

电火花加工技术问答

苏州电加工机床研究所 编
《电火花加工技术问答》编写组

前 言

以钛为基，加入适量的其它合金元素所组成的合金叫钛合金。它的比强度优于钢材，耐热性比铝镁合金好，还具有很好的抗腐蚀性能。钛的熔点为 1690°C ，同素异构转变点为 882°C 。在转变点以下，具有密排六方点阵（称 α 相），在转变点以上具有体心立方点阵（称 β 相）。钛合金按其组织结构分为 α 型、 $\alpha+\beta$ 型， β 型三种类型；按其半成品生产工艺分为变形钛合金，铸造钛合金，粉末冶金钛合金三类。在我国生产的钛合金牌号是按组织分类的，如TA代表 α 型，TB代表 β 型，TC代表 $\alpha+\beta$ 型。

我国钛的资源十分丰富，钛工业开始于五十年代后期，钛合金在航空工业中获得日益广泛的应用。主要用于制造飞机的隔框，桁条、翼梁，支承架以及高速飞机的蒙皮等，在发动机上则用于制造压气机盘和叶片等零件。据估计航空发动机的用钛量将稳定在10~15%之间。

钛合金的切削加工性能是介于难切削的耐高温镍基合金和易加工的铝合金之间的，因此随着电解加工技术的不断发展，加工形状复杂及薄壁易变形的钛合金零件，已显示出它的生命力。

钛合金电解加工的基本原理及工艺规律虽然和一般合金的电解加工有其共性之处，但也有它的特殊性。例如，钛是自钝化金属，表面易形成钝化膜使加工困难，表面易形成点蚀以及对氢的敏感性及各种电解液的加工特性等。

本书吸取了国内外钛合金电解加工的研究成果和应用技

目 次

一、基本原理与工艺特性	1
1. 什么是电火花加工?	1
2. 利用电腐蚀现象进行电火花加工应具备什么条件?	1
3. 怎样认识电火花加工的物理过程?	3
4. 电火花加工工艺有那些特点?	4
5. 电火花加工目前的应用范围怎样?	5
6. 粗、精规范电火花加工在机理上各有什么特点?	6
7. 怎样用示波器来观察电火花加工的不正常状态?	7
8. 电火花加工对工作液介质有那些要求? 常用的工作液有那几种?	8
9. 电火花加工对工具电极材料有那些要求? 通常选用那些电极材料?	9
10. 什么叫极性效应?	9
11. 实际加工中怎样选择极性?	10
12. 电火花加工有那些基本矛盾?	11
13. 目前电火花加工工艺指标的水平如何?	13
14. 什么叫工具电极的相对损耗? 它们是怎样测定的?	13
15. 工具电极低损耗加工有那些主要特征?	14
16. 硬质合金能否实现低损耗加工?	15
17. 金刚石和磁性材料可以用电火花加工吗?	16
18. 电火花加工生产率与那些因素有关? 如何提高加工生产率?	17
19. 多回路加工技术有什么特点?	17
20. 电火花加工面积与加工生产率的关系怎样?	19
21. 加工深度对加工生产率有什么影响?	20
22. 如何衡量电火花加工稳定性的好坏?	20
23. 电火花加工的表面质量是指那些方面? 有什么特点?	21
24. $\nabla 6$ 的电火花加工表面可当 $\nabla 7$ 使用吗? 如何评定电火花加工表面光洁度?	23

IV

25. 电火花加工冲裁模有那些方法?	23
26. 电火花加工冲模时,为什么要用铸铁或钢做电极材料?	24
27. 能用钢凸模直接加工凹模吗?	25
28. 铸铁电极上有砂眼能用吗?	25
29. 采取什么措施可以提高闸流管电源“钢打钢”的加工稳定性、 生产率和降低电极损耗?	26
30. 提高电子管电源“钢打钢”加工稳定性需采取什么措施?	28
31. 用晶体管电源实现“钢打钢”加工的措施是什么?	29
32. 遇到小间隙模具如何加工?	30
33. 大间隙模具如何加工?	31
34. 采用电火花穿孔加工硬质合金冲模时如何避免裂纹?	31
35. 怎样实现多回路加工? 它的电极是怎样装配的?	32
36. 级进模怎样进行电火花加工?	34
37. 大小电极组装在一起穿孔加工时,火花间隙是一样的吗?	34
38. 影响加工稳定性的因素是什么? 如何提高加工稳定性?	35
39. 电火花加工冲模型孔时,为什么要从模板反面开始?	37
40. 粉末冶金用深型腔模具如何用电火花加工?	37
41. 穿孔加工用的电极尺寸怎样设计?	38
42. 如何用化学腐蚀(酸洗)方法制造阶梯电极?	40
43. 反拷贝加工法是怎样进行的?	42
44. 加工余量留多少比较恰当?	43
45. 什么情况下用冲、抽油方式? 多大的压力比较合适?	44
46. 电火花加工中为什么会产生“放炮”?对加工带来什么影响?	45
47. 滑柱式冲模加工是怎样实现的?	45
48. 工作液集中供给系统的效果如何?	46
49. 利用精密坐标电火花成型机床加工坐标小孔时,电极如何加工?	47
50. 怎样解决直径小于1毫米精密盲孔电火花加工时的排屑问题?	49

