立式加工中心

大型模具加工不妥协

两台双立柱龙门式立式加工中心减少了企业在加工中对外部供应商的依赖，无需在功率和精度之间权衡。

文 | Matthew Danford

对于复杂细节和精加工而言，5000 r/min 的转速是无法完美切削的。EVCO Plastics 公司总部的模具车间已经没有能供其支配的更快速的主轴。在 Wisconsin 州 DeForest 负责处理大部分铣削加工的 Makino 立式加工中心能达到 20 000 r/min。但是，转速并不是唯一的限制因素。“重量和尺寸通常是迫使企业将业务外包的首要因素。”EVCO 公司模具经理 Jim Kollath 先生说。为了能够更好地支持 EVCO 工厂的全球范围内的注塑成型业务，所使用的设备要能在重达 16 000 lb（1 lb=0.45 kg，下同）的模具上处理大挠曲变形，并保持 ±0.0005 in（1 in=25.4 mm，下同）的公差范围。

该车间的小型主力机床为 Kitamura 的 Bridgecenter-8F 加工中心，它具有较大的工作范围和主轴转速，能够满足加工的需求。模具车间主管 Phil Anderson 先生列举了这台机床优势：对于大型模具而言，需要操作人员的干预更少，设计自由度更大。事实上，EVCO 公司对于双立柱龙门式加工中心已经非常满意，并在第二次搬迁扩容后，选用了来自 Kitamura 的另一台可加工更大模具的 Bridgecenter-10 机床。

图 1 尽管 Kitamura 公司的 Bridgecenter -8F 加工中心非常适合快速切削大量钢材，但 EVCO 公司不必为速度而牺牲功率。图中，模具制造工人 Larry Dean 正在利用机床对经过淬硬的 P20 钢模具中的肋状结构进行高速切割，该模具将用于 1500 t 的压力机中

至关重要的支持角色

处理单件重量达 8000 lb 的型芯与和型腔模，对于车间的 12 人团队来说属于全新的领域。然而，Kollath 先生说：“这些零件在整个加工过程中，尺寸并不都是那么大。”6500 ft^2（1 ft^2=0.093 m^2）的模具车间对于有着 900 多名员工的公司来说只是一小部分。此外，该公司还配备了 9 台注塑机，为医药、包装、消费品、建筑、农业及其他行业批量生产塑料零件。该公司最大的压力机是 Wisconsin 州 Oshkosh 车间内的两台 3500 t 的庞然大物。该设备使用了超过 DeForest 车间尺寸限制的模具。

尽管如此，Kollath 先生说：“内部生产的模具种类越多越好。”毕竟，模具设计与制造是 EVCO 公司塑料零件性能最优与高性价比的 5 个“成功要素”之一。这项任务落在了 Kollath 先生和他的团队身上，他们为 4 个位于 Wisconsin 州的

工厂提供支持。工厂生产新模具，并且提供所有模具的修理和维护服务。

力量和精度相结合

Kollath 先生指出，EVCO 公司的模具业务不仅局限于大零件，还包括 28t 级小型压力机模具的设计、维护和修理等业务。但他也表示，最近几年有了一个明显的发展趋势，模具尺寸超过了过去车间最大机床的处理范围，这台机床 *X*、*Y* 和 *Z* 轴行程为 50in × 24in × 30in。

与之相比的是，Bridgecenter-8F 加工中心的 *X*、*Y* 和 *Z* 轴行程为 80in × 42.7 in × 28in，最大承重能力为 6600lb，操作台尺寸为 35.4in × 98.4in。较大的工作范围使车间能为公司 1500t 的压力机设计模具。相比之前 1000t 的重量限制显著提高。同时，机床的多步进齿轮传动轴可以按需调整至较高转矩或转速，最高为可达 20000r/min。相比之下，之前的机床进给速度非常慢，以避免从粗加工转为精加工时损伤较小的刀具。在很多情况下，笨重的零件不得不采用电火花成型加工。

