

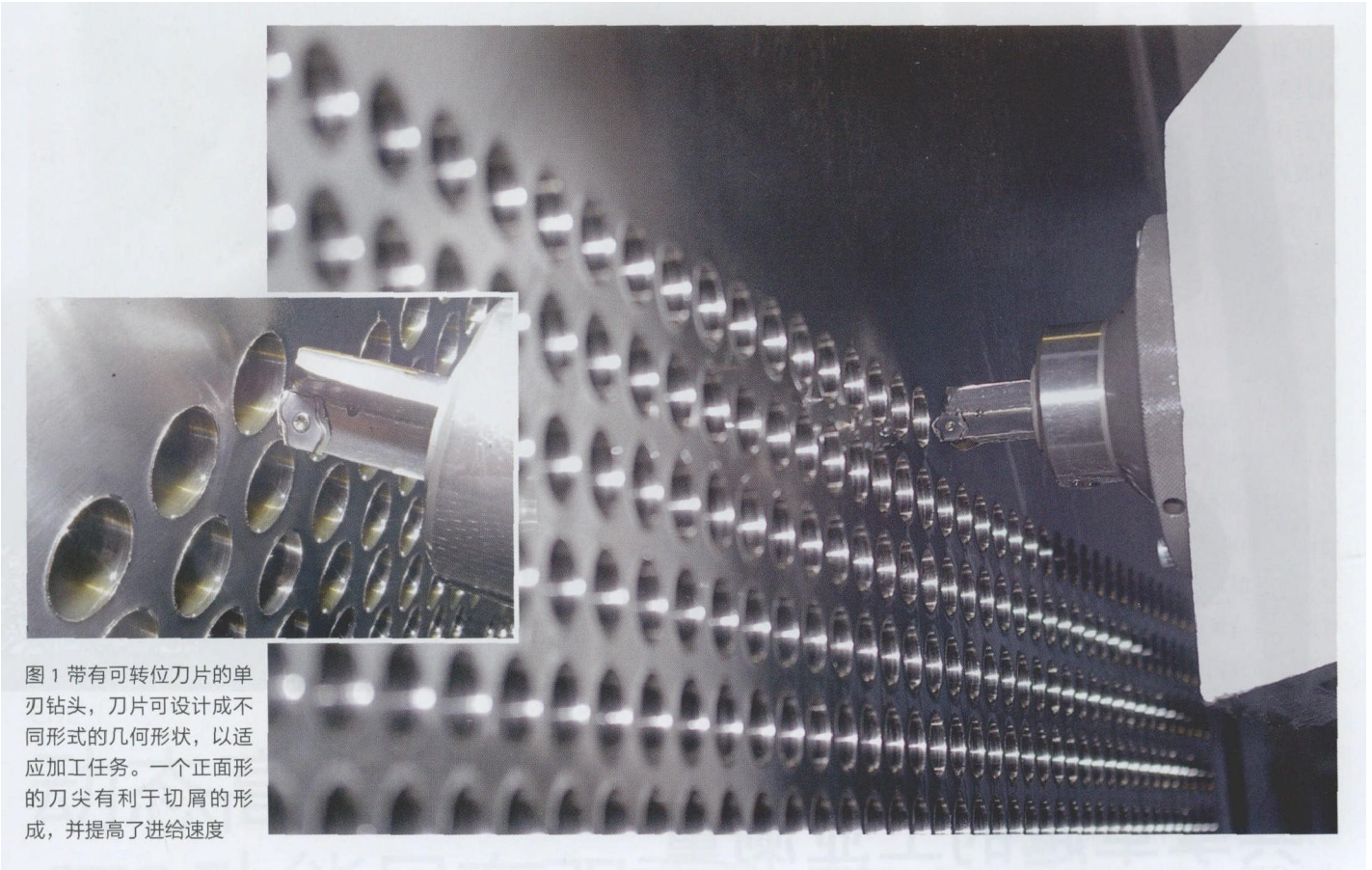


图 1 带有可转位刀片的单刃钻头，刀片可设计成不同形式的几何形状，以适应加工任务。一个正面形的刀尖有利于切屑的形成，并提高了进给速度

钻削

理想的深孔钻刀具

深孔钻技术专业厂商成功地在一台单轴深孔钻加工中心上，为两个换热器底板分别钻削加工了 1752 个孔。其中新开发的带有可转位刀片的单刃枪钻起到了功不可没的作用。

文 | Thmas Bruchhaus

位于德国 Dettingen/Erms 的 FBT 深孔钻技术有限公司是世界著名的深孔加工设备和刀具的制造商之一，在深孔加工领域内一直处于全球的领先地位。该公司于 2015 年的秋末获得了换热器厂商的加工合同，也就是在两周内对两个直径为 1665 mm 换热器底板分别加工 1752 个孔。尽管该公司的件件钻孔车

间拥有承接大合同的机床配置，车间内有不同结构和不同规格的 30 多台深孔钻削机床，可加工孔直径 0.6 ~ 70 mm，最大孔深 1500 mm，一次钻削完成。但是这项任务对于这样一个有加工经验的车间仍然具有挑战性。

