

3C模具的智造技术与发展方向

■ 德州联合石油机械有限公司 (山东 253034) 侯祖刚

摘要: 结合当前市场环境下, 3C产品的模具制造特点和亟待解决的问题, 以智能制造技术为方向, 提高模具的加工精度和表面质量。



装备生产部数控高级技师 侯祖刚

我国是3C(计算机、通信、电子)产品的消费大国, 有着13亿人口的需求市场, 苹果、华为等知名品牌的手机和电脑, 成为年轻人追捧的目标。同时我国也是制造业大国, 全球2/3的电子产品均由中国进行制造和装配。国内的3C制造企业规模庞大, 但多数是一些不掌握高端产品与核心技术的代加工企业, 上百万员工在忙碌的生产线上赚取微薄的利润。如今, 3C产品正朝着多样化、个性化方向发展, 在激烈的市场竞争下, 升级换代的速度越来越快, 花样繁多的外形设计给模具制造行业带来了新的机遇。笔者作为一名数控工艺人员, 结合自己的工作经验, 谈谈3C模具的智造技术与发展方向。

1. 3C模具的制造特点

模具是按照产品结构要求进行专门设计和制造的成型工具, 其工作性质就是批量产品的母机。可以直接改变原材料的形状和尺寸, 使之成为合格的零件, 最大限度地节约制造成本。利用模具制造的各种零部件(见图1), 在3C产品中占到70%以上, 从外壳结构到集成线路板, 应用非常广泛(见图2)。与其他制造方法相比, 具有高效率和低成本的双重优势。模具又是“质量放大器”, 对产品质量起着决定性作用。如果一套模具存在缺陷, 由此生产的成千上万件产品也会

存在相同的缺陷, 造成批量不合格品, 这也是一些“山寨”电子产品质量不上档次的根源。

形状复杂的3C模具, 对结构强度和制造精度都提出了很高的要求, 产品成形面不允许有任何瑕疵, 为此, 多采用精密的加工设备和测量装置。有些模具的工作表面和基体要求差异很大, 很难用同一种材料满足全部要求, 一般均采用焊接和表面处理的方法, 在模具的重要部位通过镶块、堆焊、喷涂和渗氮等特殊工艺来强化其局部性能。

3C模具的制造工艺独特, 涵盖了机电加工与手工操作的精华。20世纪80年代, 小家电模具的加工以手工作业为主, 模具质量取决于能工巧匠的技能水平, 尤以模具钳工表现得最为出色, 很多老师傅练就了一身绝活。90年代后期, 模具加工开始以数控机床和特种设备为主, 加工中心和线切割的普及应用解决了技术领域的很多难题, 特种加工所运用的电解、激光和超声波等多项技术手段, 可以深入模具的型腔和死角, 填补了常规切削刀具无法实现的空白。

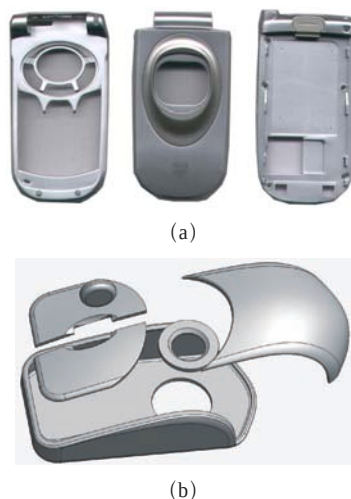


图1 利用模具制造的手机外壳和电脑鼠标

2. 3C模具亟待解决的问题

3C模具的制造精度严格，如果使用常规的设备和加工方法（见图3），零部件的精度误差虽然控制在合理的范围内，但组装后的误差积累，将造成模具的工作部分产生相应的错位和偏移，直接影响到成形产品的尺寸和外观质量。按照传统的制造工艺，操作工人会采用修磨和配做的补救方法，取长补短，东拼西凑，虽然返工后勉强达到模具的验收要求，却为日后的正常使用留下了隐患。

模具切削过程中，由于刀具磨损和切削力变化导致的模具变形和加工误差，给后续的组装造成很大的困难。有些不规则的模具表面，刀具与工件的切削点随着加工部位的曲面斜率而不断变化，形成不均匀的切削步距。受刀尖圆弧和进给角度的限制，数

控精切后的模具表面会留下轻微的刀痕（见图4）。在兼顾生产效率的前提下，操作工人常采用打磨和抛光的方法，使用电动工具快速去除加工痕迹，虽然达到了规定的表面粗糙度要求，但过度抛光会破坏模具的曲面和线型结构，使数控加工的成果前功尽弃。

近几年蓬勃发展的3C产品，对中国的模具企业提出了严峻的挑战，模具生产效率低下和品质不稳定的缺点也逐渐暴露出来。要解决这些加工领域的技术问题，只能采用更为先进的智造技术，减少加工过程中的随机误差和人工干涉，避免由此造成的返工返修，一步到位地完成加工部位的所有内容，从根本上提升模具质量和生产效率。

