

切屑控制

有效的塑性加工 需要良好的切屑控制



更多精彩请扫描二维码

对于专门从事对工业中一些最柔软材料进行微细加工以形成复杂几何外型的机加工车间来讲，干净、无毛刺切削对保持竞争力非常重要。

文 | Matt Danford

在 东海岸精密制造公司供职 8 年的 Chris Marchand 对微细加工塑料有较深的了解。该机加工车间自 2006 年成立以来，一直专门从事此项业务，因此在小型、复杂几何形状加工领域占据了一席之地，而其他制造商根本没机会与之展开竞争。当被问及机加工车间如何利用其深厚知识，将源自缩醛、丙烯酸和聚四氟乙烯（PTFE）的物质加工成像聚四氟乙烯、聚醚酰亚胺和聚酰胺材料时，Marchand 反复地提到一个特定的主题。“我越想这个事情，就越意识到我们在关注控制切屑方面投入了多么大的关注。”

在受力情况下，即使是最坚硬的塑料也容易弯曲和拉伸，而不会折断。因此，车铣经常会造成长纤维质的切屑，它们顽固地附着于其余的坯料，粘住切削刀，缠绕住零件、刀柄或者随着它们剥离，还会碰巧抓住其他任何东西。除了在加工中会出现问题以外，切屑控制对于防止毛刺来讲是至关重要的，这些切屑会显著增加机加工车间微小塑料零件的整体制造时间。

考虑到这一挑战对所有作业都很重要，切屑控制是规划每项制造程序的最



图 1 为了在只适合更为常规尺寸零件的设备上，加工出小得几乎无法看到的几何外型，需要机加工车间的员工们凭借耐心、经验以及不抖颤的手才能做到

主要部分。事实上，运转和机床通常专门针对此目的，但也不是说任何机床都可以做到。机加工车间定期在内部磨床上修改几何形状，以确保材料干净落地脱离。出于同样的原因，所有切削刀具必须极其锋利。注意切削液的输送也

很关键，以确保将废弃物冲离切削区。

知识为本

如同 Connecticut 这家机加工车间内看似一切井然有序的状态，这些切屑控制策略植根于若干基本理念，但由于

得益于广泛的塑料加工方面的专长，使这些理念得以运用。事实上，看看占地面积为 5600 ft² (1 ft²=0.093 m²) 的机加工车间，就足以表明这两种知识才是东海岸精密公司获得成功的关键所在。归根到底，像机加工车间 7 台发那科 RoboDrill VMC 那样的重负荷机床能够快速并完全有能力满足大多数加工作业所需的 ± 0.005 in 公差，但是在其他机加工车间也被人们所熟知。对于这家公司（拥有 12 名员工）里的哈挺斜床身车床（带动力刀具附件）而言，情况也是如此。事实上，东海岸精密制造公司专业从事小型、塑性加工包括零件本身，两台西铁城 A16 瑞士型机床，直径小到 0.02 in 的切削刀具，以及精筛零件捕集器。

这并不是说对于机加工车间而言，跟上技术并不重要。相反，机加工车间优先考虑能够在更少设置的情况下，强化设备运转，像瑞士型机床、动力刀具以及最近采购的宫野 BNA42S 车铣复合，带主轴和完全可控 C 轴副轴就是证明。尽管如此，Marchand 强调，精确知道任何给定材料能在加工期间分离，已经对机加工车间处理几何形状（太小以至于采用通常面向常规尺寸零件的设备几乎无法看到）产生了更为深远的影响。Marchand 还强调了基本要素的重要性，具体地说是设置坚固、手要稳、有耐心。更最为重要的是东海岸精密公司的竞争力取决于深层知识、最佳做法和常识性制造。

当其达到原始机加工车间效率时，这种组合并不比切屑控制来得更重要。以下简要介绍机加工车间为避免出现缺陷零件、切屑“鸟巢”、耗时毛刺去除作业以及其他可能拖延交货日期问题而推出的关键策略背后的一些基本理念。

形成完美的切屑

切屑控制始于正确的参数，以及程序员能够广泛汲取以往的经验，以确定采用何种进刀方式和速度，实现干净利落切削。虽然材料并不是此项作业中的唯一变量，但由于这里的塑料加工范围

