高速切削技术与模具制造

瑞士米克朗公司（北京 100028） 陈 民 TG76 E

一、硝烟四起的模具市场

西方发达国家在新产品的研制和开发方面总是以市场为导向的。新的市场发展趋势和新的市场需求对制造业提出了新的课题，制造业则需要不断推出新的产品以适应这种新的消费要求。正是这样的循环往复，才推动了经济的发展和社会的进步。处于现在的新经济时代，产品的更新换代越来越快，花色品种与款式、造型也越来越多，消费者也变得越来越挑剔，所有这一切都对制造业提出了新的要求。如何以最短的时间、最快的速度、最低的价格将最新的设计和产品推向市场，这种市场特点则对模具制造提出了挑战。

模具制造是一个基础行业，长期以来模具加工费时、费力、成本高、精度差、效率低。随着制造业中心向中国的转移，对模具的需求数量和质量都大幅度提高。模具的加工方式不改变则很难使制造业适应上述市场的新变化。日本、新加坡、台湾等模具制造水平较高的国家和地区的模具生产厂纷纷在大陆设厂，抢占大陆的高档模具市场。这些市场变化给大陆的模具制造业带来了不小的冲击，同时也推动了大陆模具制造水平的提高。如何采用现代化的制造手段来提高企业的竞争力是各模具厂面临的最大挑战。

这些年迅速发展的高速切削技术在一些模具生产的发达地区及上面提及的外资企业中，已经显示了其为模具制造企业带来的巨大利益。它简化了加工手段，缩短了加工周期，提高了加工效率，降低了加工成本，提高了模具的加工精度，从而满足了模具用户对交货期、加工精度、使用寿命等各种严格的要求。一些在模具行业做得很成功的企业也正是靠采用了高速切削技术而使自己始终保持行业的领先地位。

二、高速切削技术的优势

理解高速铣削带来的好处是快速地掌握并应用高速切削技术的前提。瑞士米克朗公司作为高速铣削领域的先锋企业，在不断地阐述着自己的观点：为了有效地发挥高速切削工艺的优点，需要全新的工艺方案。因为高速切削不是靠单纯地提高主轴转速和进给速度来提高现有工艺的加工效率，而是彻底改变切削路径，降低刀具上所承受的轴向和径向切削力从而形成更为有效的铣削方式。例如：可将径向和轴向的切削深度减少到以前切削深度的1/3，并将主轴速度和进刀速度增加到控制系统和刀具所允许的高速度。这就是说，你可能要打破企业现有的工艺模式，包括各种机床的协调和人员的配置。下面，我们先来历数一下高速切削给模具车间带来的种种变化和好处。

1. 通过减少工序数量，缩短工件生产时间

衡量高速切削的效率不是仅仅计算减少了多少加工时间，而是通过减少了多少整体的工艺时间来衡量。事实上，如果采用小切深、高走刀速度来取代重切削，加工时间有可能比传统加工还要稍长一些。然而，少量增加的加工时间会为后续的工序节约大量时间。这种节约可表现为减少了抛光的时间、降低了花费在电加工上的时间或通过减少模芯的数量而减少了模具组装的时间等。

2. 可加工薄壁件或电极

因为采用轻切削的加工方式，铣刀和工件之间的切削力非常小，不易产生加工变形，所以可在一个工件上加工达0.3mm的薄壁或肋。这就开辟了以前想象不到的新的应用领域。

3. 通过加工小的细节降低对辅助工艺的需求

高速切削技术提供了使用微小、精密刀具的加工方式，并且在轻切削时也可以提供认可的切屑去除速度。因此高速切削加工中心可以用微小刀具来直接加工一些精细花纹。同时由于能够加工薄壁，就可以加工带肋的整体电极。这就消除了多次装夹和在多次装夹之间可能产生和累积的位置错误，也就节省了时间并提高了质量。

