

安全第一

几年前，看到许多机械工程师被钻杆以及车床内部其他尖锐刀具所擦伤以及因碰撞而被割伤的情形，便有人提出：公司应该寻找一种简单的方式来遮盖这些刀具并保护其员工的安全。

文 | Stephanie Hendrixson

Swiss Automation 公司的副总裁 Vanessa Malo-Kurzinski 称：“当见到这些数字并且发现 1/3 的伤害都是由同样的事情造成的，你就会想到必须得做点什么了。”

几年前，看到许多机械工程师被钻杆以及车床内部其他尖锐的刀具所擦伤和因碰撞而被割伤的情形，便有人提出：公司应该寻找一种简单的方式来遮盖这些刀具并保护其员工的安全。机加工车间想要购买一套现成的解决方案，但以失败告终，此后，通过喷射铸造法或在其切削加工中心构建护罩的提案均因为费用过高而被否决，在这种情况下，机加工车间的工作人员将目光锁定在增材制造技术上。

熔丝制造（FFF）正好能使公司获得其所需的解决方案，其快速且价格合理。通过使用相对性价比更高的桌面 3D 打印机，Swiss Automation 公司能够设计和制造定制的刀具护罩，以减少伤害并提高员工的整体安全保障。但除了这些益处之外，Swiss Automation 公司发现 3D 打印机还能解决车间地面上的许多其他简单问题。

安全——越周密越好

作为一个拥有 130 多台运转车床的大型车间，Swiss Automation 公司认识



图 1 Swiss Automation 公司生产的 LulzBot Taz 5 放置在连接 Barrington 机加工车间两侧的走廊楼梯下面，往左可以看到一台 3D 打印设备，其有机玻璃护罩横跨机柜的前部，以防止 3D 打印机在运转过程中碰触到车间内的油和其他碎片

到对全体员工投资的重要性（包括他们的安全保障）。Swiss Automation 公司（由 Vanessa 的父亲 Ken Malo 于 1965 年创立）从拥有 6 台自动车床的 1 人公司逐步成长为一家员工人数为 225 人的企业，其总部位于 Barrington，另有一家设在 Illinois 附近的第二工厂。当下，公司重点瞄准生产直径为 2.75 in（1 in = 25.4 mm）的零件，通常采用其瑞士型数控机床生产用于液压和医疗设备的黄铜

和不锈钢零部件。

Swiss Automation 公司多年来一直能够保持增长，其部分原因是在招聘、培训和培养员工方面投资很高。公司在当地学校开展外联及支持生产规划，同时保留了旨在促进新员工与经验丰富导师之间结对形式的有偿学徒培训规划。今天许多成功的机械工程师和操作人员在职之前并不具备制造经验，但在经过导师的指导后，自身的经验有了很大提升。



更多精彩内容请扫描二维码

对于公司来讲，构建一个大型人才库一直是件重要的事情，但更大规模的员工队伍也意味着会发生更多潜在的工作场所事故和伤害的可能性。在 Swiss Automation 公司的可报告职业安全与健康伤害中，大约有 30% 涉及员工撞到车床转塔刀架上的切削刀具。

从一开始，解决方案就是显而易见的：为刀具安装护罩。委员会的挑战是如何简单且有效地找到为刀具安装护罩的办法。在开展市场找寻但无法找到更好选择的情况下，委员会意识到还得靠自己来想出适合切削刀具的护罩的办法。

求助于增材制造技术

最后，Malo-Kurzinski 请求车间工长 Marc Moran 和当时的程序员 Matt Savers 来确定 Swiss Automation 公司遮盖刀具的最佳办法。在对设计展开集体研讨，同时调查压注模制或转动车床护罩所需费用之后，Moran 想到了 3D 打印。该技术将使公司建造自己的刀具护罩，而无需遮盖车床。此外，他还发现了将增材制造技术导入车间所带来的额外利益。

Savers 开始着手调查市场，寻找符合如下条件的 3D 打印机：能够提供一个得体的工作包封、工作性能靠谱、让车间能够采用耐用 ABS 塑料制造刀具护罩。结果证明：相关费用并不昂贵。