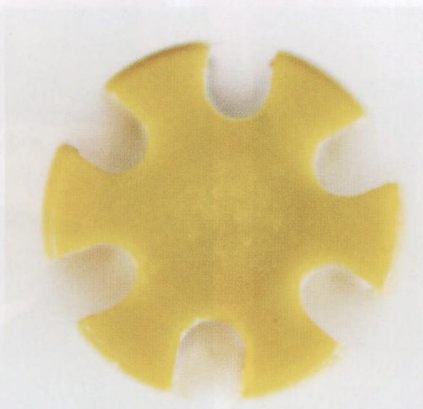


图 2 在 Torlon 4203 零件两侧的槽，铣削和钻孔能力为机加工车间内所有车床所共有



图 3 当摘去小零件时，机加工车间里的西铁城 A16 瑞士型机床上的副轴就会非常接近主轴。为了确保间隙，这个刀夹已在切削刃附近被磨得变窄。同时也对镶块进行了改进，以确保从其余的坯料中获得光洁的断面

非常广泛，并且每个塑料加工对象表现各异，所以，对东海岸精密制造公司显得特别重要。Marchand 表示相较于稍硬材料，软材料往往存在更多的问题，其原因在于切屑不会从坯料中干净利落地脱离。使用更高速的进刀和速度有助于形成丰厚的切屑，并在其有机会把事情弄糟之前，将其修整掉。

其他切屑控制策略

将去毛刺纳入过程细节。据 Marchand 讲，铆钉头顶具刀是机加工车间中最为常用的工具。或是出于审美和功能方面的考虑，东海岸精密公司所加工的大部分零件都要求表明光滑。遗憾的是，像抛光这样传统的去毛刺方法往往见不到效果，其原因就在于晃来晃去的塑料倾向于“摆动”而非折断。机械去毛刺也会对更为敏感的塑料造成损害。因此，对于一些零件来讲，没有其他选择，只能在材料的剩余孔屑上花费数小时进行人工切削。

Marchand 表示这个艰苦任务通常可以通过采用必不可少的刀具轨迹而加以避免，同时，他还指出只要有可能，程序员们都会试图“把毛刺放在切削刀具的前面”。此外，通过观察东海岸精密公司的任何一个零件加工项目可揭示出切削路径按原路折回到另外一个，对此，Marchand 坚称这并不是多余的动作。鉴于去毛刺的方案有限，在其初期采用一

个刀具跟随另外一个刀具，以“清理”材料的方法要比手工修剪更划算，它往往对整体周期时间的影响最小。

利用合适的刀具几何形状。许多上述的“清理刀具”属于标准供应品，它们经历了公司德克尔 S0 台式刀具磨床的数次修改。然而，传授有助于去除毛刺的倒角和其他几何形状只是定制刀具几何形状的众多目的之一。例如，可将一个标准的 0.019 in 地面开槽刀具磨成 0.011 in，以切削出一个狭窄的通道，或磨掉一部分的镗杆，以避免妨碍盲孔背后的锥削。当然，其他几何形状会被更多地涉及到，这些都提供一种竞争优势。

在任何情况下，磨床得到如此之多使用的一个原因是工具设计，适用于其他材料的刀具涉及不一定可以转化为塑料。据 Marchand 讲，这也促使机加工车间在其标准切料刀中把具有简单几何形状列为优先考虑的事项。例如，断屑器是一个不能考虑的方法，其原因在于它们可能会加剧材料变软、纤维质乃至拉伸的趋势，并且在从坯料剥离时会发生扭曲。所有机加工车间的铣削和车削刀具也往往有一个中立的刀具前倾面。保持边缘尽可能垂直于材料有助于防止将塑料弯曲得远离切割，避免助长更长的蜷线（在负前角情况下，可能会发生），

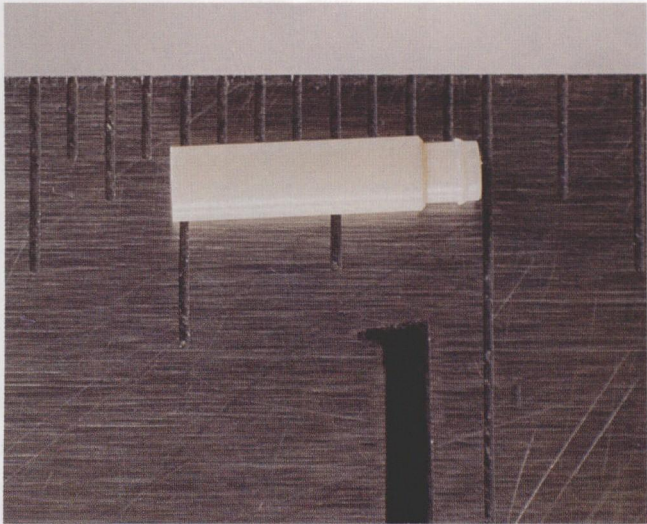


图 4 小零件需要小刀具，比如采用 0.023 in 的钻，在聚酰胺 4203 零件的长度上切一个洞。最近，机加工车间为其 A16 瑞士型机床增添了高压磨削液，并投资直通式磨削液工装以确保有效排屑



