

模具制造中电火花加工应用技术

贵州航天乌江机电设备有限责任公司 (遵义 563003) 郑继康 张玉峰



工程师 郑继康

随着电子技术的发展,电火花加工技术与模具制造变得密不可分,已在模具制造、复杂零件加工中得到广泛应用。

模具制造中电火花加工的工艺流程

模具制造中电火花加工包括多个工艺环节,这里按照电火花加工的操作顺序介绍其工艺流程,分析主要的工艺要点。

1. 电火花加工的工艺确定

模具零件在制造前,根据本身特点、加工要求来确定合理的加工工艺。一般来说,为了使模具零件在尽量短的时间内加工出来,减少加工成本,提高加工效率,所以在可能的情况下尽量选用铣削加工、线切割加工等工艺来加工零件。当在铣削加工、线切割加工等加工接触不到或工件有特殊要求的情况下,像刀具难于接触到的复杂表面或需要深度切削的地方,及长径比特别高的地方,如精密小型腔、窄缝、沟槽及拐角,不便于切削加工装夹,材料硬度很高,规定了要提供火花纹表面等的加工场合,就要选用电火花加工。

2. 工具电极的设计与制造

电火花加工首先要进行电极的设计、制造。

那些高端的CAD/CAM软件,像UG、Pro/E、CimatronE、MasterCAM等都提供了强大的电极设计、编程功能,减少了手工拆电极的繁琐工作,与传统的电极设计、制造相比,提高效率十几倍甚至几十倍。

根据企业的工艺水平,考虑电极加工精度要求、加工成本等工艺要点来安排电极的制造工艺。目前模具企业已广泛使用加工中心来制造各种型面复杂的电极。加工中心比传统铣削加工速度快,全自动,重复生产的精度很高,可得到较复杂的形状。最近推出的高速加工中心,能胜任形状更复杂、精度要求更高类电极的制造,为制造电极提供了完美的技术解决方案。

采用快速装夹定位系统来制造电极是电火花加工的一种先进工艺方法,它是将电极坯料装夹在加工机床的装夹系统上来制造,制造完成后,可直接将电极装于电火花机床的快速装夹系统上进行放电加工。给加工操作带来了很大的方便,提高了电极的制造效率,也保证了电极的装夹、定位精度。

3. 加工的定位

当工件和电极装夹、校正完成后,就需要将电极对准工件的加工位置,才能在工件上加工出准确的型腔。模具制造中电火花加工最常用的定位方式是利用电极基准中心与工件基准中心之间的距离来确定加工位置,称之为“四面分中”。利用电极基准中心与工件单边之间的距离确定加工位置的定位方式也比较常用,称之为“单边分中”。另外还有一些其他的定位方式。

各种定位方式都是通过一定的方法来实现的。模具电火花加工操作中,通常运用电火花机床的接触感知功能来获得正确的加工位置。可以直接利用电极的基准面与工件的基准面进行接触感知实现定位。精密模具电火花加工采用基准球进行接触感知定位,点接触减少了误差,可实现较高精度的定

位。另外还有千分表比较、放电定位等定位方法。使用快速装夹定位系统,可省却重复的定位操作,当配备ATC装置时,则完全可以实现长时间无人操作的自动化加工,可有效地提升企业的竞争力。

目前的数控电火花机床都具有自动找内中心、找外中心、找角及找单边等功能,这些功能只要输入相关的测量数值,即可方便地实现加工的定位,比手动定位要方便得多。

4. 加工参数的配置

在完成校正、定位等基本操作以后,就要根据加工要求选择合理的电参数。电参数选择的好坏,直接影响加工的各项工艺指标。选用电参数最终目的是为了达到预定的加工尺寸和表面粗糙度值要求。一般是根据电极缩放量确定加工参数,在控制放电间隙和摇动量中进行加工的。选用加工参数时,基本上要考虑电极数目、电极损耗、加工液处理、加工表面粗糙度值要求、电极缩放量、加工面积及加工深度等因素。粗加工选择的主要依据是电极缩放尺寸的大小。粗加工电极的缩放尺寸一般都比较大,可以选用其安全间隙接近电极缩放尺寸的电参数。精加工选择的主要依据是最终的表面粗糙度值要求,选用多组电参数,依次按放电能量从大到小进行摇动加工,达到表面粗糙度值和加工尺寸的要求。