因为涉及到的是换热器管束组中的一个设备，在换热器的底板上排布了大

量平行排列的管子。这种管束式换热器底板给加工提出更高的要求。为了避免出现化学反应，所应用的金属材料必须要依据所穿流的介质来确定。除此之外，由于其高的工作温度要采用耐热元件，并要求采用耐磨的工具实现细致的机械加工。刀具在深通孔中不能产生断屑。在延续几十年之久的温度变化的状



图 2 换热器底板钻孔实现高达 25% 的金属去除率，加工过程中工件产生很大的热，需通过有效的冷却工艺排除。工件孔深是孔直径的 10 倍

态下，底板和管子之间的接合面必须要保持密封。

位于管接处高精度的孔要求具有良好的表面质量。高达 25% 的金属去除率将会使加工过程产生大量的热，因此，必须采用有效的冷却工艺进行排除。工件孔深是孔直径 10 倍之多。采用传统的钻孔技术不能满足其要求。

深孔加工是一种合理有效的加工工艺，可以保证单位时间内较高的金属去除率。切削液通过钻柄和钻杆的中孔到达切削刃部。高压切削液用来冷却和润滑刀头，并将切屑从已加工孔中理想地排出。因为该合同是加工两个换热器的底板属于小批量加工，所以，没有采用多轴深孔加工中心，而采用的是单轴深孔加工中心。正常情况下应该采用传统的钎焊的单刃枪钻。但是由于短的供货时间他们采用 TBT 深孔钻削技术带新型可转位刀片的单刃钻头家族系列 10。

这种新型工具结构与钎焊的单刃深孔钻头相似。由一个复杂设计的钢基体替代了整体硬质合金头，深孔钻削用典型的刀片，导向板则采用夹紧螺栓固定安装方式。这种坚固的钢钻头无需被钎

焊到钻柄上，而是通过一个卡紧元件被安装到机床的主轴上。独特的刀刃结构更适合加工任务。通过实践证明，采用一个正面的切削前角可有效地改善切屑的形成，显著地提高进给速度。

减少切削速度以避免变形和磨损

用户提供的是两个经过车削加工后的换热器底板。当将工件垂直固定在深孔加工中心的夹紧工作台上时，其工件的上部分需要支撑处理。因为在加工过程中这个区域将出现大的倾斜力矩，不仅对于加工质量也对刀具的使用寿命造成负面的影响。由于紧张的供货时间，他们决定采用最小的 60 mm/min 的进给速度进行钻孔作业。每个换热器的加工时间总计为 80 多个小时，两班工作制，也就是 1 周加辅助时间。加工初始还必须对各种不同的铣削数据进行测试。测试数据 1 为在切削速度为 60 m/min，进刀量为 0.06 mm 时，刀刃上的切屑表面和刀刃的切削表面有明显的月牙洼磨损和部分刀瘤的形成。除此之外，还出现了很大的切削表面磨损，其刀尖磨损宽度达至 0.5 mm。在这个区域内可以看到塑性刀刃变形。所有这些数据

说明，高的热负荷都集中到刀刃上了。由于紧迫的供货规定时间，进给速度不能减小，他们采取逐步降低切削速度和提高进给速度的措施。因而取得了良好的结果。测试数据 4 显示切削速度为 42 m/min 时磨损明显减少。刀尖的塑性变形几乎没有出现。在刀刃的中心范围有时有轻度的掉皮现象。将孔底的材料进行淬硬处理，其对流程不会产生副影响。

实现高生产率

在获得满意的测试结果之后，该公司采用了测试参数 4 对于换热器底板进行钻孔作业。加工流程每次都是从整横列 50 个孔的零部件的一半高度时开始。为了保持工件上的热被恒定分布，接着加工相对称的上列的和下列的孔。为了防止刀片断裂的危险出现，原则上每列加工之后对可转位的刀片进行车削或者置换，同样为了预防导向板的磨损和保险起见，每 10 列之后进行车削或者置换。实践证明，采用带有可转位刀片的单刃深孔钻头无疑是正确的决定。钻头直径为 19.3 mm，总长度为 750 mm，可转位刀片 HM-Substrat P40，带有 AlTiN- Monolayer 涂层以及导向板 HM-Substrat K10，带有 TiN-Monolayer 涂层，经过抛光处理。依据良好的加工结果，TBT 坚信这种刀具未来应用前景非常看好。按照该公司的观点，这些工具适用于深孔的加工，特别是孔深是孔直径的 10 倍的工件。

与常规的钎焊钻头相比较操作更加简单，因为机床上的可转位刀片和导向板只需要很少的几分钟便完成置换，最大的优点是效率高。换热器底板的纯加工时间只是传统的单刃钻头的一半。购置费用比传统的单刃钻头只高约 20%，包括必要的重磨。刀具的利用率明显提高，因为工件在规定的期限内实现高精度即时加工。除此之外，机床工时明显减少，换热器底板的加工时间节省了一半。[MM]