

深孔钻

# 一种调制深孔加工的方法

经过多年对克服小工件深孔加工难题的探索，Whitney Tool 工厂最终发现了一种解决方法，这种技术称为“调制辅助加工”。

文 | Russ Willcutt

**金**属加工行业有一个历时弥久的难题：如何向工具钢中钻一个  $10 \times D$  深的小孔，而不让碎屑堵塞孔道，或者造成切削工具断裂。定期拔出钻机，清理传统加工产生的长碎屑条的派克循环是一种方法，但是这会使工艺时间加长，缩短工具使用寿命，因为它意味着在每次恢复打孔时，就需要重启设备。此外，槽钻也被设计用于解决此难题，但是成功率较低，因为要连续测量加工面上冷却剂的使用，这些问题与碎屑的形成和清除有很大的关系。

理想方案是一种能够一次性完成孔加工、以恒定的速率交付冷却剂到钻头且切削碎屑尺寸一致、能够穿过孔道、不会附着到其外壁上也不会附着在工具上的方法。一旦取得成功，还可能获得可靠的重复良好的结果。

据 Whitney Tool 的总经理 Bob O' Callaghan 说：“‘调制辅助加工 (MAM)’ 技术可以带来这些好处，而且其好处不止于此。” 此切削工具制造商为寻找此打孔难题的解决方案，花了 10 年时间，然后才发现并采用此工艺。“打孔零件在我们的产品目录中，而且客户也需要它，所以别无他法，我们不得不使用老式工具和方法继续生产，然而失败

率将近 50%。” 他说，“正因为如此，在发现此技术时，我们有种如释重负的感觉。”

## 打孔困境

Whitney Tool 是在 20 世纪 70 年代创立的，位于印第安纳州，是一家自主品牌制造商。公司在创立后不久就决定制造自己的产品。一开始，公司的产品目录只有 4 页，到现在扩大到将近 100 页，含有铣刀、扩孔、去毛刺工具、埋头孔及锥形铣刀。除了这些库存

物品外，有 40% 以上的公司收入来自定制工具。Whitney Tool 还制造螺孔钻和接长钻，包含一个迷你版本，长度为 4 in (1 in=0.0254 m)，柄为 1/8、3/16 或 1/4 in，比打孔大 100 倍。这就产生了深孔加工的困境。在这种情况下特殊难题在于在接长钻的一体化夹头中产生一个孔。紧固压缩冠时，此结构牢固地将钻机固定到位。公司关心宽度在 0.0135~0.0280 in 之间的打孔，并致力于钻深度为 3/16 in 的孔，而不会使工具断裂。现在，MAM 技术使工厂能够轻松

