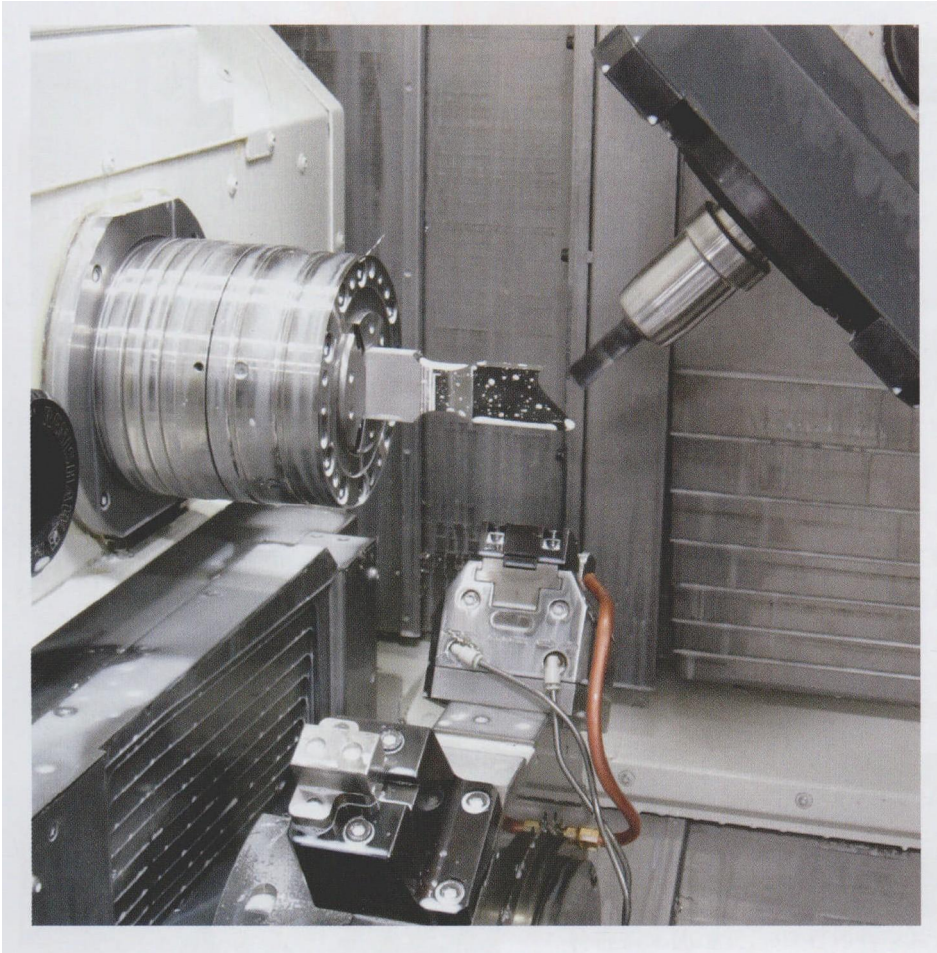




Alpha 制造与设计公司采用车铣复合加工，已加工诸如镊子之类的医疗设备零件

车铣复合加工

多任务提供医疗福利

Alpha 公司在更具竞争性的机床部件中采用棒材喂料式车铣复合加工，配有 B 轴铣轴和定制的工件夹紧策略，以完成低利润的医疗设备。

文 | Derek Korn

在 Alpha 制造和设计公司决定采购机床的时候，很大程度上赢得了新业务。Ben Garden 于 2008 年，在 Indiana 购买了两台 VMC（立式加工中心），期盼遇到首个大量铣削加工业务。如今，Alpha 公司拥有 18 台数控机床，还有额外的 VMC、瑞士型机床和电火花加工能力（包括电火花成型加工）以及

枪钻深孔加工机床。Alpha 总裁 Garden 表示公司近 100% 业务是制造医疗设备和仪器的零部件和组件。虽然高容量的医用植入体的利润率相当不错，但外科医生用于操纵这些植入体的工具利润率却相对偏窄。在许多情况下，医疗公司几乎放弃与植入体组件配套的设备。这刺激了机加工

