

五轴加工中心

精密制造的复杂铝合金零件

随着客户订单数量的增加，Zeltwanger 机床设备制造公司（以下简称：Zeltwanger 公司）的生产也遇到了瓶颈。为了可靠地保证切削加工的公差不超出允许的公差范围，Zeltwanger 公司选择了 Heller 公司生产制造的卧式加工中心。

作为光学工业领域中的供应商，Zeltwanger 公司为光学工业领域中的企业生产复杂的、高精度的铝合金零部件。光学工业企业是近几年来增长速度非常快的行业领域。因此在 2018 年至 2022 年期间，这家位于图林根的公司订单量大幅增加。然而，不断增长的客户订单也使 Zeltwanger 公司的生产遇到了一大瓶颈。经过深入的市场调研，Zeltwanger 公司的负责人最终决定购买一台卧式加工中心。因此 2022 年时投资购买了 Heller 公司生产制造的 HF 3500 型五轴加工中心。另一个需要解决的问题是：随着高速切削，切削加工时产生的切削热不断进入被加工零件内部，影响了被加工零件的尺寸稳定性。

Zeltwanger 公司的首席执行官 Andreas Wodarz 认为，切削加工过程中可靠地遵守严格的公差要求是必须面对的一项严峻挑战。他表示：“到目前为止，我们一直只关注一家机床设备生产厂的产品。但从 2018 年起，由于遇到的许多挑战迫使我们不得不关注其他的机床设备生产厂商。我们对 Heller 公司研发生产的第一代 HF 系列加工中心非常满意；因为它满足了对结构复杂、尺寸公差要求严格的零部件生产要求。但当时我们还没有购买。等到第二代 HF 系列



图 1 2023 年 Zeltwanger 公司投资购买了 HF 5500 型五轴加工中心。截至目前，这台已经运行了六个月的设备具有令人信服的加工精度、重复精度和工艺可靠性

加工中心问世时，其 Z 轴的两根滚珠轴承传动导轨和尾座主轴引起了我们更大的兴趣。另外，Heller 公司也向我们承诺：HF 3500 能够可靠地满足我们的公差要求。”在购买加工中心试切时的加工工艺一直适用到今天。尽管图林根生产厂的厂房里没有空调，但 HF 3500 加工中心的工艺可靠性和加工精度仍然得到了保障。这些足以让 Zeltwanger 公司的

负责人一年后再次投资购买了另一台 HF 5500 五轴加工中心。

在这类投资之前，Zeltwanger 公司进行了大量的市场调研。与 HF 系列的五轴加工中心相比，其他供应商研发生产的设备无法长久保持可靠的高精度。位于图林根的 Zeltwanger 公司认为：其他相关供应商五轴加工中心的圆形工作台因单向轴承支撑会产生一定的预紧力

(预紧力越大产生的摩擦力也越大,从而导致更高的磨损或者加工的零件出现不同的几何形状误差;具体的磨损量和误差大小取决于工作台的负载重量)。然而,对 Heller 公司地区销售代表、Hans P. Greising 有限公司的员工 Dominik Brillert 来讲,能让 Zeltwanger 公司购买 Heller 五轴加工中心的原因是有多种因素:“原则上,Heller 公司生产制造的机床设备具有很高的精度。除了实现较高生产效率的大批量生产之外,HF 系列的加工中心在单件、小批量生产中也有着非常广泛的应用。在 Pro 版本的五轴加工中心,其 Z 轴也配用了 Gantry 装置、可选的精度控制软件包、在 A/B 轴中也使用了‘背靠背’的轴承,这就能够长久确保设备的加工精度。”

Andreas Wodarz 把这些成功与 Heller 公司的历史联系到一起,他表示:“Heller 公司的设备适合于大批量的产品生产,而我们则是一家专注于小批量、高复杂性、高精度和变型产品很多的企业。这种看似相互矛盾的要求和使用目的导致了这样的结果:Heller 公司的设备是为三班制生产而设计的。在我看来,Heller 设备源于大批量生产的可靠性,也非常适合于小批量产品的生产。”

Zeltwanger 公司购买的两台五轴加工中心都配备了选购的精度控制软件包。尽管有人认为,通过适当的设备参数设置和调整也可以实现很高的加工精度。但是到目前为止 Zeltwanger 公司的主要问题是其生产批量:最大生产批量为 20 件时是无法通过设备调整和设置工作参数来积累经验的。无论如何:如果第一



图 2 Zeltwanger 公司生产的主要是一些结构形状非常复杂的、精度高的铝合金零件

个被加工零件就是合格品的话可以节省大量的时间。

现在,Zeltwanger 公司 CAM 编程负责人 Wolfgang Pfeiffer 能够编程控制的公差和尺寸精度为:“我们能够实现的位置精度为 2/100 mm,每个运动轴的定位精度为 1/100 mm。当然,我们也能实现微米级的加工精度。但两个运动轴 5 μm 的加工精度和 2/100 μm 的加工精度还是有区别的。”因此,Zeltwanger 公司还附加采用了冷却液温度控制技术系统。

在常规的生产加工情况下,两台 HF 系列五轴加工中心具有较高的切削加工性能,能满足不断增加的铝合金产品生产量要求。而且,不锈钢零件的切削加工和原来在车铣加工中心里加工的车削件也都转移到两台 HF 五轴加工中心上加工了。因为在车铣加工中心里,大量

的零件毛坯装夹调整以及使用测量探头进行测量,是不可能长久地保持要求的切削加工精度的。

Zeltwanger 公司切削加工车间的负责人 Salvatore Lao 非常满意,他表示:“Heller 公司的加工中心确实让我吃惊。例如,它可以利用四个夹具装夹零件和毛坯;我们利用其他制造厂商的设备时总是会遇到这样或者那样的问题。我们也能 1:1 的把这些零件的加工程序传输到 HF 3500 五轴加工中心的控制系统中继续使用、测量刀具和开动机床,完成全部的切削加工任务。只需校正一次切削参数,我们就可以轻松地完成 100 个合格品的切削加工了;而且每个成品都满足了尺寸精度要求、都是无可挑剔的合格品。当然,操作者对五轴加工中心的认可度也非常满意。” **MM**