机床

医用微型零件的加工

这家工厂的微细加工需求主要涉及医用零件，鉴于一些特殊需求，需要用到新型多功能切削中心。

文 | Derek Korn

从一家公司的名称有时是难以知道该公司所从事的行业的，但对于Medical Micro Machining公司而言并非如此。这家公司专业从事原型机和小批量超小型零件的生产，其业务的70%都来自医疗行业，其他大部分则来自电子和微波系统行业。

公司总裁Rob Whitmore表示，公司目前在医疗行业、电子、通信和其他行业中主要面临的两个挑战是尺寸规格不断缩小，以及不规则材料变得越来越特殊。

多小才是小？导管零件长度不超过0.170 in（1 in = 25.4 mm），内径不超过0.0160 in，外径不超过0.0260 in，并且内倒角和外倒角都非常小。那需要什么类型的特殊材料呢？一些零件需要使用可生物吸收的塑料、具有磁性的塑料、钨铜、钛等。

这些基础挑战决定了该工厂在这几年内增加的设备类型，以及其开发的用来加工公差可能小至 ±0.0001 in零件的工艺。实际上，这样最终会驱使工厂设计新型的微细机械加工机床平台，该工厂将此机床与瑞士型车床结合使用，进行车削、铣削和钻孔，目的是在一种设置下通过棒料加工微型零件。

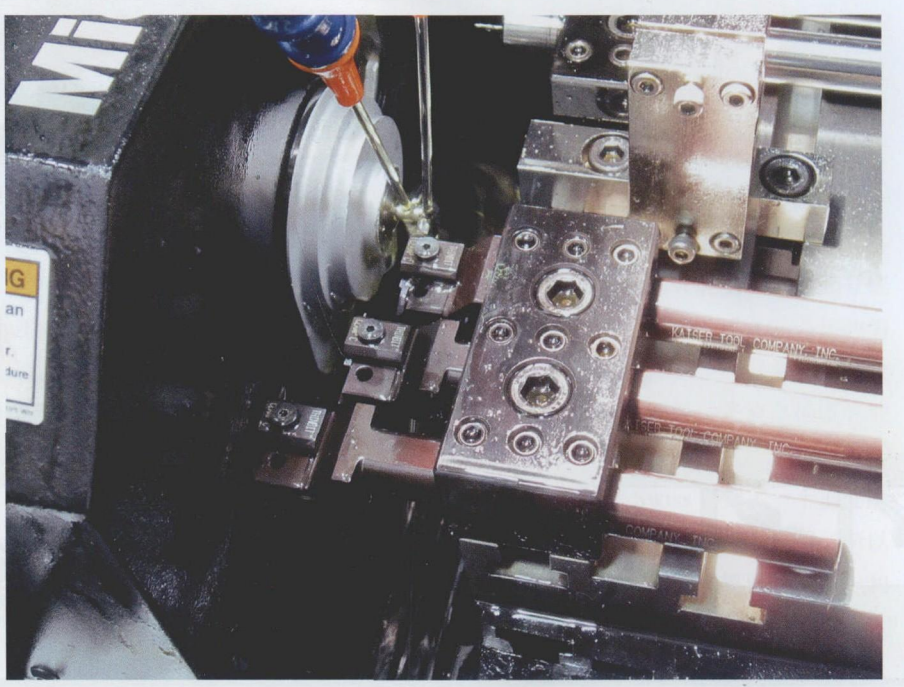

图1 此处图片显示那段小的零件是非常难以拍摄的，这也是本文中这类照片很少的原因

从头开始的小型企业

在管理其他制造企业接近20年后，Whitmore于1994年与他的妻子Kathy和合伙人Ed Freer在加州Simi Valley开创了Medical Micro Machining。在那时，Medical Micro Machining有两方面的工作，Freer专注于AM-2000微型车削中心的生产和销售，而Whitmore夫妇则管理该公司的定制化业务。

Whitmore介绍，启动定制化业务的驱动因素是开发一种工艺，需要加工会随时间劣化的塑料材料制作的可生物吸收的医用接骨螺钉。在当时，这种材料并不能通过注塑工艺生产。其熔点约为140°F（1°F = -17.2℃），因此Whitmore设计了一种机械加工作业，利用液氮在材料被加工的过程中冷冻。在此之后，定制化业务开始稳步增长，公司也接到订单，生产各种其他具有挑战性材料制作的零件。

Freer于2000年过世，之后Whitmore

夫妇决定公司只专注于定制化业务。2007 年，他们将工厂搬到了 Whitmore 的家乡 Colfax。该工厂继续使用一些原始的 AM-2000 机型，但当这些机床的故障越来越多时，他们就开始寻找替代设备了。