车间付出更多努力，寻求减少设置和周期时间的途径，以期最大程度地减少整体生产时间，以及通常不超过批量为 500 件的加工零件成本。

Alpha 公司购置了新型棒材喂料式车铣复合加工设备（带 B 轴铣轴，刀塔更低，主 / 副轴的马力相等），以确保零件运送完成，通常采用“3 + 2”五轴加工策略。考虑这个机床的目的在于最大限度地减少零件被触碰的次数，同时，通过棒料送料器连续供料，最大限度地确保铣削主轴的正常运行时间。自购置机床以来，Alpha 公司实现了定制的工作件夹紧和工装策略，使机加工车间在降低周期时间、提升已有柔性机床平台灵活性方面变得更为有效。

向多重任务迈进

Garden 在入职 Alpha 公司之前，曾是一家医疗设备公司的开发工程师。当他有机会设立自己的机加工车间时，他决定专注于为其所曾经从事的行业提供零件和组件。

早期时候，Alpha 公司就认识到棒材喂料瑞士型车床的各种优点。由于机床遭遇了诸如加工尺寸更大、更多棱柱形钛和不锈钢组件的瓶颈（许多需要铣削加工而非车削），所以机加工车间就找到可提供类似棒料以及具备车削 / 铣削能力的加工平台，以便加工这些零件。

选定的机床是一台通过梅瑞狄斯机械公司购置的日本中村留精机生产的超级 NTMX。据 Green 称，这款车铣复合加工设备不仅具备 Alpha 公司想要的加工能力，而且机加工车间多年来一直感激在购置数台机床之后，梅瑞狄斯机械公司还能及时提供各种服务和技术支持。

一个 B 轴铣头是这款超级 NTMX 的典型特征，它可使机床比车削中心更





图 1 车铣复合加工的关键设计元素包括铣削主轴，可提供 $\pm 95^\circ$ 的 B 轴旋转，双自动换刀装置，

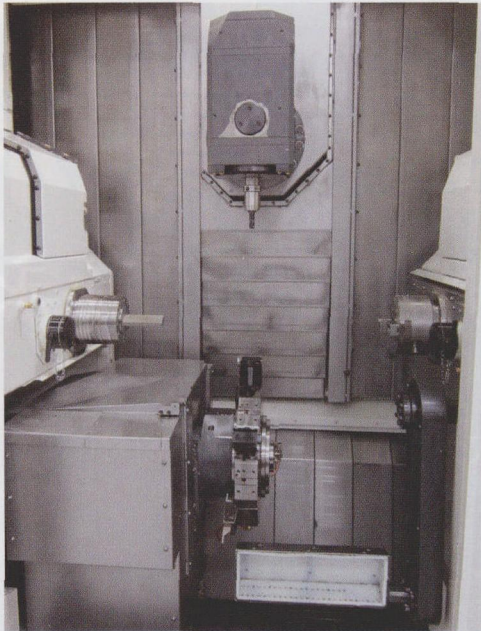


图 2 超级 NTMX 车铣复合加工的内部状况

类似的五轴铣床。事实上，这也是机加工车间选择一些“铣床操作人员”参加首批编程、设置和操作培训班的原因所在。虽然机床能够通过切割过程中结合 B 轴和 C 轴的同时旋转，执行完整的五轴外形加工操作，但 Alpha 公司主要执行“3 + 2”五轴定位作业。这主要是因为大多数设备不需要全五轴加工即可产生复杂的雕刻面。相反， C 轴可被用于将棒料检索编入位置，而 B 轴同样可被锁定在旋转角所需要的任何位置。然后，就像进行常规三轴操作那样，继续进行铣削。

超级 NTMX 也配有一个 24 站的较低转塔，机加工车间用其进行车削和切断 / 分离作业。此外，它还可选择在铣床主轴中加载一个静态切削刀具，结合较低转塔中的刀具，执行夹紧、车削操作。夹紧、车削操作通常用于加工具有高长径比的工件。这样可以最大限度地减少刀具产生的偏转，其原因在于反向车刀的径向力可相互抵消。

Alpha 公司也通过在其他方面与铣轴连用，使用较低的转塔。机加工车间已为一些转塔站添加了尾架、支撑和气动夹紧装置，使得采用 B 轴头的铣削操

作更为有效。当工件支架被定位于平坦功能时，它们可抵消来自上面的刀具压力，尽量减少振颤，并使铣床主轴进行更积极的切削。对于添加到三个转塔站的 Schunk 气动压板来讲，可重复上述步骤。这些装置的夹紧力可为零件末端（延伸远远超过主轴），或被主轴和副轴夹紧于零件当中的零件，提供附加支撑。