影响模具电火花加工质量的主要因素

模具的加工质量主要包括加工精度和电蚀表面的质量。由于电火花加工过程中的输入、输出参数多且较为复杂,影响模具加工精度的工艺因素涉及有机床本身的制造精度、工件的装夹精度、电极的制造及装夹精度、电极损耗、放电间隙及加工斜度等诸多方面,其中以电极损耗和放电间隙影响较大。

1. 电极损耗对加工精度的影响

在模具电火花加工过程中,脉冲放电会使工具电极受电腐蚀而发生损耗,因而了解和掌握电极损耗规律,进而采取多种措施以尽量减少工具电极的损耗,可保证模具具有更高的加工精度。电极损耗常有两种不同的表现形式。加工模具型腔时,采用电极的体积损耗率来衡量电极的损耗情况,其表达

式为

$$C_v = (V_E/V_W) \times 100\%$$

式中, C_v 为电极的体积损耗率; V_E 为电极的体积损耗速度; V_W 为工件的体积蚀除速度。

而在加工穿孔时,则一般采用长度损耗来衡量电极的损耗情况,表达式为

$$C_L = h_E/h_W$$

式中, C_L 为工具电极的长度损耗率; h_E 为电极的长度方向上的损耗尺寸; h_W 为工件已加工的深度尺寸。

电火花加工时,工具电极的不同部位其损耗情况也是不同的,通常其尖角、棱边等凸起部位的电场强度高,易形成尖端放电,所以其损耗比平坦部位要快,不均匀的损耗必然导致加工精度的下降。同时电极的损耗还受电极材料的热学物理常数影响。电极材料的熔点、沸点、比热容、熔化与气化潜热越高,导热系数越大,其耐腐蚀性越好,传热能力越强,因而能降低电极的损耗。

2. 放电间隙对加工精度的影响

电火花加工模具时,工具电极与工件之间发生脉冲放电需要保持一定的放电间隙,使加工出的工件型孔尺寸与电极尺寸相比,沿加工轮廓上要相差一个放电间隙。若不考虑电蚀产物引发的二次放电和电极进给时机械误差的影响,放电间隙则常用经验公式表示

$$\delta = K_8 \cdot t_i^{0.3} \cdot I_p^{0.3}$$

式中, δ 为放电间隙; t_i 为脉冲宽度; I_p 为放电峰值电流; K_8 为与电极、工件材料有关的系数。

放电间隙主要决定加工稳定性,一般增大脉冲放电间隙时间可提高加工稳定性。而提高峰值电流将使生产率提高,但电极损耗将加大。表面变质层加深,粗糙度值变大,因而对一般电火花成形机床选 $I_p = 2 \sim 4 \text{ A/cm}^2$, 对数控电火花成形机床 $I_p < 10 \text{ A/cm}^2$ 。

要使放电间隙保持稳定,必需使脉冲电源的电参数保持稳定,此外还应使机床精度和刚度也保持稳定,同时特别注意电蚀产物引起的二次放电对放电间隙的影响。其加工精度与放电间隙的大小是否稳定和均匀有关,间隙越稳定,加工精度越高,一般放电间隙误差应控制在 0.05δ 的范围内。

3. 对加工表面粗糙度的影响

模具型腔表面经电火花加工后, 会存在大量的由脉冲放电时所形成的重叠排列的凹坑, 在一定的加工条件下, 加工表面粗糙度的经验公式可表达为

$$R_a = K_{Ra} \cdot t_i^{0.3} \cdot I_c^{0.4}$$

式中, R_a 为实测的表面粗糙度评定参数; K_{Ra} 为系数; t_i 为脉冲宽度; I_c 为峰值电流。

电蚀表面的粗糙度评定参数 R_a 随脉冲宽度和电流峰值增大而增大。在一定加工条件时, 脉冲宽度和电流峰值增大会使单个脉冲能量增大, 使电蚀凹坑的断面尺寸增大, 因此表面粗糙度值主要取决于单个脉冲能量的大小。要减少 R_a , 则必须减少单个脉冲的能量。

