

数控电解修磨抛光技术研究与应

河南科技学院 (新乡 453003) 王振宁 侯凯歌 元国伟

随着工业设备和产品不断地向精密化方向发展,传统加工方法在有些领域已经很难胜任高精度的加工要求,特别是对复杂形状的模具精密抛光的问题尤其突出,因此新型修磨抛光加工工艺的研究就有着重要的意义。作为新型加工技术之一的电化学光整加工以其加工效率高、工具无损耗、加工后工件表面无热影响层、结构表面光滑、无内应力、无裂纹、加工不受材料硬度的限制等优点,在光整加工领域中得到快速的发展。但是到目前为止自动化的电化学光整加工还是主要应用在平面、轴类等形状简单零件上,对模具等复杂形状零件的加工还停留在手工操作上。采用手工操作的电化学修磨抛光加工,不仅对工人熟练度要求较高,而且劳动强度

较大,复杂模具的表面质量极不容易保证。为了解决这些问题,我们进行了数控电解修磨抛光技术的试验研究,使复杂形状模具零件的电化学修磨抛光加工完全实现了自动化。

1. 试验原理和方法

数控电解修磨抛光的原理如图1所示,工件5和修磨工具6分别接低压脉冲直流电源的正极和负极,电解液通过喷头8在两极间通入电解液,运行加工程序,数控机床主轴低速旋转,磨头沿着工件表面作仿形运动。接通电源后,在电化学的作用下工件表面发生阳极溶解并形成很薄的一层氧化膜,这层氧化膜电阻很大但很软,被旋转的修磨工具磨头迅速刮除,使工件被加工表面上

米级磨损量。金刚石刀具在切削时由于氧化、石墨化和碳化的形成还会形成热化学性磨损。对切削区域温度的升高进行抑制是一种比较有效的提高金刚石刀具抗磨损性能的方法。另外,在充满饱和碳气体中进行切削也可抑制金刚石的碳化。

(3) 被加工材料 在材料的微细切屑去除过程中,被加工材料的性能(如化学成分、物理和力学性能等)也是影响加工精度和表面粗糙度的重要因素之一。材料的选择是以纳米级的表面质量为前提的,可称之为“微加工性”,影响微加工性的因素有:材料与金刚石的内部亲和性(或化学反应)、晶体结构、杂质、缺陷及其分布和热处理等。为此,为了获得良好的加工精度和表面粗糙度,被加工材料必须是没有气泡、缺陷、晶粒细化无杂质的材料,加工后残余应力要小,能长期保持尺寸精度的稳定性。

(4) 工件检测 精密测量与加工一样重要。对于微细工件的高精度尺寸、几何形状及位置尺寸等,可以用电感测微仪和激光干涉仪等来检测;表面形貌及表面粗

糙度可用表面轮廓仪、隧道显微镜来测量。工件表面层的应力、变质层、微细裂纹等缺陷可以X光衍射法和激光干涉法检测。

(5) 工艺过程编制 在微细切削加工中工艺过程编制应充分考虑如下问题:加工时要循序渐进、严格要求;正确选择定位基准,控制定位基准面的加工质量;严控夹紧变形及在加工中的变形;妥善、合理安排热处理工序。

(6) 工作环境 微细切削加工的工作环境是保证加工质量的必要条件。对工作环境主要有温度、湿度、净化及防振等方面的要求。关键技术主要有:纳米级加工所需的工作环境;利用遥控、遥现等科学手段进行加工与检测,以消除人为的影响因素;空气、切削液等恒温方法的研究。

(7) 操作者的技艺 操作者不但要有高超的技艺,而且要有较宽的知识面,懂得机械、电子、计算机、物理、化学和材料学,才能胜任精密微细切削加工这项工作。MW (待续) (收稿日期:20101102)