图 5 在整个机加工车间，工作台上井然有序地排放着工具制造员工使用的显微镜（如此处所示），以及质量政策，针对各种特定作业的行程安排和其他的参考信息

或避免将其往里面拉，并粘住切削区（在正前角情况下，可能会发生）。在车削作业过程中，这两种情形也可能导致不需要的锥度和较差的表面光洁度。除非极少例外（比如玻璃纤维），否则，机加工车间从不会去采购涂层刀具，因为它根本不具备优势，刀具或机床上的塑料没到足够硬的程度以证明其存在的合理性。

保持刀具的锋利度。定制和稍加修改的刀具几何形状盛行并不是东海岸精密公司台式磨床备受员工青睐的唯一原因。即便是人们在使用之前都已经知道，机加工车间要马上使用崭新的切料刀，刀具锋利度也是最优先考虑的因素。出于同样的目的，执行设置作业的员工往往被发现透过 30 倍显微镜盯着零件，以确保在将零件放回机床之前保持清晰、明显。同时，也经常性地更换刀具，以确保尽可能的锋利。最后，当工序流程中出现问题时，钝刀具总是那个被怀疑的对象。

锋利的工具如此重要，出于两个原因。其一：零件越小，“推动”材料而非通过它进行剪切材料的钝工具的潜在影响就越大。其二：相较于在最柔软的金属中，那种“推动”在塑料中更可能发生。Marchand 表示：“即使在稍硬的塑料中，在钝刀具已经扯掉材料（与切开相对比）

的地方，可能会有若干小坑。这些类型的表面光洁度是我们无法接受的。”

充分利用切削液。切削液的好处不只是从切削区移除热量。它也是切屑控制的一个重要组成部分。虽然这适用于任何机加工车间，但东海岸精密公司已采取额外举措，以确保其两台瑞士型机床配备的切削液输送系统尽可能有效地起到应有的作用。

最明显的添加是为机加工车间的水基切削液配备的额外输送管路。Marchand 指出水基切削液通常是首选的油相制剂，它有助于将难以清理的残留物留在塑料零件上。除了增加切削液容量（可能冲掉零星、孤立的切屑）之外，额外的管线可为控制切削液的方向提供更多的选择。对于容易将切屑偏离到进刀中、刀具库中另外一个切料刀或任何其他不良位置的定制刀具形状来讲，这些选项特别方便。

机加工车间并没有就此止步。开发人员为两个瑞士型机床配备了诺克莱恩磁管汇设备（安装到 Y 轴结构），以便使切削液软管与机床正在加工的工件保持相同的位置。与此同时，无论出于何种目的（改善直接流通，或利用其余管线中产生的压力增量），零件市场阀门可使

操作人员独自关掉切削液喷嘴。

也许最明显的变化在于添加了高压切削液。塑料给切屑控制带来的挑战是要冲一个长度直径比达到极端程度的孔，而它的加工难度非常大。据 Marchand 讲，正是这种难度才成就了东海岸精密公司在冲孔方面的特色专长。多年来，这家机加工车间一直致力于精炼像深孔啄钻这样的技术，快速振荡钻机有助于避免卡在出屑槽中的切屑蹭到侧壁，并损伤到材料。然而，凭借可达到 2000 psi (1 psi=0.0068Mpa，相比之前的 40 psi) 的切削液压力，以及一次流过切削液刀具，这些技术更加有效，甚至可能不需要。

保持洁净。最后，Marchand 强调称，在处理小零件时，保持切削液得到适当过滤以及机床洁净是不可或缺的。例如，零部件被证明难以区别于其中一台瑞士型机床上被精筛接件器捕获的切屑。由此采取的一个举措就是更为优先地考虑，并确保切削液得到过滤，同时保持机床洁净。这可以归结为基本的内务管理。因此，显而易见，在不具备常识和对基本原则有扎实把握的情况下，即使是具有最深厚的技术专长也只不过能做到确保切屑的程度（或在这方面实现任何其他目标）。MM