4. 通过改善加工表面粗糙度，降低了抛光的需要

由于采用小吃刀量，走刀路线会更密集，从而能生成更为光滑的加工表面。使用相同的刀具，

使用较浅的径向切削（一般为0.03mm），球头刀顶部的径向切深仅为0.01mm。因此采用高速切削加工获得的高质量的加工表面会极大地缩短甚至消除手工抛光的时间。

5. 提高了加工零件的精度

与传统的切削相比，高速切削将大部分热量传送给切屑，仅有少量的热量传送到刀具和工件上。热量没有聚集在工作区，这样就使工件达到了更好的精度，从而达到了设计的几何形状。例如：相同电极的加工一致性意味着有利于多腔模加工或加工可互换的注塑件。如果通过高速切削取消抛光工序，避免了手工抛光造成的尺寸误差，那么工件的精度就会提高，复制的每个电极会非常相似，这给有效地放电加工以及多腔模带来了真正的好处。

6. 提高电极加工效率

石墨电极的加工，已经由传统加工转变为高速加工，高速加工降低了80%以上的抛光时间甚至不需要抛光。节省的周期可使车间对最后一刻的设计变更做出反应，而不会对本来紧张的制作时间表带来不利的影响。高速加工也使得放电加工中使用石墨负极性的优势得以实现。因为虽然负极性电极在放电加工中会提高金属去除速度，但许多车间禁止使用负极性，只是因为石墨电极的磨损速度非常快。但是，如果缩短电极的制作时间就会改变这种平衡，因为在放电加工上节省的时间要远远大于加工一个新的电极所需的时间。

7. 更为有效的放电加工

放电加工工艺基本上需要两个电极来加工一个工件。若要更好地进行放电加工，您的车间需要复制相同的电极。通过表面质量来统一区分粗加工和精加工的电极，一致性好的电极会减少放电加工的时间。手工抛光后的电极总是包含有尖角，而它首先开始放电，这就会放慢金属切削的速度。相比之下，粗加工和精加工电极之间的几近完美的一致性会优化放电加工的效率。

8. 淬硬钢模具的直接加工

高速切削加工开辟了对硬化材料的加工。高速切削能够使用新的铣刀技术切削硬度超过60HRC的淬硬钢。高速切削技术使得材料在进行完热处理步骤以及去应力操作（在热处理之后需要进行该操作以补偿热处理导致的几何形状的变化）后，粗精加工在相同的机床上一次完成。这对于锻模或硬度超过52HRC的任何材料都尤为有用。但由于高速切削的金属去除量不大，对于金属去除量较大的工件，更为经济的做法是在传统铣床上进行粗加工后再淬硬，然后在高速铣床上进行精加工。

由此可见，高速切削技术为模具制造带来了全新的工艺方式。然而，必须强调的是这些优点只有使用满足高速切削要求的机床才能体会到。出色的动力特性、智能和高效的控制系统以及最新的主轴技术是重要的标准。机床是整个工艺中不可分割的一部分，在这点上，机床结构通常需要进行调整以适应新情况，有时甚至需要重新设计。

三、高速切削机床

1998年上海国际模具展上，瑞士米克朗公司在中国展出了第一台配置42 000r/min的高速铣削中心HSM700，从此拉开了各品牌高速机床竞争中国市场的序幕。5年过后的今天，随着人们对高速铣削技术的了解，对高速机床的认识也更加全面。真正的高速铣削技术证明，高速加工中心不仅仅需要配置高转速的主轴，而是从床身结构到冷却润滑等方面的一整套技术革新。从目前市场上各制造商提供的高速机床来看，许多厂家都越来越重视这方面的技术改进。不再单独盲目追求高主轴转速，而是在主轴扭矩、进给加速度、数控系统的改进等各方面下功夫。而用户则有了更多的品牌选择、机床性能选择。另一方面，高速切削配套技术的发展在很大程度上促进了高速切削机床的发展和应用。5年前人们所担心的高速刀具价格贵，品牌少，与高速铣配套的软件不好买等等问题，在今天已经不再是阻碍人们尝试高速切削技术的绊脚石，而是与高速机床的发展相得益彰。

目前市场上的高速机床产品集中在中小尺寸模具加工上，因为在这个尺寸范围内，高速铣削的优势体现的最明显。由于高速的界定对不同材料是不同的，所以机床的主轴转速处于12 000 r/min到42 000r/min之间，以适应不同材料或不同零件形状的加工需要。少数厂家更推出了60 000r/min以上的超高速主轴。为了在提高速度