在当时，Whitmore 没有发现与 AM-2000 类似的其他机床机型。但是，在发现 Microlution 公司生产的微型铣削和激光加工设备后，他找到这家机床生产商，想让其开发与 AM-2000 类似的微型车削机床。经过几年的开发后，开发出了 Microlution 的四轴 MR-4 组合刀具式微型车床，该车床能提供各种功能，非常适合进行超小型零件的车削、铣削和钻孔加工。

Microlution 首批生产了四台这类机床，Medical Micro Machining 是这款新型机床的测试工厂。这些紧凑的机床配备有 10 in 的聚合物胶接混凝土基座，其振动吸收能力比钢制基座强 20 倍，在基座上方安装了 X 轴和 Y 轴刀具平台以及 Z 轴主轴平台，其能提供 1 μm 的位置精度。这些机床的 X、Y、Z 轴工作容积为 11.81 in × 4.92 in × 5.91 in，能接受直径为 0.3125 in 的棒料。

Whitmore 说："这些机床的两个重要功能是通过 Blum 接触式探头和 Y 轴运动自动设置刀具。"此接触式探头可自动测量刀具长度，这相对于手动方法可大幅缩短设置时间。对于主要进行原型机和短时间运行的工作，要求频繁设置机床的 Medical Micro Machining 等公司来说，此功能有着很高价值。

此探头还可用来将刀具的 Y 轴位置精确设置到工件中心线的 0.0001 ~ 0.0002 in 以内。虽然加工更大零件的工厂能摆脱出现几千分之一英寸偏差的问题，但在 Medical Micro Machining 公司，这种偏差刚好就是该公司加工某些零件的尺寸。

Y 轴还能实现在单个夹具中组合使用多达 4 把刀具，在利用探头进行设置的过程中能触发任一一把刀具。该工厂已经在拼合印板上安装了多达 5 个动力刀具主轴，从而执行铣削和相关加工作业。在每个零件加工完成后，安装在拼合印板上的气动钢筋拉伸机自动将棒料的未加工部分拉动至工作区域内，进行下一零件的加工。

MR-4 机床还配备有放大倍数为 13 倍的摄像头和一台专用显示器。Whitmore 介绍，这些设备被证明在设置过程中是非常有用的，尤其是在使用非常小的刀具或设置异常时。另外，还可实时观察机械加工作业。尽管在使用了冷却剂时这并不是非常有价值的，但在干燥加工塑料等零件时就非常有意义。因为如果钻头稍微偏离一点或发生摆动，操作员都能观察到，从而可判断在已加工的零件上为什么会发现奇怪的标记。当干燥加工黄铜时也同样如此，工厂有时需要使用成本更昂贵和更特殊的金属材料，这会

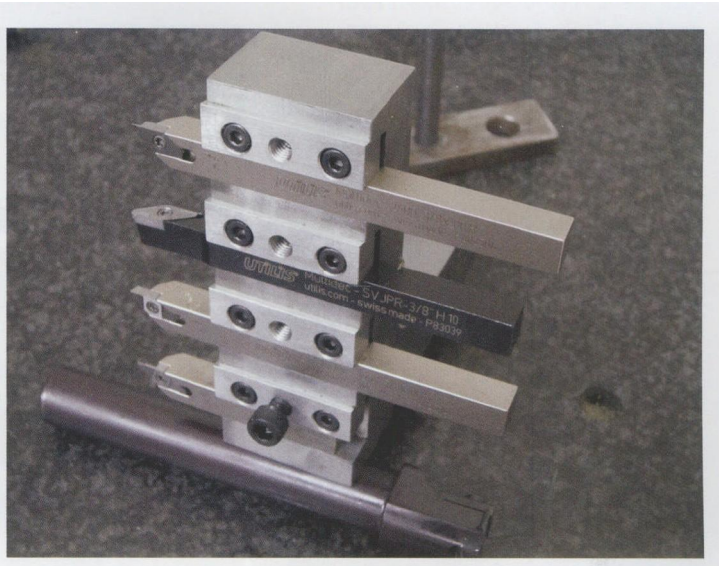

图 2 MR-4 机床的刀架一次能接受多达 4 把刀具。另外，还可在拼合印板上安装大量动力刀具主轴，用于铣削和相关加工

在任务设置中进行初始调节。

Whitmore 解释到，这些机床的主轴转速为 5000 r/min，因此通常必须将可能在更高转速下运行的刀具的切削数据回调。也正是在这方

广告

图 3 当使用非常小的刀具或设置异常时，在设置过程中使用具有 13 倍放大倍数的摄像头是非常有帮助的。另外，还可实时观察加工作业，尽管在使用了冷却剂时要实现这一目的是非常困难的