三、型腔加工方法.....50

51. 型腔模电火花加工有那些工艺特点?	50
52. 型腔模电火花加工有那几种工艺方法?	50
53. 型腔模电火花加工用的电源有那几种? 各有什么特点? 适用 范围如何?	51
54. 普通穿孔机床加工型腔模时要作那些改进?	52
55. 平动头的用途如何? 有什么特点? 对它有什么要求?	53
56. 平动头有那几种? 各有什么特点?	55

57. 如何解决多电极加工中电极的重复定位问题? 重复定位夹具 有那几种形式?	53
58. 怎样设计单电极——平动头电火花加工型腔模的电极?	60
59. 应怎样开型腔加工用排气孔和冲油孔?	64
60. 石墨电极机械振动成型加工是怎么回事?	65
61. 铜电极怎样采用电铸法制造?	66
62. 型腔加工时, 电极的校正有那些常用方法?	67
63. 模块和电极定位有那些方法?	68
64. 单电极穿孔——平动加工中规范如何选择和转换?	70
65. 型腔底部的花纹和文字怎样用电火花加工?	71
66. 型腔加工后, 模型表面的“波纹”是怎样产生的? 能够克服吗?	73
67. 如何提高型腔加工的稳定性?	74
68. 闸流管电源能够加工型腔模吗?	75
69. 为什么晶体管电源采用石墨电极加工容易产生电弧烧伤? 怎 样改善这种情况?	76
70. 什么叫“适应控制”电源? 有何特点和作用?	76
71. 电火花加工后型腔表面有什么高效的精加工方法?	77
72. 电解抛光是怎样进行的? 电解液的成分、处理及工艺过程如何?	80
四、其他电火花加工	83
73. 小孔的电火花磨削有那些特点?	83
74. 电火花磨削小孔有几种方式和装备? 其应用范围如何?	84
75. 细长孔怎样进行电火花磨削?	85
76. 硬质合金能否用电火花加工方法加工出内螺纹?	87
77. 螺纹环规是怎样采用电火花加工的?	87
78. 小模数整体硬质合金滚刀是怎样采用电火花加工的?	88
79. 电火花齿轮跑合是怎么回事? 应用范围如何?	90
80. 电火花强化是怎么回事? 有那些用处?	91
81. 怎样使用电火花强化冲模? 效果如何?	91
82. 异形化纤纺丝板电火花加工有那几种方式? 各有什么特点?	93
83. 扁丝电极组合加工法是怎样加工出异形纺丝板的?	93
五、常见的故障处理	95
84. DYT2 液压主轴头开车时, 主轴只回升不进给是什么原因? 如何排除?	95
85. DYT2 液压主轴头开车时, 主轴只进给不回升是什么原因?	

VI

如何排除?	96
86. 液压主轴头开车后不久, 液压油从电—机械转换器壳体内泄出 是什么原因? 怎样排除?	96
87. 闸流管脉冲电源在加工中经常发生跳闸是什么原因? 有何解 决办法?	96
88. 晶体管脉冲电源主振级不起振怎么办?	99
六、电火花成型机床的安装与维护	102
89. 电火花机床安装环境与条件有什么特殊的要求?	102
90. 电火花成型机床安装后, 开车前应做好那些准备工作?	103
91. 电火花加工中怎样防止火灾的发生?	104
92. 电火花机床工作台是否一定要对床身绝缘?	105
93. 电火花加工中产生的烟气是什么成分?	106
94. 电火花加工产生的烟气对人体有无危害?	107
95. 针对烟气对人体的危害, 需要采取什么防护措施?	109

一、基本原理与工艺特性

1. 什么是电火花加工?

电火花加工是一种利用电极间脉冲放电所产生的电腐蚀现象进行加工的方法。人们早就发现,当断开电器开关时,会产生电火花,触点表面并有烧损的痕迹。电火花加工就是使这种有害的电腐蚀现象,在一定条件下用来为生产服务,即通过浸在工作液(电介质)中的工具电极和工件间的多次火花放电,有意识地增加工件的蚀除量,使工件达到一定精度要求的“尺寸加工”。

2. 利用电腐蚀现象进行电火花加工应具备什么条件?