的同时保证加工精度，机床的进给加速度多在单轴 1g 左右，进给速度 40m/min 左右。主轴结构仍采用复合陶瓷轴承支撑的电主轴，由于模具单件加工时间长，主轴长时间在高速状态下运行时的冷却问题直接影响了加工精度和主轴寿命，而主轴的防碰撞技术和故障诊断记录技术也是提高主轴寿命的关键，这些关键的技术点成为各主轴和机床生产厂家研究的重点。在机床进给驱动方面，滚珠丝杠和线性导轨的配合仍是主流，一些尝试用直线电机技术的厂家也由于该技术的不成熟影响了机床的加工精度和稳定性，为用户使用和自己的售后服务都带来了困难。而米克朗则采用了对驱动滚珠丝杠副的 3 个进给驱动伺服电机进行电子恒温水冷却，保证长时间高进给速度下电机的正常工作，并减少传递给丝杠的热量以保证高的定位精度。在机床的冷却润滑方面，干式切削的方式已被广大用户所接受，它对加工精度、表面质量以及环保方面所带来的好处有目共睹。随着技术的进一步发展，米克朗又推出了通过刀具中心的油雾冷却方式，用于深孔或深槽铣削时进一步改善刀具的切削条件，提高加工精度的同时又延长了刀具寿命。

四、形成高速切削工艺

在购置了上述具备高速切削技术要求的高速加工设备后，还要掌握所需的专门技术诀窍以保证新工艺的快速成功实施，彻底理解高速切削工艺的基础知识和选择适合应用的铣刀及刀柄是关键点，掌握适合高速切削的 CAD/CAM 系统知识也尤为重要。甚至用于工模具制造的专用夹具在提高加工效率方面也不可小视。总之，希望通过以上的分析，您会发现高速切削技术给模具制造带来的实惠，重组模具车间以利用该技术是一件完全可以驾御的事情。

实例 1：

传统工艺：生成注塑模造型并传送到 NC 程序中。工艺存在的问题：NC 程序 > 400MB，加工时间 > 40h，刀具磨损（ϕ0.075mm 雕刻刀具，20 000r/min）

解决方案：通过 CAD/CAM 将三维轮廓、文字背景及平面分开加工，NC 程序≈30MB，加工时间 < 20h。

实例 2：

传统工艺：用模具加工专用的高速钢刀具进行二维铣削加工（高速钢刀具是一种刀具材料）。工艺存在的问题：几何形状一致性差，专用刀具成本高，低转速使加工时间较长，刀具工作寿命短。

解决方案：使用 ϕ0.3mm 标准球头铣刀，主轴速度 40 000r/min，进行三维铣削。

实例 3：

传统工艺：100%电火花加工。用高速切削完全取代电加工的困难：小的圆角和锐边（α < 180°），标准刀具的切削深度有限（注：α 代表任意两个相邻边的夹角，不用特殊说明）

解决方案：用高速切削进行粗加工和半精加工，为 EDM 精加工留有 0.25mm 的余量，ϕ0.8mm 球头铣刀，主轴速度 27 000r/min。

实例 4：

传统工艺：100%电火花加工，将几何形状分成几个电极部分。用高速切削取代电加工的困难：小的圆角和锐边（α < 180°），标准刀具的切削深度有限。

解决方案：通过高速切削来解决加工困难，直径小于 0.4mm 球头铣刀，主轴转速 24 000 r/min。

（收稿日期：20030507）

资料索取编号：1344

信息

青海二机床产品通过鉴定

青海第二机床有限责任公司 QH2—040 数控发动机曲轴圆角滚压智能柔性加工系统新产品通过鉴定。

该新产品是为适应国内汽车行业及发动机行业包括主机厂和曲轴专业生产厂的发展需要而开发的，集精密机械加工、电气、液压、伺服系统、工业计算机控制、在线检测技术和智能专家系统于一体。专用于滚压校直发动机曲轴主轴颈，连杆轴颈的底切圆角，提高曲轴的疲劳强度，在满足发动机性能的前提下，可大幅度降低制造成本。整机技术先进、结构合理，操作方便可靠。其各项技术指标和技术性能达到国内先进技术水平。

（摘自　中国机械信息网）