具有棘手刀具特征的 17-4 不锈钢镊子就是这些夹紧设备得到有效运用的一个例子。对于加工稍呈矩形的镊子零件，需要在所有六个侧面进行加工，以往需要通过四台机床，并且花费 105 min 完成。最棘手的操作是在镊子锐利的一头创建出空心刀特征，其壁厚仅为 0.1 in (1 in = 25.4 mm)。

最初，采用两个 VMC 沿着镊子任何一边的长度铣削出特征，然后将半成品镊子安装到另一个采用刀具端固定的 VMC 中。Alpha 公司第一次尝试使用一个标准的立铣刀，以创建挖空特征，但显著的振颤使得该单一刀具无法切削掉所有材料。机加工车间尝试运用圆锥螺旋铣刀，但由于壁厚变得更薄的原因，振颤再次成为问题。这样就迫使 Alpha 公司将初步的铣削操作与圆锥螺旋铣刀

结合起来，以非接触式电火花成型加工操作，以将壁厚达到适当的厚度。

现在，车铣复合加工设备可在 35 min 内完成加工矩形棒材。一种气动夹持刀具夹住镊子的刀具部分，以提供支撑和消除振颤。同时，铣床主轴切削掉材料，以创建挖空特征。

在车铣复合加工设备上由圆形棒料转换为矩形棒料是件简单的事情。产自 LNS 公司的机床快速加载伺服 S3 棒料进给系统，配有一个收放系统，可使其轻易与机床分离。操作人员可更换聚氨酯轴垫，以匹配用于下一作业的适当棒料类型。

此外，超级 NTMX 还配备有一个 Hainbuch 公司生产的 Spanntop 快速更换开槽夹头系统，可完成夹头的切换，在数秒钟之内，便可适应一个新棒料的尺寸或类型。

工装设备需要考虑的事情

据 Garden 称，超级 NTMX 另一个有趣的设计特点在于可提供 48 个刀具站的双自动换刀装置 (ATC)。24 站的双自动换刀装置 (ATC) 位于机床的任意一侧，可通过机床前部的门进入其中。当机床