露出活化面并继续电解。这样在电解和机械磨削的交替作用下，达到去除表面氧化膜减小表面粗糙度值的目的。

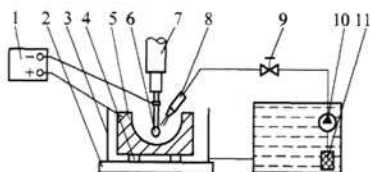


图1 数控电解修磨抛光原理

1. 脉冲直流电源 2. 机床工作台 3. 电解液箱 4. 强磁铁
5. 工件 6. 修磨工具 7. 数控机床主轴 8. 电解液喷头
9. 阀门 10. 离心泵 11. 滤网

试验设备：电源采用全桥整流、晶闸管调压、斩波后以等宽矩形波输出的自制脉冲电源，最高输出电流12A，电压0~24V。机床选用XK1450型数控铣床。修磨工具（见图2）由磨头、滑环和绝缘刀柄组成，其中磨头可以根据模具形状和表面粗糙度的要求选用不同形状和粒度的金刚石旋转铰。

试验方法：试验工件为模具钢Cr12，形状为椭圆形凸模（见图3）；数控铣床精加工后表面粗糙度值 $R_a = 5 \sim 4.8 \mu\text{m}$ ；电解修磨抛光前对其进行脱脂处理，利用CAD/CAM软件进行自动编程，保证磨头与工件间的加工间隙为



图2 修磨工具

1. 磨头
2. 滑环（接电源负极）
3. 尼龙刀柄



图3 凸模及加工轨迹

0.15mm，主轴旋转速度160r/min，移动速度分别为10mm/min、30mm/min、80mm/min，进退刀方式选择为外侧圆弧进退刀方式；电解液用10% $\text{NaNO}_3 + 2\% \text{NaCl}$ 水溶液；脉冲电流的占空比为1:2，脉冲电流的脉宽10ms，峰值电压分别为6V、12V。其工艺流程为：脱脂→装夹（电磁铁）→对刀→开起电解液→开起电解电源

→开启数控机床运行程序→程序结束关闭电解液和电解电源→卸下工件温水冲洗。试验中我们共作了6组试验。

2. 试验结果及分析

检查工件表面，经过数控电解修磨抛光后工件表面质量均匀，无抛光死角，无电解“凹坑”，表面无附着物，检测工件表面粗糙度，不同电压和移动速度下的表面粗糙度值如附表所示。

电压、移动速度对表面粗糙度的影响

电解磨头移动速度/ ($\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$)	10	30	80
加工前表面粗糙度值 $R_a / \mu\text{m}$	5~4.8	5~4.8	5~4.8
6V电压加工后表面粗糙度值 $R_a / \mu\text{m}$	0.64~0.53	1.3~0.86	1.8~1.4
12V电压加工后表面粗糙度值 $R_a / \mu\text{m}$	0.71~0.56	1.1~0.72	1.3~0.9

分析：利用数控铣床可以精确地控制磨头和工件间的相对距离，并保证磨头在每一点都有一个恒定的移动速度，从而保证电解加工均匀，加工后工件表面有一个均衡的质量。

从表中可以看出，移动速度和表面粗糙度值成正比，移动速度越大，单位时间内表面抛光时间越短，加工后表面粗糙度值也越大；移动速度越小，单位面积上抛光时间长，表面质量也越好。但是不是抛光时间越长越好，当抛光电压、抛光磨头磨料粒度确定后，表面质量有一个极限，移动速度太小不仅加工效率低，还容易在工件材质变化的部位加工出“凹坑”。

从表中还可以得出，电解修磨抛光效率和电压成正比，电压越高单位面积上的去除率越高，表面质量容易改善；随着峰值电压的升高，当达到一定值后工件表面粗糙度值反而会呈下降的趋势，这是因为大的峰值电压使抛光区电解液温度迅速上升，气泡大量出现，从而造成工件表面质量恶化，表面粗糙度值变大。