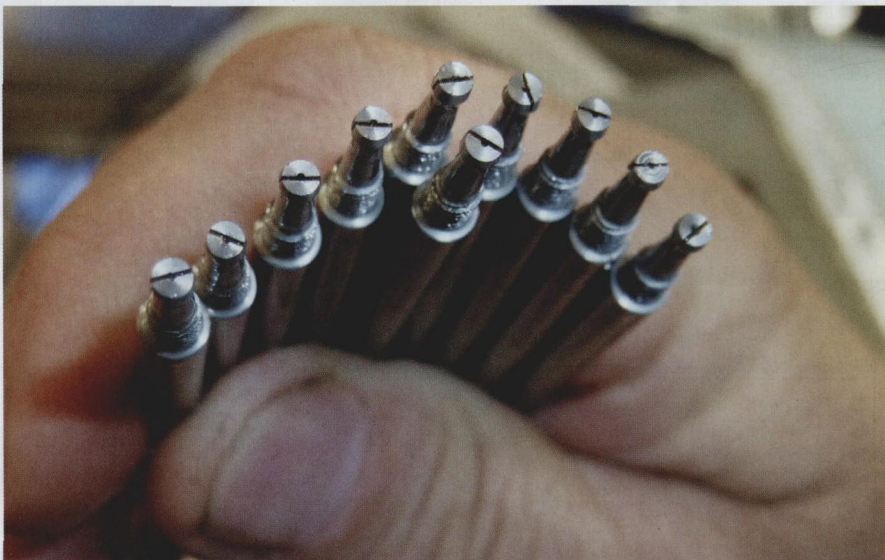


图 1 Whitney Tool 需要解决深孔加工产品目录中受欢迎系列产品接长钻中纤孔问题



图2 在压缩冠紧固后，打孔范围变成 0.0135~0.0280 in，将钻孔固定在接长钻中

达到该深度，在处理一些特殊订单时，甚至可以贯入 7/16 in 的深度。

在描述使用 MAM 前 Whitney Tool 遇到的问题时，O' Callaghan 先生提及了极高的淘汰率。加工中约有一半的接长件被放入废料箱，因为在切削机中打孔失败。引起断裂的因素有很多，所有这些都与采用的传统深孔加工方式有关。

因为加工迷你接长件需要的槽钻太小，无法彻底冷却，可以很容易想象，持续接触相对干燥的表面会生成大量热。此外，打孔产生的碎屑长且薄，从切削点盘旋向上，沿着槽钻的长度上升到轴上。此外，加上通道中热量和芯片形状，导致它们定期累积并开始附着到工件的壁上，阻碍钻机向前移动。Peck 打孔常用于该等情况。有时候，这涉及循环期间，因为一旦出现问题，就要拔出钻机、暂停作业、清理孔、添加冷却剂，并使之进入工作空间，尽管冷却剂分布可能不均匀。正如可以想象到的，这不仅耗时且可能损坏切削工具。O' Callaghan 先生对这点的体会非常深，因为 Whitney Tool 曾尝试过每种可能想到的补救方法。

“使用 Peck 打孔，我们实验了不同打孔点研磨和槽钻结构，而且我们投入了更多配备精确转轴轴承的 CNC 车床，减少跳动和振动，采用更好的控制工艺。”他说，“但是，这些都不是我们想要的。”

投入的时间远远超出预期，在当时约十年时间看不到可行解决方案的情况下，Whitney Tool 不再继续投入大量精

力，不再继续浪费太多切削工具在失败这么多次的打孔作业中。

## 振荡创新

大约是在同一时间，一家称为 M4 Sciences LLC 的公司的专有调制辅助加工技术（销售名称为“TriboMAM”）在全球制造领域得到了一致好评。M4 Sciences 是由 Purdue 大学企业孵化器的首席执行官 James Mann 和 Brian Gootee、首席运营官和秘书创立的，位于印第安纳州西拉法叶的普渡研究园中。

“我是 Purdue 的忠实支持者，并一直在研修其工程课程”，巴克说，“我曾是技术协助技术（TAP）顾问委员会的成员，该委员会帮助印第安纳制造商解决了其遇到的加工问题，而我就是在这

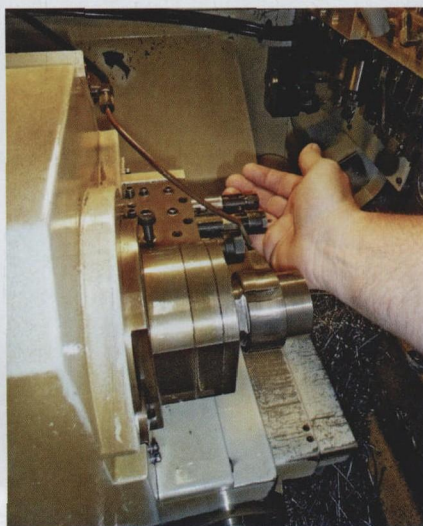


图3 TriboMAM 小，可以轻松安装到此 Citizen L20 瑞士型 CNC 车床的刀夹中

里听说了叫做 M4 Sciences 的公司。我们在解决深孔加工问题上耗费了太多精力，所以在听到有新技术时，我们非常兴奋，决定一探究竟。”

