



数控铣床电解加工工艺的研究

河南科技学院 (新乡 453003) 王振宁 付素芳

1. 前言

在模具制造中,利用数控设备进行模具加工是一种方便快捷的加工方法,但是对于某些零件,即使使用高速铣削、运行精加工程序仍然不能满足其对表面粗糙度的要求,还需要钳工进行二次抛光。但人工抛光不仅效率低,而且质量极不稳定,能不能用其他方法代替人工作业呢?我们都知道电解加工是一种利用金属阳极电化学溶解原理去除材料的制造技术,它有无工具磨损、与材料硬度无关、生产率高、表面质量好的优点,经电化学加工后零件表面形貌呈“高原型”,比机械加工有更好的摩擦因数、精度保持性、疲劳强度和耐蚀性,这些指标都直接影响机械产品的质量。但是还有一些问题困扰着电解加工,如加工过程还不能自动监控,对于复杂表面电解加工间隙还不好掌握等。针对数控设备和电解加工的优缺点,我们利用数控设备加工过程易于控制、自动化程度高、重复定位精度好的优点与电解加工结合起来,产生了数控铣床电解加工新工艺,经实验此工艺方法有很好的效果。

2. 设备材料及原理

实验设备使用 XK0816A 型数控铣床,材料为 Cr12 冷作模具钢,原材料经球化退火、锻造成形,硬度 207 ~ 223HBS,利用数控铣床经过粗铣→精铣加工成形后表面粗糙度达到 $R_a = 1.6\mu\text{m}$,经热处理材料的硬度达 62.5HRC,然后进行电

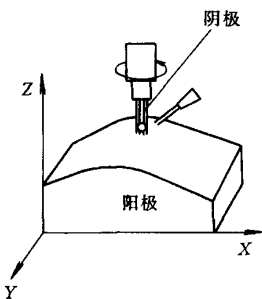


图1 数控铣床
电解加工示意图

加工原理:如图1所示,球头电极接阴极,工件接阳极,电解液以一定速度喷射到电极头与工件之间,在数控设备的带动下,电极头以一定的速度并和曲面保持固定的间隙作相对运动,在直流电场的作用下,阳极凸凹不平的凸起部分相对电流大,凸起部分被迅速溶解,最后形成平整光滑的表

面。在电解过程中,材料的表面上形成一层粘性薄膜,这层薄膜电阻很大但很软,我们利用电极周围旋转的毛刷和流动的电解液及时去除,使材料表面处于活化状态。由于数控机床有很高的自动化程度和加工精度,所以它可以保证电极头在曲面上每一点上的走刀速率和加工间隙的恒定,从而保证电解加工质量。

3. 加工准备及其实验过程

进行数控电解加工的数控系统必须有较高的稳定性与抗干扰性,主控计算机合理屏蔽,机壳正常接地,在实验前放出原有的切削液,在切削液箱里注入 NaNO_3 水溶液(Cr12 钢我们选择 NaNO_3 含量 14%,另含微量光亮剂),测定电解液的 pH 值,使其保持中性。电极根据不同零件的表面特征选择不同形状的电极,电极柄采用绝缘材料制造(如图2所示),保证在使用中阴极和机床床身不直接导通,在电极头的外圈加装一圈毛刷,在电解抛光中起辅助抛光作用,同时增加了电解加工的定性。

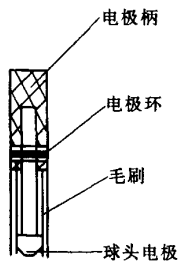


图2 电极示意图

数控铣床对模具完成精加工后,回到加工原点,换上合适的电极,对刀,对于 Cr12 钢曲面抛光。我们选择球头电极,加工间隙 1.2mm,电流密度 $0.6\text{A}/\text{cm}^2$;在机床程序表中调精加工程序,对程序进行修改,用 G81、G80 设定循环次数为 2 次,用 G41、G42 设定左右半径补偿(保证电极在侧壁上的加工间隙),用 G43 建立长度补偿(保证在底面上的加工间隙),用 M8、M9 设定电解液的开关,设定铣床转速 $n = 200\text{r}/\text{min}$,所有参数设定完毕即可自动加工。

实验中 Cr12 冷作模具钢工件,需要光整加工面积 0.38m^2 ,通过二次循环加工,用时 4.2min,零件表面粗糙度可由 $R_a = 1.6\mu\text{m}$ 变为 $R_a = 0.4\mu\text{m}$,达到表面质量要求。

4. 影响因素及存在问题

影响数控电解抛光工艺的各种因素很多,如电

流的影响、间隙的影响、电解液浓度及温度的影响、零件外部形状的影响、转速的影响和电极形状的影响等,其中电流、间隙、浓度和外部形状的影响其他文章讨论的较多,在此仅对数控电解加工所特有的一些影响因素进行分析。