3. 使用数控电解修磨抛光注意事项

(1) 使用数控电解修磨抛光的数控机床机壳一定要接地，在加工时会有少量腐蚀性气体析出，要在通风良好的环境下使用，或在机床上加装排气装置。

(2) 电压的大小和加工效率成正比，但是电压太高也会使表面质量恶化，在实际加工时建议使用两遍加工

用先进制造工艺生产中速柴油机

中国北车集团大连机车车辆有限公司 (辽宁 116022) 韦 江

中速柴油机主要是指曲轴转速为 350 ~ 1 000r/min 和活塞速度为 6 ~ 9m/s 的柴油机, 主要应用于船舶、机车、发电机组等, 在对机器重量和尺寸有限制的场合, 中速柴油机有非常明显的优势。国外著名的中速柴油机制造厂主要有: 德国 MAN、芬兰 Wartsila、德国 MTU、美国 Caterpillar、法国 SEMT、日本洋马、大发和韩国 Hyundai 等公司, 国内也有近 30 家制造商, 市场竞争十分激烈。中速柴油机发展至今, 在性能和可靠性方面有了很大提高, 要想在大范围改进原有商品机而形成全新一代的柴油机已经很难, 国内柴油机制造商要想获取更大的市场份额, 只有运用先进制造技术, 学习精益生产理念, 提高劳动效率, 实现敏捷制造, 降低制造成本, 提高相关配套产品的制造水平和生产能力, 才能获取生存空间。

1. 用先进制造工艺生产中速柴油机

与车用高速柴油机不同, 中速柴油机属于中大型设备, 生产特点为多品种、中小批量生产, 在设备配置上要以柔性制造设备为主, 辅以通用设备、专用设备进行生产。第一遍用高电压, 大电流快速整平表面, 第二遍使用低电压小的进给速度对表面抛光。

(3) 磨头运行轨迹宜选用往复运行, 行间连接应该选用圆弧连接, 连接速度等同于加工速度, 凸模下刀点选择在轮廓外侧, 凹模选择在内侧。

4. 结语

数控电解修磨抛光技术是数控机床技术和电解抛光技术的有机结合, 此工艺方法具有再投资少、自动化程度高、质量稳定、可重复性强的优点, 它的使用扩大了数控机床的加工范围, 解决了复杂形状模具自动化修磨抛光的难题, 在模具的制造中有很高的应用价值。

MW (收稿日期: 20101107)

合理搭配, 用精益生产理念来指导产品制造。当前, 除柴油机组装试验能力外, 影响中速柴油机生产制造周期和产品产量的主要部件是曲轴, 其次为机体、连杆、气缸盖、凸轮轴等部件。下面以中速柴油机上上述零部件生产和柴油机组装试验为例, 探讨用先进制造技术生产中速柴油机的方法。

2. 曲轴生产工艺的优化

曲轴加工周期最长, 是制约柴油机产量和质量的关键零件。目前, 国内曲轴专业生产厂家与国外相比存在整体规模小、专业化程度低、企业设备陈旧、工艺落后等差距, 是影响柴油机整机适应国内及国际市场能力的重要因素。曲轴的加工工艺主要有以下几个方面: 曲轴毛坯制造、曲轴的粗加工、曲轴的表面硬化处理工艺和曲轴精加工。

(1) 曲轴毛坯制造 中速柴油机曲轴主要采用全纤维锻造曲轴, 这是在 20 世纪发展起来的一种新的曲轴毛坯生产技术, 其原理为先将金属材料锻造成棒料, 然后机械加工成台阶轴状, 最后在锻造专用模具内成形。这种模具有些特别, 每次只对一个曲拐进行热变形, 而不是像模型锻造那样对整个曲轴进行变形。最先进的工艺是: 采用电渣熔铸工艺生产锻造棒料, 提高毛坯的致密度; 采用 TR 法全纤维锻造工艺锻造曲轴, 其中锻造压力发展到万吨级, 锻造精度可以做到曲柄斜面不加工。此外, 采用毛坯直接调质热处理工艺, 这样可以大大提高曲轴加工生产效率。

(2) 曲轴的粗加工 曲轴的中心确定方式目前最先进的方式是采用质量定心车床, 这样可以保证后续工序加工时工件运转稳定, 有利于提高产品质量和减少动平衡的平衡量; 曲轴粗加工将广泛采用数控车床、数控内铣床、数控车拉床等先进设备对主轴颈、连杆轴颈进行加工, 以有效减少曲轴加工时的变形量。其中曲轴数控