车间选择了一台 LulzBot Taz 5 桌面 FFF 3D 打印机，机床所青睐的亚马逊用户点评澄清了有关机床是否具备可靠性的疑问。在 2014 年 3 月采购系统之前，公司曾与 LulzBot 制造商 Aleph Objects 公司合作生产了一台成功的刀具护罩样机。截至 2014 年 4 月份，打印机被安置在 Barrington 工厂内一个楼梯下不起眼的地方，打印机连接了一个老旧的笔记本电脑，用于运转此打印机（图 1）。

理论上，3D 打印机的操作相对简单。零部件的设计通过 CAD 程序来完成（Swiss Automation 公司采用 SolidWorks），程序员将最后所得到的 STL 文件拖放到 Slic3r（一款由 LulzBot 推荐用于将 3D 模

型切成层状的免费软件）之中。切片软件生成 G 代码，通过宿主软件或 SD 卡，被运送至机床。用户可设定打印机的层厚度、温度和速度参数，并开始构建。Swiss Automation 公司发现其所设置的这些参数，可以形成或打破一个构造。

Malo-Kurzinski 讲道：“起初，我们讨论了分层问题，而这样做会使产品变得较弱，更容易被打破，我们必须学会如何在打印机速度与壁厚之间找到平衡。”经过一段时间的样机研究（原型设计）之后，Savers 能够生产出用于 LulzBot 的耐用 ABS 刀具护罩，生产效率开始大幅提升。

每个刀具护罩的设计均对应于特定的机床和刀具（侧面直接印有对应的型号），直径尺寸介于 0.75 ~ 1.125 in，长度介于 2.5 ~ 3.5 in，同时安在两个刀具上的较大护罩长度为 3 in，宽度为 1.25 in，可轻易、低成本地修改基本的刀具护罩设计，以适应所需的任何车床或刀夹。

纵向打印刀具护罩，并且每次只打印一次，这主要是受到打印机包络的限制。Johnson 运行打印机的周边速度通常为 40 mm/s（打印机将丝材挤出到每层的速度），填料速度为 60 mm/s（采用与固体层或整体模去填充每个周边的速度）。在这样的速率条件下，完成一个标准刀具护罩所花费的时间大约为 1 h，材料费为 1 美元。打印机最高打印速度为 200 mm/s，但 Johnson 说运行速度慢一些会使零件的质量更好（图 2）。

据 Johnson 称，ABS 零件的料层厚度通常被设定得相对薄一些（0.3 mm），以保持精度。X 轴和 Y 轴的打印机公差介于 0.05 ~ 0.35 mm，这样生产出来的刀具护罩足够精确，可以紧贴在刀架上，根本无需配备磁铁或其他黏附机构。这样的精确性，加上对美学的考虑并不十分苛刻的事实意味着刀具护罩可以将构建板拿下来随时投用，不需要进行精整和后加工处理。

连锁反应

即便刀具护罩永远不会成为畅销产



图 2 机械工程师 Daren Johnson 在 Swiss Automation 公司生产的 Eurotech 车削加工中心内安装刀具护罩。在某些情况下，员工仅在距离车床转塔刀架数英寸远的地方操作，这些安装护罩可提供必要的防护，以防止碰撞、割伤和擦伤

品，Malo-Kurzinski 和 Moran 均表示同意这样一种观点：在减少伤害和节省时间方面，3D 打印机本身已经足够了，更不必说它为 Swiss Automation 公司的车间所带来的价值。

除了其他安全产品，如在杆式装料机上安装遮盖尖锐突出物防撞器之外，Swiss Automation 公司还使用 3D 打印机制造一些零部件，原先须从供应商处高价购入，像机械手夹具之类的器械，每对的费用从 250 ~ 750 美元不等。有了打印机之后，价格大幅下降，材料费用仅为 6 美元。

机加车间也能制造出更好适应其业务内容的刀具和设备，Moran 在谈及 3D 打印机时讲道：“就像任何新设备一样，你只有肯动手才能了解它是如何工作的，然后你就会开始发现越来越多的应用可能。”即使有学习曲线，机加工车间在 3D 打印机方面结合实际运用所获得的知识也已经使得当初购置打印机变得物有所值。无论是构建刀具护罩、零件筐或一次性原型样机，Swiss Automation 公司的打印机都不会闲置得太久。□□□