从某种意义上讲，TriboMAM 系统使用受控进料速率调制（进料速率方向振荡），可以称为建造中的一个 Peck 循环。除了定期拔出工具清孔，让冷却剂进入，中断打孔循环外，将钻机安装在小圆柱 TriboMAM 的 ER 夹头上，插入机器工具模块后，它每秒输出数百个“Peck”。钻机在进料方向振动，在“离散时间”中均匀地中断正在切削形成可以轻松从孔中溢出的小片。这样一来，就不需要涉及彻底拔出钻机的传统派克循环。MAM 中的振动行动还使冷却剂在每个振荡循环期间，达到切削工具的尖端，减少产生的热量，从而使工具留在工件中，直到完成。

“测试非常成功”，O' Callaghan 先生回忆说，“而且，我们很快就意识到，我们找到了解决方案。在决定投资此技术后，问题就简单了，安装后培训就可以。在经历了那么多头疼的失败后，我们启动机床的迫切心情可想而知。”

## 安装简便

安装没有花多少时间。正如 M4 Sciences 的销售和营销副总裁 Phil Fassnacht 所说的那样，TriboMAM 硬件相当引人注目。MEC 控制器接受公制和标准度量，通常放在加工工具顶部。

如果是更加复杂的工艺，可以将之集成到加工工具中。此外，可以编程，使之与加工工具主轴速率、进料速率、槽钻数量及使用的钻机直径等匹配。

TriboMAM 安装在机床外壳内部，安装方式与 ER 夹头扩展器相同，带有可以采用不同方式铺设的挠性电源电缆。返回到机床的振动很小——低于中断切削的转动，公司说，或使用电动工具进行铣削作业。无需专门的冷却剂，且可以使用大量的或高压通过工具系统。因为高压可能损坏小钻机，Whitney

Tool 选择了一种冷却液系统。整套 TriboMAM 系统的安装在 1 h 内完成, 且控制器命令简单直观, 能够快速确定优化钻机设置, 且可以根据不同的打孔尺寸轻松调整。

当然, MAM 系统还有其他好处。“从加工工艺自身看, TriboMAM 提供控制碎屑形成和清除, 改善了切削表面的软化, 降低了摩擦力, 并减少了产生的热量,” 法斯纳克特说, “因为打孔进料速率提高了 2~5 倍, 附加循环时间缩短了。”

比较标准派克循环场景中使用的钻头上累积金属的与无派克循环的 TriboMAM 优化钻机的放大图像, 就可以轻松看到有所改善。在加工 250 个零件后, 传统加工中使用的钻机出现了材料累积和严重磨损的情况, 而在加工相同数量的零件后, 优化钻机边缘要干净很多且磨损少很多。即便是在加工 500 个零件后, 优化切削工具仍完好且无材料累积。

尽管 Whitney Tool 应用涉及高速钢, 还使用其他难以打孔的材料测试了 TriboMAM, 证明了加工效率, 包含铜、铸铁 (小石墨铸铁)、超级合金、不锈钢和钛, 据 Fassnacht 先生所述。考虑到已经证实应用变量、材料表面及孔公差无变化, 且与基线工艺相比, 大部分都得到了改善。

这些因素组合, 使工具使用寿命延长了 10 倍, 破损和磨损更少了。而且, 尽管循环次数减少了, 能够使用一个工具一次性成功完成作业是对之前加工的主要改善。此外, 不需要专业工具, 能够使用硬质合金枪钻、冷却剂进料硬质合金麻花钻及拧紧机或双槽直柄钻头。

O' Callaghan 先生说: “这些节约可以直接用于公司。任何时间提高商品的生产率, 如切削工具, 从长期看, 将获得更多利益。”