超越尺寸和速度

Kollath 先生强调："性能与主轴转速不是立式机床老化的唯一限制因素。"2011 年 12 月安装时，Bridgecenter-8F 加工中心就打破了很多瓶颈。"例如，操作人员经常不得不在粗加工后让老机床进行冷却，然后再加热以便为精加工找到'最有效点'。"Anderson 先生回忆说。即使那样，他们也要经常在热变形方面进行补偿。与此相反，Kitamura 机床通过智能先进控制系统 (IAC) 进行温度补偿，而 IAC 使用调节传感器和机床效率监控器给机床的偏移加工提供可变的补偿值数据。按照设计者的说法，系统能够保持 5μm 之内的位移。

机床原始精度也限制了操作人员介入的必要性。"我们可以把波状外形的表面加工至净零，并且他们匹配的非常好。" Anderson 先生说。在一些情况下，车间可加工公差为 -0.0005 的表面。因此，操作人员进行抛光、手动装配和合模的时间可大幅减少。这种精度归因于机床的双柱结构、带有斜横梁的桥型设计、坚硬的整体式轴承构造以及三个轴上的线性标度反馈。

机床也为设计人员进行新的尝试和节约成本提供了选择。由于之前较大工作量的限制，他们通常会被迫插入特定型芯和型腔，无论工作要求如何。现在，没有特殊的插入要求，大多数模具都从实体开始加工。除了某些特性，例如要求去除大量钢材料的细节，实体加工对于车间来说速度会更快，对消费者来说也更便宜。Anderson 先生说："这些模具更容易冷却，因而使用效果也更好。"

逐步变大

Bridgecenter-8F 加工中心不是 EVCO 唯一的 Kitamura 设备。2013 年 8 月，该车间又安装了一台更大的双柱龙门式 Bridgecenter-10 加工中心。该机床可容纳 2000t 压力机的模具制造。这台机床 *X*、*Y* 和 *Z* 轴的行程为 100in × 68.9in × 31.5in，最大承重为 13200lb，工作台尺寸为 54in × 118in。"增加的 *Y* 轴长度非常有用。" Anderson 先生说，他同时指出热变形有可能会限制 *Y* 轴在机床上的行程。"模具变得更像是一个正方形而不是长方形，所以双柱龙门式的构造非常符合我们的要求。"

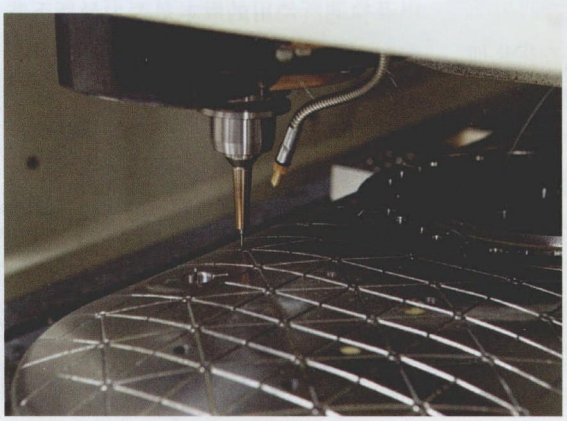

图 2 图 1 中正在被加工的模具

图 3 最大承重为 13200lb，Bridgecenter-10 加工中心为较大模具的粗加工提供了额外的能力和功率

新机床拥有同它的小型相似机床本质上相同的优势，但也有几项重大的不同。至少和 Kitamura 公司的第一代设备相比，10000r/min 的最大转速使得机床能进行更精细的加工。可是，同 40 锥的机床比，更新的 50 锥机床能为更重的零件的粗加工提供更大功率。"模具大到要在 Bridgecenter -10 上加工时，功率和转矩通常都是很重要的考量因素。" Anderson 先生说。

"总之，这两台机床不仅扩大了工作范围，还保证了在尽可能节约成本的前提下进行加工。" Kollath 先生说。并且，让他的团队很有自信的一点是：收益在不断增加。"我们总是在学习新东西。"模具制造商 Pat McKearn 说，他同时补充道，"最近，对于大零件加工的难题，人们已经开始对不同的切削刀具和夹具进行试验。而机床仅仅是难题的一部分。" MM