

精密制造技术在3C模具中的加工优势

■ 德州联合石油机械有限公司（山东 253034） 侯祖刚 程功泉

摘要：3C产品的快速发展为模具制造行业带来了新的机遇，结合当前的市场环境与发展趋势，以精密制造技术为方向，升级加工精度和表面质量，为国产3C产品提供一流的模具和服务。



装备生产部数控高级技师 侯祖刚

模具是用来制作各种产品的工艺装备，可实现无切削成形加工，节约原材料和制造成本，具有一致性好、生产率高等优势。以计算机、通讯、小家电为主的3C产品中，60%~80%的零部件都要依靠模具成型，有些家用电器能明显看到模具成型时留下的痕迹。我们经常使用的手机和平板电脑都需要专用的模具来进行批量制作，计算机内部的集成电路板，也需要引线框架的精密级冲模和塑封膜，模具制造的优劣，直接决定着3C产品的质量。如今，3C产品的市场竞争日趋激烈，在消费者的需求刺激下，更新换代的速度越来越快，日新月异的产品外观设计给模具制造行业带来了新的机遇。

1. 3C模具市场的现状

模具加工在我国起步较晚，即使一些大型企业，也缺少自己的创新成果。3C产品的成型模具以注塑模和五金模为主，设计和制作都比较严格，模具工作面不允许有任何缺陷。运用模具软件，可以创建一般的模型。如何参照这些模型，制作出完美的模具并不是一件容易的事情，设计方案取决于技术人员的创新思路 and 实践经验。

传统的模具制造以切削加工和钳工技术为主，所运用的制造手段涉及数控和电加工机床、钳工精修及各类工艺装备。这些普通的切削设备可以快速去除模具毛坯的大部分余量，保证其基本的形状和尺寸（加工误差一般控制在0.02~0.05mm），但整体效果并不理想，部分切削面粗糙不平，致使组装后的模具达不到验收要求。要想进一步提高精度并做到模具表面的光滑过渡与无缝衔接，还需要用到修磨和抛光等人工修整方法，从头到尾十几道工序忙碌下来，费工费时，还容易出现质量问题。

3C模具需要专用的加工和检

测设备，行业内部通过专业分工和外协外购，可以规避重复投资的风险，造就合作共赢的局面。可惜，在行业垄断利益的驱使下，“资源共享”在中小模具企业中很难做到。有些较为复杂的3C模具，需要特殊的加工方法，如果缺乏这方面的设备与外协伙伴，将会出现难以逾越的“卡脖子”环节。设计人员考虑到加工过程中的难点，被迫放弃订单。

模具加工不同于产品流水线，可以将复杂的工件拆解成简单的工序，招录来的员工稍加培训就可以熟练操作。3C产品的模具以单件和小批量加工为主，品种多、任务急。以当前市场上流行的智能手机为例，每一款新产品研发成功后，都会在适当的时机迅速投入市场，赶在竞争对手的前面抢占商机，从模具定制到量化生产，必须在数周的时间内完成。工期和质量，是模具制造企业拿到订单的资本，出模效率（订单转化为模具的时间和进度）决定着市场竞争能力。如何通过先进的制造技术提高模具质量，缩短交货周期，是当前模具企业亟待解决的问题。

2. 精密制造技术

精密制造技术是指加工精度达到微米级别的无缺陷制造技术，涉及到高速加工、在线检测、自动控制等多项技术，为满足模具产品的多样化要求，精密制造技术在设计和加工过程中大量采用CNC技术，实现数字化控制与有限元分析，并且进一步向模具成型工艺和质量预测方向发展，已成为模具制造业的主流趋势。

传统的模具制造技术建立在工艺经验和实验数据的基础上，一套成熟的新产品模具方案需要进行多次修改和调试。CAM软件和高端数控设备的广泛应用，使得模具制造如虎添翼，有效解决了生产领域的很多难题。高难度的模具曲面在正确建模后，可以直接生成加工程序并归档数据库，结构和形状相近的模具，只需做成统一的加工模块，在原有的数据基础上稍加修改即可付诸生产，节省大量的编程和辅助时间。精密制造技术促使模具结构向多功能模块化方向发展，针对某一相似类型的产品制作的不再是成套的模具，而是不同规格的模具组件，具有很好的通用性。适用于3C模具的精密制造技术主要体现在以下几个方面。

(1) 高精度数控加工技术。数控机床是精密制造的主要切削设备，3C模具对5轴加工中心的需求日益增多，因为在模具加工中，球头铣刀的中心点位置切削速度接近于零，只有保持刀具轴线与被加工型面之间具有一定的倾角才能获得较好的表面质量，为此，不规则的模具曲面必须实现多轴联动加工。德玛吉公司生