## 培养好奇心

TriboMAM 安装在 Whitney Tool 的 Citizen L20 瑞士型车床上已经一年多了,

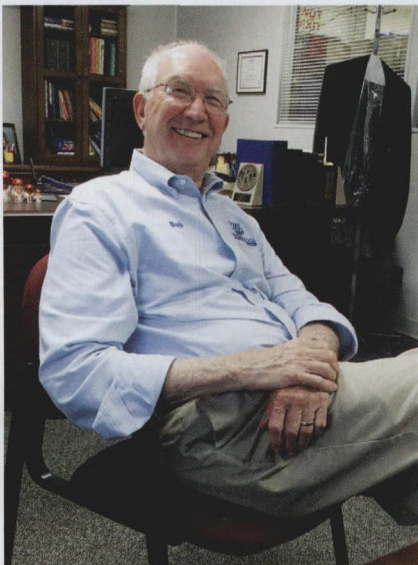


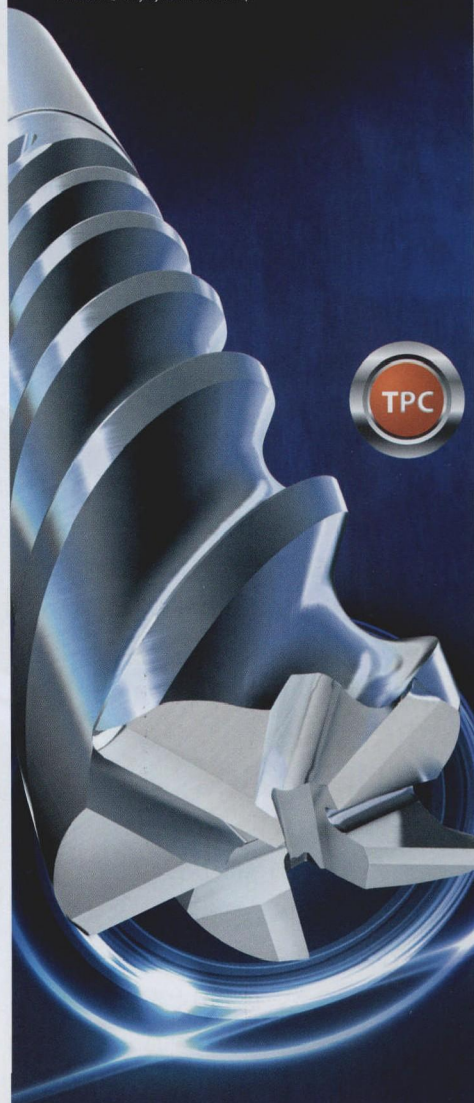
图 4 Bob O' Callaghan 总经理说: “调制辅助切削终于解决了困扰公司多年的深孔钻问题。”

而且之前那么多年的挫折都与形状良好的碎屑带走热量的失败实验有关。原来被视为是一个“质量问题”, 奥克拉汉先生说: “此深孔加工难题的解决方案带来的好处比预想的多。”

“公司已经运营 45 年多了, 且我们的客户已经开始使用我们生产的切削工具,” 他说, “因为加工困难就从产品目录上删除某产品, 并不像说的那么简单。我们想继续加工这些接长钻, 为客户谋利益, 尽管加工工艺让我们很头疼。现在, 此零件的生产效率高, 实现了流水化作业, 而且更重要的是, 我们的失败率下降到 10% 以下。而这个数字是我们是可以接受的。”

O' Callaghan 先生说: “尽管听起来很老套, 自身难保的制造商无暇寻求新技术。很多加工方法都被‘尝试过且适用’, 而且理由很充分。”他说, “此外公司已经识别了 MAM 技术的额外应用, 如在 9 in (1 in=0.0254 m) 的搭接延伸件的冷却剂孔中打孔。“但是, 还需要知道一些在不断开发的新技术。这就需要保持一颗好奇心或参加贸易展览, 但是大部分情况下, 人们都是不撞南墙不回头。这正是我们之前做的, 也为此付出了沉痛的代价。” **MM**

GARANT® - 霍夫曼集团优质品牌



专为摆线加工设计

GARANT® 创新研发

节约70%以上加工时间

www.hoffmann-group.com