser 的 Speroni STP Magis 400 预调节器预先设置作用刀具。预调节器不仅可以对刀具进行外部设置，更重要的是还能帮助判断加工质量和发现故障，因为预调节器可以检查切割边缘、确认刀具形状和测量偏移量。

LeanWerks 开发的使用车铣加工熔模铸件的工艺，将生产率从每 10 h 生产一个零件提高到了不到 2 h 就生产一个零件。因此，工厂继续考虑采取其它方法提高现有能力，就像改进各种新产业加工工作一样。实际上，考虑到工厂不断扩大新市场，业务又开始增长，LeanWerks 正在招聘新员工。公司的目标是寻找能够和公司一起发展的高质量人才，培养他们不断思考提高运行效益和推动公司发展的新方法。[MM]