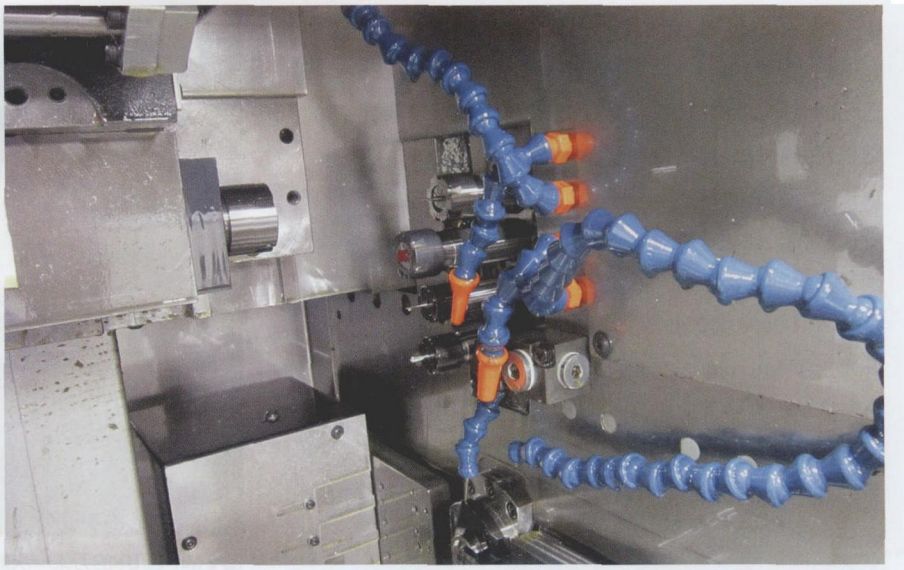

图 4 安装在该工厂的瑞士型 Tornos Deco 10a 车床上的定制真空系统用来收集此机床生产的非常小的零件

面，工厂在加工使用特殊材料制作的小型零件方面获得了经验，一般在达到适合可用主轴转速数值之前将切削数据减半。

这意味着必须利用非常浅的切削深度进行铣削加工。Whitmore 列举了钨铜零件的例子：对于该零件，要求使用切削深度为 0.001 in 并进行多次铣削，加工长度为 0.250 in 的凹槽。但是，MR-4 的快速横向速度和 2 g 的加速度能快速地将刀具回撤，并开始下一铣削，从而有助于缩短整体周期时间。

工厂细分

Medical Micro Machining 的工厂分为两个生产区，一个用来实施干燥机械加工，主要用于容易被污染的医用级塑料；另一个是使用矿物基冷却油进行机械加工。目前，在干燥加工区域有两台 MR-4 机床，其他机床位于湿加工区域。

MR-4 在干燥加工区域运行的大部分作业是加工医疗器械的塑料胶囊，这些胶囊过去要求在车削加工后进行抛光加工，确保在光学上是透明的。但是，使用 Whitmore 守口如瓶的金刚石刀具切削和车削工艺已经消除了进行二次抛光加工的必要。这些胶囊的端盖也是在该工厂其中一台 Freer AM-2000 上生产的。实际上，该工厂通常利用在 MR-4 机床上加工的棒料残余料加工端盖，意味着该工厂会使用每个成本昂贵的棒料 95% 的部分。

除 MR-4 外，湿加工区域还包括几个瑞士型机床，包括两台 Tornos Deco 10 机床和 Tornos Deco 10a 机床。该工厂也将此台机床用于加工超小型零件，是否使用 MR-4 或瑞士型机床的决定取决于批次大小。如果零件加工数量在 1 ～ 1000 件，则将很可能在 MR-4 上生产这些零件，因为设置时间很短。相反，当批次大小超过该数值时，设置瑞士型机床可能就更有意义。但是，在某些情况下，如果能遵循良好的零件生产顺序，则该工厂就可能在瑞士型机床上设置原型机加工。

实际上，Deco 10a 机床配备了工厂设计的用于微型零件的收集系统。零件与棒料分开后，真空系统就能穿过机床和进入细网格的导管对该零件进行拉动。

即将出产的新机床

Medical Micro Machining 的四台 MR-4 机床是 Microlution 公司涉及微型加工中心的原始设计，这家车床制造商根据 Whitmore 的输入修改了设计，即将生产出第二代机型，此机型的改进包括 15 000 r/min 的主轴和 FANUC 控制装置。Whitmore 说，他计划购买其中一台新机，代替该工厂湿加工区域中目前使用的机床，现今的这台老机床将被清洁，并被转移至干燥加工区域。该工厂考虑到测量微型零件会与加工这些零件同样困难，因此还计划提高其检查能力。MM

广告