产的CMS高精度加工中心（见图1），在机床的运动部件上装有温度传感器，能够对高速加工时的热变形误差进行监测和补偿。并提供一种自适应专家系统软件（ATC），可按照刀具切削点在模具加工区域的不同位置，自动选择合适的切削参数，兼顾表面质量与生产效率，实现最佳切削效果。瑞士米克朗公司出产的HSM高速加工中心，配备矢量控制系统和精密光栅尺，在加工精度上更胜一筹，操作人员通过MCE软件的显示界面即可达到智能化控制的目的，例如在模具的粗加工阶段，需要快速去除大部分余量，操作人员只需在人机对话页面上将加工时间设为优先选项，数控系统即会适当增加吃刀深度和进给量，放宽尺寸公差，并在加工路线的转角和圆弧处简化路径，只粗略地切出模具轮廓，节省切削时间。精加工阶段的毛坯余量很小，以保证模具质量为前提，操作人员只需将加工精度设为优先选项，数控系统会为之设定严格的定位偏差和切削速度，指挥伺服进给机构在模具的转折点和曲线连接处进行预处理控制，像车辆拐弯一样提前加减速，以免发生过切和停顿。

(2) 智能电加工技术。从20世纪90年代开始，电加工技术在



图1 高精度加工中心



129年

一直被模仿，从未被超越

- 磨削油 ●放电加工油
- 切削液 ●设备用油

欧海工业润滑油（太仓）有限公司

T: 0512-82780027

F: 0512-82780025

services@oelheld.com.cn

江苏省太仓市苏州路5号

<http://www.oelheld.cn/>

◆广告 查询编号: 3027

模具制造行业得到了快速发展。慢走丝线切割机床采用超短程往复走丝模式，切割面平整光滑，无黑白条纹且色泽均匀，不经修磨即可获得合格的模具轮廓。电火花机床可以进行各种形状的电极反拷贝和模具型腔加工，用于3C产品集成电路板模板的穿丝孔加工时，最小直径达0.02mm，还可以通过数控轴联动进给实现异形孔的放电加工。电火花铣削技术，集成电加工与数控机床的强项，将高速旋转的电极作为切削刀具，像数控铣一样进行二维轮廓和三维曲面的加工，并且能够通过电极损耗的自动补偿来减少模具误差，加工过程也做到了无人干预，非常适合3C模具的尖角和窄缝加工，备受制造厂家的青睐，智能电加工机床如图2所示。

(3) 3D打印成型技术。与传统的去料加工技术不同，3D打印机按照计算机软件的建模路径，将复杂多变的三维模具制造简化为由下至上的二维分层叠加，快速准确地将设计模型转化为模具实物，省去了从毛坯到成品的各种加工过程，既降低了制造难度，又缩短了产品研发周期。利用3D打印技术，客户从提供产品资料到拿到模具样版，通常只需要2~3天的时间。随着3D打印技术的日益成熟，将会改变



图2 智能电加工机床

传统模具制造的格局。在未来某一天，我们拿到用户订单后，只需在计算机上设计好三维模型，然后通过3D打印机，将特殊材料逐层叠加，便可得到合格的模具，金属材料3D打印机如图3所示。

(4) 在线检测技术。新一代三坐标测量机具有很好的温度补偿与抗振功能，环境适应性大幅提高，可在15~30℃的室温条件下实现高精度的点接触测量，完成模具零件的轮廓形状和三维曲面检测。在线模具检测技术以工作状态下的首件测量和精度控制为基础，探针式三维测头可直接安装在数控机床的刀架和主轴上，跟随模具的加工轨迹进行全路径随机测量。自带的图形处理软件则直接读取CAD图纸和数字模型尺寸，与实际测量结果比较后生成的偏差数据同步反馈给数控机床的控制系统，在二次加工中通过自动更新刀具补偿的方法予以修正，避免了常规测量手段中，模具在加工机床和检测设备之间的移动误差，提高了检测精度。

(5) 计算机集成制造技术。计算机集成制造技术(CIMS)几乎覆盖了所有的模具制造领域，



图3 金属材料3D打印机

模具软件也从单纯的建模工具转变为集设计、分析、加工和管理为一体的产品过程控制系统。集成的CAD/CAM/CAE功能不仅可以设计模具结构，生成实体模型、进行数控加工，其加工信息也被分类归档到数据库中，编程员一个人就可以对多台数控设备进行远程控制，节约人工成本。为了确认加工形状有无缺陷，CAM软件还可实现仿真加工和动态模拟试验。帮助工艺人员在试模前对可能存在的缺陷进行分析和预测，找出缺陷产生的原因并加以改进，提高一次试模的成功率。

3. 结语

精密制造技术是实现模具高效加工的有效途径，华为、联想、康佳等国产品牌凭借自身技术实力，在3C新产品研发方面取得了巨大成就，对模具供应商也提出了更高的要求。机遇面前，我们要认清形势，与时俱进，加快模具产业链的前端延伸与人才建设工作，通过产、学、研相结合，提高模具研究成果的产品化进度，以精密制造技术为方向，攻克难题，为国产3C产品提供一流的模具和服务。

参考文献：

- [1] 闫存富，孔令云，杨汉嵩. 先进制造技术概述[J]. 新技术新工艺，2013 (12) : 18-20.
- [2] 王慧英. 浅谈先进制造技术[J]. 科技信息，2009 (24) : 11-12.
- [3] 龚超，田金丽. 我国先进制造技术概况及其发展趋势[J]. 机械设计与制造，2009 (11) : 264-265.

MW (收稿日期：20160922)