4. 表面变化层对模具表面质量的影响

模具经电火花加工后的表面将产生包括凝固层和热影响层的表面变化层。凝固层是工件表层材料在脉冲放电的瞬时高温作用下发生熔化而未能抛出, 在脉冲放电结束后迅速冷却、凝固而保留下来的金属层, 该层金属晶粒非常细小, 有较强的抗腐蚀能力。

热影响层位于凝固层与工件基体材料之间, 由于受放电点传来的高温影响, 使材料金相组织发生变化。在加工过程中由于所选用的电参数, 冷却条件及工件材料原来的热处理状况不同, 变化层的硬度变化情况就会不一样。

表面变化层的厚度与工件材料及脉冲电源的电参数有关, 随脉冲能量的增大而增厚, 凝固层硬度通常较高。因此, 电火花加工后的模具表面耐磨性比普通机械加工要好。

典型案例

图1所示是某电器盖的注塑模, 模具材料为ASSAB 718HH, 加工方法主要是采用电火花加工, 加工后在模具

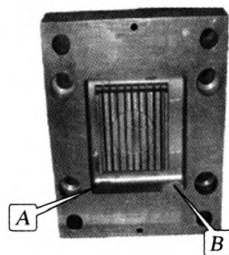


图 1

A、B处分别出现了凹坑, 类似于材料“砂眼”, 在50倍放大下在凹坑截面底部明显发现厚厚的电火花加工产生的白层和热影响区, 并伴有大量裂纹, 其现象如图2所示。

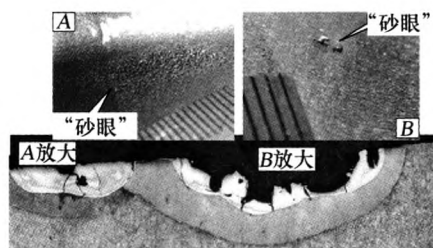


图 2

产生此种现象的主要原因: 在电火花加工过程中电介质(一般为煤油)可能不清洁, 没有及时更换; 或者放电时产生的杂质没有被有效冲刷, 排屑不畅造成此处杂质、金属细屑积聚、放电所致。解决措施: 在加工过程中应使用足够大的机械和离子交换过滤装置来过滤、及时定期地更换电介质、保持良好地冲刷状态, 能有效防止该现象的产生。

图3所示是某产品包装盒的模具, 模具材料为ASSAB S-136 ESR, 加工方法主要是采用电火花加工, 模具在使用一定周期后发生断裂。对断裂处通过500倍放大, 如图4所示, 产生的主要原因是在裂纹源拐角处表面电火花加工产生的微裂纹和白层没有完全去除, 应力集中效应造成扩展, 直至断裂。

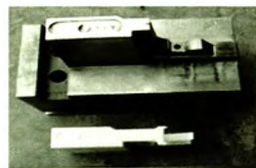


图 3

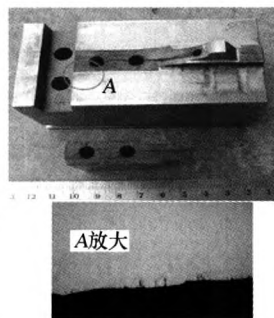


图 4

综述以上原因, 在电火花加工过程中造成表面上缺陷的大小程度, 对模具寿命的影响非常大, 电火花加工表面越粗糙, 产生的白层越厚, 并且还有微裂纹存在, 模具的寿命就越低。为了有效控制电火花加工带来的负面影响, 电火花加工过程中要采用多次放电加工, 在最后阶段采用低电流高频率放电, 在电火花加工完成后及时回火去应力, 再用油石打磨尽量去除白层。

结语

在模具工业技术快速发展的新形势下, 电火花加工技术已取得了突破性的进展, 相信在今后的模具加工中其也必将发挥重要作用。MW

(收稿日期: 20121217)