

雷尼绍助力精密数控加工工厂 将铝制熔模铸件的加工效率提高80%以上



客户：
LeanWerks（美国）

行业：
精密制造

摘要：
此案例介绍了，LeanWerks公司采用创新的集成切削刀具、工件夹持和测头测量技术的加工方案，实现了在车铣复合机床通过一次设定完成铸件的整个加工过程。

作者：
《Production Machining》期刊总编辑
Derek Korn

几年前，由于油气行业不景气，位于犹他州奥格登市的LeanWerks公司不得不向其他行业拓展业务，包括航空航天和高速自动化行业，以建立更均衡的客户群和更稳定的工作流程。这家代工工厂现已获得AS9100C航空航天标准认证，同时也开始对其现有的部分加工设备进行改造，以更好地满足新涉足行业的加工要求。



LeanWerks开发了一个集成切削刀具、工件夹持和测头测量技术的加工过程，实现了在车铣复合机床上通过一次设定对这种熔模铸件的五个面进行加工。图片来源：LeanWerks。

背景

LeanWerks总裁兼联合创始人Reid Leland举了一个例子：用于制造喷气式发动机燃油滤清器外壳的铝制熔模铸件。在LeanWerks最初接触到这个项目时，他们的客户（一家航空航天零部件铸造厂）的生产进度已经落后于交付计划将近一年，原因是内部加工过程太慢，导致生产效率很低。结果造成这家铸造厂的客户（即安装这款外壳制造喷气式发动机的OEM）对他们失去耐心，而且这项作业的延误还导致其他订单被迫积压，令其他客户颇有微词。因此，为了减轻内部加工资源的负担，该铸造厂找到LeanWerks，希望他们承接这种铸件的加工作业。

挑战

相比其他铸造工艺，熔模铸件具有形状复杂但尺寸精度高的优点，因此许多工程师在其工件设计中指定使用熔模铸件；但是，这些铸件仍需要经过精加工才能实现精确的装配，以达到产品功能的高性能要求。

然而，由于这类毛坯铸件复杂各异，而且相关的工件夹持要求比较棘手，因此有些工厂不愿承接此类加工作业。

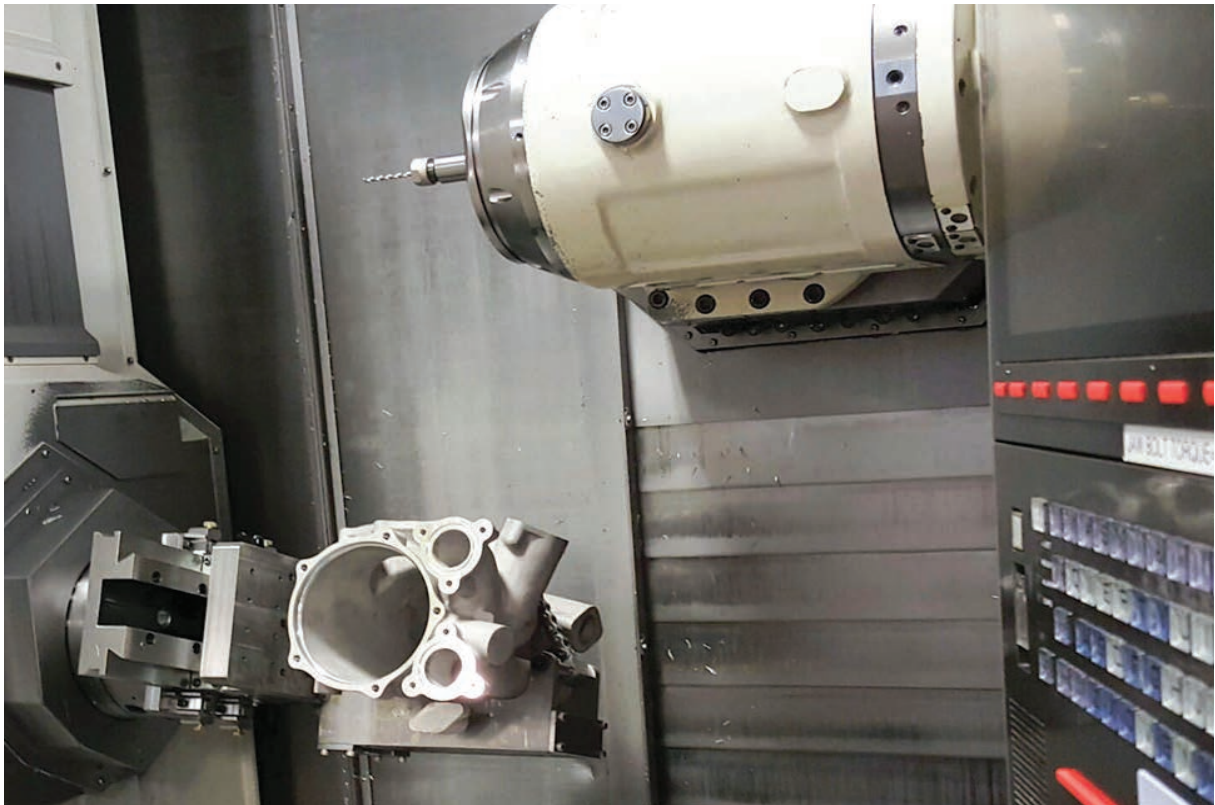
比如说，燃油滤清器外壳需要多项加工操作，包括深孔铣削、镗削、端面铣削、钻孔、攻丝、内径开槽和3D轮廓加工。起初，LeanWerks认为可以先在三轴铣床上进行几次设定，然后在车削中心上进行一次设定，通过这种方法完成这项作业。但是后来他们发现这种方法并不理想，因为在多次设定之后，工件的复杂基准设计的严苛位置公差要求将难以满足。