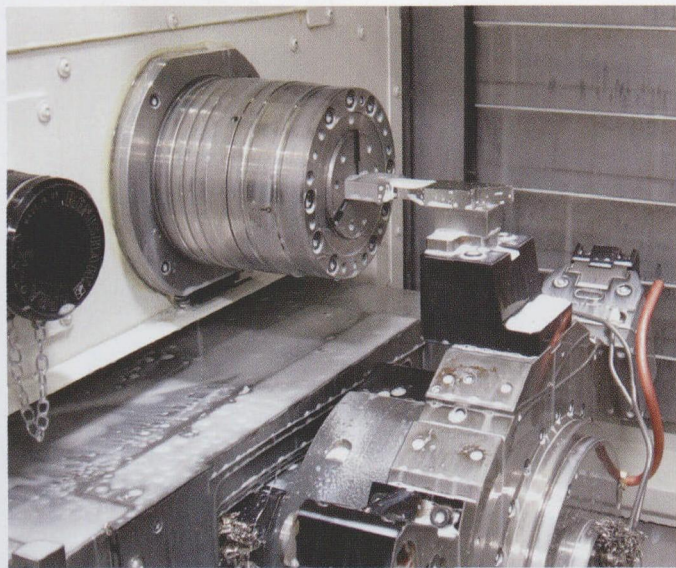


图3 车铣复合加工的较低转塔刀架配有用于车削或切断工件的刀具

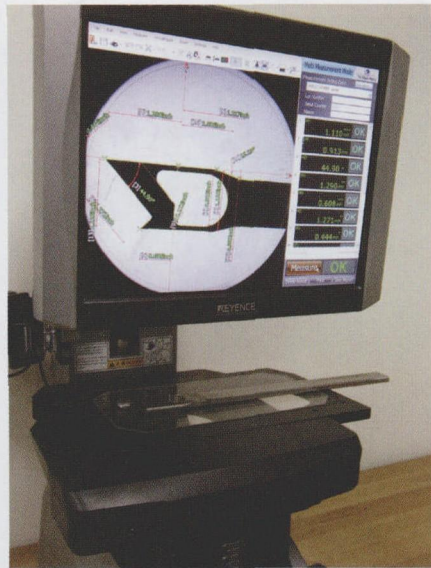


图4 Keyence IM 系列测量系统，采用大口径透镜和 CMOS 摄像头，以同时自动测量多达 99 个点

正在运转，以尽量减少下一个作业的设置 / 安装时间期间，操作人员可为即将来临的作业更换刀具。Alpha 公司试图规范刀具类型和 ATC 的位置，但有些作业需要非标刀具。在这种情况下，机床配有雷尼绍的高精度、可移动臂（HPRA）对刀探头，一个位于主轴附近，另一个则靠近副轴，可以实现刀具补偿的自动测量。

此外，ATC 系统可通过确认最接近铣削主轴当前位置的下一个刀具，提供可节约周期时间的“自动排序”软件功能，以减少刀具切换之间的停机时间。

B 轴旋转不仅对使用零件许多区域有所帮助，而且也可优化切削和延长刀具的使用寿命。例如，盖子零件有两个辐射式的指槽。最初，采用小直径圆头槽铣刀制作多重通道，以雕刻每个凹槽。接着，切换为圆头槽铣刀，其直径大于凹槽宽度，投入到垂直于表面，达到合适的凹槽深度，轴向地驱动刀具，以完成每个通道中的凹槽。然而，这种操作的速度和光洁度似乎并不理想。

据 Garden 讲，切削刀具代表建议使用 B 轴，将刀具离开垂直方面倾斜 15°，接着采用几乎与以前相同的方式，向下并轴向驱动穿过手柄。在这种情况下，为刀具找到了一个“最有效点”，使它能够以快于以往两倍的速度推动它，

同时延长刀具使用寿命，并保持很好的表面粗糙度。

安全通过软件

超级 NTMX 包括产自 Camplete Solutions 公司的 TruePath 车铣复合设备，该软件包可针对特定品牌的机床进行验证、优化以及后处理。该软件使用由机床制造商提供的详细机床型号，以执行新零部件加工程序的离线模拟。在机械零件、工装、夹具和工件中进行冲突检测，确保程序安全地运行于机床中。

模拟仿真也为流程优化提供了一个机会。对于一个程序来讲，模拟仿真显示出车铣复合加工机床的主轴处于空载状态，而稍低的转塔执行切断操作。在这种情况下，机械工程师 Matt Meredith 将铣削主轴用到换刀上，因为这些事情的发生不会等到它们全都完成。

除了优化操作之外，Truepath 还被用来为每个新业务创建后处理程序。在某些情况下，机加工车间会聘请外部公司编写零件程序。尽管 Alpha 公司的程序员们使用 Surfcam CAD/CAM 软件，外协公司则可能会使用不同的软件。这都不是问题，原因就在于 TruePath 能够获取由其他 CAD/CAM 软件包生成的刀具轨迹，并生成后处理程序，以创建数控代码，在超级 NTMX 上运行新加工作业。

新瓶颈是 破旧立新的良好契机

虽然超级 NTMX 已经安装了一年多时间，但对于一些新业务而言，程序员在很大程度上是将 M-00 程序停止码用作一种手段，使操作人员能够在选择操作之后，监控刀具的使用寿命。他们最终会从程序中删除这些代码，并且一旦意识到刀具预期使用寿命的类型时，就会添加零件计数器。

也就是说，虽然机加工车间目前并未尽全力去推动车铣复合加工机床，但其实已经在更高零件生产能力方面获益匪浅。事实上，这种改进的生产能力最终导致了一个检查瓶颈。

Alpha 公司绝大多数的零件均为 100% 受检，诸如盖子这类的零部件具有许多功能，必须进行检测。这促使 Alpha 公司为其质量部门投资，增强检查能力，加速零件测量。例如 Keyence IM 系列即时测量系统，可通过采用大口径镜头以及特别设计的 CMOS 相机，提取测量点。仅需几秒钟，它就可以同时自动测量出多达 99 个点，从而显著减少检查时间。

同样地，机加工车间已购置了一个激光打标机，整合这些能力将进一步加快 Alpha 公司加工时间。[MM]