(1) 电极形状的影响 在数控电解加工中,电极的几何形状和结构显著地影响着电场分布、间隙分布和电解效率,在实验中我们使用了柱状电极、锥状电极和球头电极,这些电极各有特色,如对于侧面加工柱状电极加工面积大,加工速度快。对于斜面和锥孔,锥形电极有更大的适应性。对于曲面加工球头电极更适合,相比而言,在数控电解加工中球头电极适应性更广,具有更大的柔性。

(2) 进给量及转速的影响 进给量是单位时间内刀具相对于工件的移动距离,在数控电解加工过程中,对于某种材料而言,如果进给量太大,相对每一点的电解加工时间少,凸起部位溶解较少,加工后零件表面粗糙度达不到预期要求;如果进给量太小,不仅加工效率低,而且还会在不该加工的表

面和已加工表面发生杂散腐蚀,从而影响加工质量。

主轴的转速对电解加工影响不大,因为在此加工过程中主要是靠无接触电化学溶解去除金属,机械加工中的毛刷仅仅是去除零件上很软的钝化层,所以主轴转速在 80~1200r/min 范围内变化,对加工效率及表面质量影响不大。

存在问题:①电解加工中,在电极上将会有少量氨气析出,为了不给设备长期使用造成危害,需要有良好的通风环境。

②对于存在尖角的模具和零部件,对尖角的光整加工,电解加工不适应,因为电流的尖角效应,很容易把尖角加工出“圆弧”。

5. 结论

数控电解加工工艺的研究解决了电解加工自动化、柔性化和智能化的问题,它的使用使加工过程的监控更容易,使电解加工重复性更强、质量更容易保证,我们相信随着研究的不断深入其应用价值将会更加广阔。冷

(收稿日期:20040901)

(上接第 26 页)

(-20~-70℃, 1.5h), 然后回火 (150~170℃, 2~4h); 粗磨齿形后时效处理 (100~120℃, 4~10h); 精磨齿形后再时效处理 (100~120℃, 6~12h)。

2. 圆柱测量齿轮制造的典型工艺流程

备料→锻造→正火→粗车(按图样全部留精车余量 2~3mm)→精车(孔留量 0.3~0.5mm, 每端面留量 0.3~0.5mm, 凹入处车至图样尺寸, 表面粗糙度均为 $R_a \leq 2.5\mu\text{m}$, 内孔、外圆及一个端面一次装夹加工, 保证垂直度小于 0.025mm)→平磨另一端面(两端面平行度小于 0.01~0.02mm)→滚齿或铣齿(滚齿达标准 7 级精度, 齿面每边留 0.15~0.20mm 的磨量)→钳工倒齿部两侧角、去毛刺、打标志→淬火(硬度达 60~64HRC)、冰冷处理、回火→磨孔(找正齿圈跳动为 0.01~0.02mm、端面圆跳动 0.005/100mm, 孔留量为 0.01~0.015mm, $R_a \leq 0.5\mu\text{m}$, 保证孔形位误差合格, 表面粗糙度符合图样要求)→粗磨齿(达标准 6 级精度, $R_a \leq 1.25\mu\text{m}$)→时效处理(100~120℃油中时效 4~10h)→研磨孔(500# 金

刚砂, 铸铁心棒, 在立式钻床上研孔至 $R_a \leq 0.16\mu\text{m}$, 尺寸精度及位置误差达图样要求)→精磨齿(达图样要求精度等级)→时效处理(100~120℃, 6~12h)。

圆柱测量齿轮磨齿时常出现的误差及消除办法与高精度齿轮磨齿形时基本相同。

3. 圆柱测量齿轮修磨时尺寸计算

圆柱测量齿轮长期使用磨损后可进行修磨齿形, 为保证被测齿轮合理的测量结果, 测量齿轮的尺寸进行必要的修磨计算:

$$d'_a = d_a - \Delta W / \sin \alpha$$

$$d'_f = d_f - \Delta W / \sin \alpha$$

$$\rho'_{\min} = \rho_{\min} - \Delta W / (2 \sin^2 \alpha)$$

式中 d_a 、 d'_a ——修磨前、后齿顶圆直径

d_f 、 d'_f ——修磨前、后齿根圆直径

$\rho_{\min}$ 、 $\rho'_{\min}$ ——修磨前、后起始点曲率半径

ΔW ——修磨前、后公法线减少量

对于斜齿圆柱测量齿轮的修磨计算, 只将上式中分度圆压力角 α 代以 α_n 即可。冷

(收稿日期:20040612)