LeanWerks转而考虑如何充分利用现有的Mazak Integrex i200S车铣复合机床的铣削能力，以尽可能减少

在加工过程中接触工件的次数。该工厂过去主要使用这台机床来生产用于石油和天然气行业的高压泵送作业的锥形旋塞阀镶套阀芯，用于诸如水力压裂和连续油管等应用。Integrex机床既可以车削工件的锥形外径，又可以铣削工件内部的斜向（或横向）流道孔，因此非常适合加工阀门的镶套阀芯。这台机床还可以铣削在装配时需要接合O型圈的孔，由于这些孔是锥形面，因此需要进行五轴轮廓加工。

也就是说，在车铣复合机床上加工燃油滤清器外壳时，虽然不需要车削操作，但也存在多项挑战。例如，A356.0航空级铸铝的二氧化硅含量很高，切削难度大。

此外，这种铸件的几何形状复杂，在各个表面上具有多个角度各异的特征（包括铸件内部13英寸深的底部有一个关键装配特征），而且薄壁部位在加工过程中会产生振动问题。再加上，这种工件具有公差要求严苛的复杂基准结构，例如：某些宽距特征的位置度公差为0.25 mm，而其他窄距特征的尺寸公差为0.01 mm，位置度公差为0.05 mm。



由于该工件的尺寸限制，车铣复合机床的Y轴行程不能使主轴接近待加工工件的所有部位。为了解决这个问题，LeanWerks开发的夹具加入了燕尾滑块，使夹紧的工件能够滑动并在可接近的位置重新夹紧。然后通过测头测量程序检测重新定位的工件的位置度。

解决方案

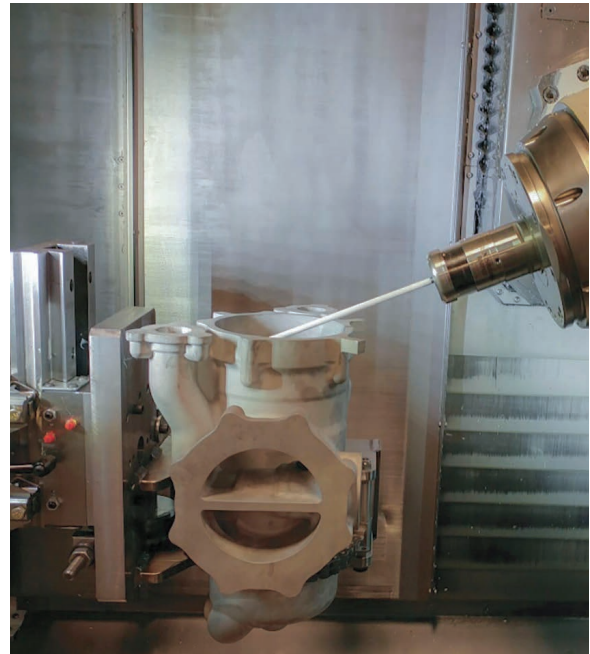
因此，LeanWerks采取了三大步骤，实现了在车铣复合机床上通过一次设定对熔模铸件的五个面进行高效加工。第一步是设计一款夹具来固定铸件，以便对工件的五个面进行加工。这款夹具的一个关键部分是支架，它与铸件的主体接合，同时允许接近支架腿之间和旁边的工件特征。为了将铸件固定在支架上，LeanWerks在支架腿之间安装了链条和滑轮机构，以实现均匀夹紧。