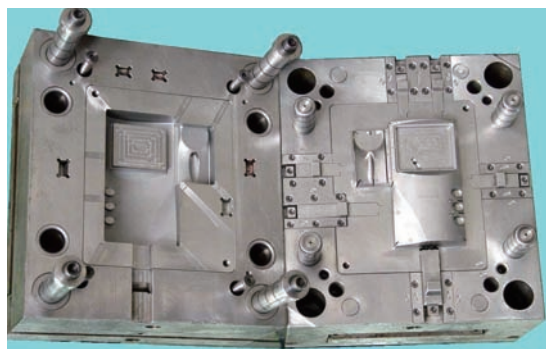
3. 3C模具的智造技术优势

智造技术是计算机软件与

高端数控设备的完美结合，集设计、加工、检测和试验功能为一体，可以在模具的设计阶段进行智能化造型和有限元分析，预先完成模具的成形工艺与模拟试验，对可能存在的缺陷进行优化和改善。数控机床经过几十年的升级换代，自带的编程指令和切削循环已经具备了人机对话功能，能够按照模具的加工特征和编程员的逻辑思维，自动选择最佳的刀具路径，为智造技术提供了强大的硬件基础。三坐标测量机和光学投影仪是模具制造中常用的测量设备，能够对在线模具的加工部位进行全方位随机检测，检测数据同步反馈给计算机软件的执行单元，协助数控系统完成机床的精确制导功能，对不合适的部位进行二次修整，加工尺寸可以精确到几个微米。一次



(a)



(b)

图2 平板电脑和小家电模具



图3 普通数控铣床

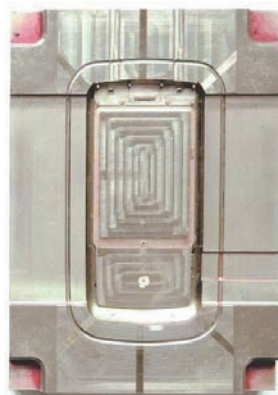


图4 模具表面留下的刀痕

装夹即可完成加工部位的全部内容，确保模具的精度要求。

智能数控机床具有的切削参数优化与刀具路径补偿功能，能够有效控制模具的变形量和加工误差。模具切削过程中，加工表面各部位的刚性及切削力大小不同，受力变形与进给阻力也不一样，切削参数优化功能利用数控系统的智能型过程运算方法，对主轴转速、吃刀量和进给量进行动态的倍率调整，让刀具始终保持在最佳切削状态。在保证表面质量、减小变形量的同时，提高生产效率；刀具路径补偿功能，是在数控机床刀具补偿的基础上，利用有限元分析对模具变形量和刀具磨损值进行预处理计算，让刀具在原有的走刀轨迹中附加一个等值的补偿运动，消除因加工变形和刀具磨损而产生的残余误差，从而达到高精、高效和优质加工的目的。五轴联动的小型加工中心（见图5），是3C模具的主要加工设备，有着很好的定位精度和抗振能力。适用于模具型腔的自由曲面插补，可实现纳米级水准的精密加工，达到以铣代磨的效果。工件误差控制在0.01mm，不仅节省了费时费力的电加工和磨削抛光工序，还容易实现加工过程自动化，提高模具的研发速度。



图5 超精密加工中心

智能特种设备综合了机电、化学、超声波及3D打印等不同原理的制造方法，能够做到无微不至地近距离加工，在超硬材料和高难度模具加工中有着显著的优势。超声振动切削是一种用于硬脆性材料的全新加工技术，适用于淬火后的钢坯与硬质合金模具。在超声波的频率帮助下，即使最硬的模具也可以使用较低的接触力度和较高的进给速度进行振动切削，最小加工孔径为0.3mm，可获得高质量的模具表面。激光加工中心用于模具的微小腔和孔系加工，以及薄板和管状零件的精密切割。通过计算机控制的数字伺服系统，可实现高精度的五轴微细加工。自带的编程软件可预先设定好型腔侧壁的角度和深度，实现完美的分层切削。

CAD/CAE/CAM软件是智能制造技术的基础，以UG、Pro为主的模具软件功能强大，通过简单的线条排列，即可设计出复杂的型腔和外部结构，具有不可替代的作用。3C产品的模具以注塑模和五金模为主，一般都要借助于专业的造型和编程软件。相同或类似的一组加工特征，只需做出一个模块，就可以使用阵列、缩放等几何变换功能做出另外几个。正确建模是做好模具智造的第一步，实践告诉我们，模具曲面的编程思路与其建模方式基本一致，建模中用到的曲线和特征决定了编程时的刀具路径。模具智造中的精加工策略要求空刀路径少、执行速度快，切削轨迹清晰流畅，没有逼近误差和中途停顿，像高速公路一样畅通无阻，

即使多走几座立交桥也要避开急转弯和交叉路口。模具智造的编程技巧在于加工表面之间的圆滑过渡与无缝衔接，对于由多个曲面组合而成的复杂模具表面，应尽可能在一个工序中进行连续加工，减少装夹和找正造成的接刀误差。常用的曲面加工路径中，最有效的是流线刀路和三维螺旋刀路，这两种刀路可以在很少抬刀的情况下生成连续光滑的切削路线，没有切削速度和进给方向的突然转变。即使刀具移动一段很小的距离，也要做到前后连贯、进退自如。这样智造出的模具表面没有进退刀和切入切出的痕迹，光滑圆润、棱角分明，达到完美的镜面效果。

4. 结语

模具智造技术代替传统的切削加工，其制造精度和表面质量都有了很大的提高，将引导模具制造领域的又一次产业革命。人才是模具的灵魂，做好模具离不开优秀的设计人员和熟练的操机师傅。十年苦功，上千件模具培养一名高级技工。我们平时要多学习一些典型模具的制作案例，借鉴其中的智慧和技巧，以智造技术为方向，树立自己的质量和品牌优势，为国产3C产品提供一流的模具和服务。

参考文献：

- [1] 曹延安. 中国模具行业的现状及前景[J]. 金属加工（冷加工），2012（9）：8-10.
- [2] 张春侠. CAM技术在工模具加工中的应用[J]. 模具技术，2007（1）：5-9.

MW（收稿日期：20160913）