由于车铣复合机床没有足够的Y轴行程可接近所有特征，因此LeanWerks在夹具中加入了一个Setco燕尾滑块，使支架和工件能够滑动并在可接近的位置重新夹紧，而无需完全重新固定工件。为确保刚性，支架被安装在钢制底板上，并通过定位销和焊接进行加固。底板安装在在燕尾滑块的鞍座上，而滑块底座安装在机床现有的三爪卡盘的主爪上。

第二步是，该工厂集成了一套触发式测头测量系统。由于每个毛坯铸件的形状略有不同，而且用于解决Y轴行程问题的滑动夹具会改变工件的位置，因此必须进行触发式测头测量。通过测头测量可精确地确定工件移位后的新位置，从而使后续刀具路径与实际工件位置实现最佳拟合。

事实上，该工厂意识到，除了标准长度的测头之外，他们还需要一个测量范围加大的测头，用于测量工件内部深处的特征。由于车铣复合机床只有一个测头测量通道，LeanWerks使用雷尼绍RMI-Q无线电接口对机床进行了改造，并在主机控制面板中安装了可编程逻辑控制器(PLC)卡来处理第二个测头的信号。短测头使用长度为25 mm的测针，长测头使用安装在200 mm加长杆上的长度为50 mm的测针。两款测头均使用雷尼绍RMP60测头本体。

使用雷尼绍的Inspection Plus (增强型工件测量软件) 对测头测量程序进行编程，并将生成的代码添加到机床程序的适当位置。初始测头测量程序在外壳腔内的底部端口及外壳正面的开口上采点，以确定工件的中心轴。测量的其他特征包括靠近表面的其中一个小端口，以确定工件的旋转方向；以及主侧法兰的一个内壁，以确定工件的Z轴位置。Mazak的工件位置误差补偿(WPEC)软件模块能够利用初始测头测量位置进行计算，以检查工件随主轴分度运动后的真实位置偏差。在初始测头测量程序之后，再执行后续测量，以确认相关特征和加工后表面的位置。



为了测量外壳内部深处的特征，LeanWerks将50 mm的长测针安装在200 mm的加长杆上。

最后一步是，该工厂采用先进的切削刀具技术对该工件和研磨铝材料进行深加工操作。在这项作业中，该工厂使用Rego-Fix公司的powRgrip刀具夹持系统。作为热缩配合的替代方案，powRgrip是一种机械压合系统，由刀架、精密夹套，以及一个用于将夹套和刀具插入刀架的紧凑型台式液压夹紧装置组成。Rego-Fix称，该系统能够产生高夹紧力，同时将总指示器读数保持在小于0.0001英寸。该系统的刚性有助于提高刀具使用寿命和切削精度。

用于这项作业的切削刀具必须具有大正前角，以极高的速度运行，且切深较小。LeanWerks选用的是Garr Alumistar立铣刀，以及一把带有无涂层、高抛光、大正前角刀片的小型面铣刀。

LeanWerks还使用机外对刀装置为这项作业进行对刀。这项操作不仅可对刀具进行外部对刀，更重要的是，还可检查切削刃、验证成型刀具的形状和测量跳动度，从而协助校验和故障排除。

结果

LeanWerks开发出在车铣复合机床上加工熔模铸件的制程，将每个工件的加工效率从每件10小时提升到不到2小时。在此基础上，该工厂还在探索更多方法，以提高现有的生产加工能力，向更多行业拓展业务。

详情请访问 www.renishaw.com.cn/leanwerks

雷尼绍（上海）贸易有限公司
中国上海市静安区江场三路288号
18幢楼1楼
200436

T +86 21 6180 6416
F +86 21 6180 6418
E shanghai@renishaw.com
www.renishaw.com.cn

如需查询全球联系方式，请访问 www.renishaw.com.cn/contact



扫描关注雷尼绍官方微信

RENISHAW已尽力确保发布之日此文档的内容准确无误，但对其内容不做任何担保或陈述。RENISHAW不承担任何由本文档中的不准确之处以及无论什么原因所引发的问题的相关责任。

©2021-2022 Renishaw plc. 版权所有。
Renishaw保留更改产品规格的权利，恕不另行通知。
RENISHAW标识中使用的**RENISHAW**和测头图案为Renishaw plc在英国及其他国家或地区的注册商标。
apply innovation及Renishaw其他产品和技术的名称与标识为Renishaw plc或其子公司的商标。
本文中使用的任何其他品牌名称和产品名称均为其各自所有者的商品名、商标或注册商标。

文档编号：H-5650-3548-01-A
发布：2022.04