利用电腐蚀现象进行电火花加工,必须解决以下问题:

(1) 必须在瞬间集中足以使金属产生局部熔化和气化的火花放电能量。

(2) 放电形式应是脉冲式的,且放电时间必须极短,使火花放电时的热源来不及由极微小的局部加工区大量失散到其他的非加工区。

(3) 每次火花放电后,电极间的工作液(电介质)必须来得及消电离,以保证脉冲放电不致形成稳定电弧。

(4) 必须把电火花加工过程中产生的金属微粒及介质分解的产物等及时地从电极间隙中排出去,否则加工将无法正常地持续进行。

因此,具备以上条件的电火花加工设备与传统的金属切削机床不同,主要由以下四大部分组成(图 1-1);

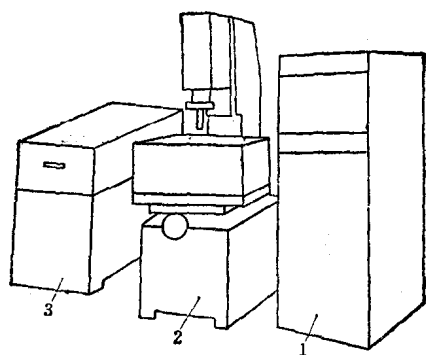


图 1-1 电火花加工机床的组成

1—脉冲电源 2—机床本体 3—工作液系统

(1) 脉冲电源 用以产生加在工件和工具电极上所需要的重复脉冲,使之产生火花放电。脉冲电源是电火花腐蚀的供能装置。一般脉冲电源的空载电压为 30~300 伏,脉宽为 0.1~2000 微秒,脉冲频率为 50~300000 赫,脉冲电流幅值为数百毫安~数百安培。

(2) 间隙自动调整装置 用以自动调整工具电极和工件的相对运动,即自动调整工具电极的进给速度,维持一定的放电间隙。一般放电间隙为数微米~数百微米。

(3) 机床本体 包括床身、立柱、主轴头、工作台。用以实现工件和工具电极的装夹、固定和调整其相对位置等机械系统。

(4) 工作液及其循环系统 其作用是压缩火花通道、消电离、冷却以及把电蚀产物等从电极间隙中排除出去,以实现重复脉冲放电的正常进行。

3. 怎样认识电火花加工的物理过程?

由于每次脉冲放电的作用时间和蚀除过程极短,放电间

隙又很小,其间产生电磁、热、流体动力等多种激烈变化过程,所以电火花腐蚀的机理相当复杂,人们至今对它尚未全面认识。虽有多种解释,但还都不完整,有待于进一步的研究和认识。

目前一般认为,电火花加工中每一个脉冲放电的物理过程,大致分为三个连续的阶段,即电离——击穿——形成火花放电通道;火花放电——热膨胀——蚀除工件和工具电极;电蚀产物抛出放电间隙——消电离。

进行火花放电的一对电极称之为电极对。电极对的微观表面是凹凸不平的。当脉冲电源电压加到电极两端时,离得最近的尖端处电场强度最高,其间的工作液绝缘介质一小部分最先被电离(图 1-2a),即分解成负电子和正离子而被击穿,形成火花通道。电流急剧增加,脉冲电压由空载电压降到工作电压。由于火花放电通道受到放电时磁场力和周围液体介质的压缩等作用,使火花放电通道的横断面极小,通道中电流密度很大(可达 $10^5 \sim 10^8$ 安/厘米²)。电子、离子在电场作用下高速运动时相互碰撞,在电极间隙火花通道区产生大量热量;同时,阳极表面受到电子流的高速冲击,阴极表面受到离子流的高速冲击,也产生大量热量。这样,间隙内沿火花通道区域形成一个瞬时的高温热源(可达 10000°C 左右),电极对极小区域的表面,就很快被加热到熔点、沸点直至气化,使局部金属材料熔化和气化(图 1-2b)。通道周围的工作液(一般为煤油之类的碳氢化合物)也瞬时受热而部分气化,部分热裂分解为碳粒和氢、低分子碳氢化合物等气体。这些熔化、气化和分解的过程非常短促,具有爆炸的特性。爆炸力把熔化和气化了金属抛离电极表面,从而形成坑穴状的蚀除痕迹。

事实上,电蚀产物的抛出过程也是比较复杂的。火花通

道周围所形成的气泡(包含金属蒸气、工作液蒸气和分解出的气体等)压力,随着脉冲放电延时而迅速增高(瞬时可达5~10大气压),并迅速向外扩张(图1-2c)。当脉冲电流终止时,热源虽已消失,但由于气泡外围扩张运动着的液体具有惯性,气泡体积继续增大,内部压力将大大降低,高压时溶解在液体金属中的气态电蚀产物又从小坑中分解出来,进而使一部分熔化了了的金属额外地被抛离电极表面(图1-2d)。

熔化和气化了了的金属在被抛离电极表面时,绝大部分在工作液中冷却并凝固成球状小颗粒外,还可能飞溅、粘附、覆盖在相对的电极表面上。

单个脉冲经过上述过程,完成了一次火花放电,而在工件表面留下一个带有凸边的十分微小的凹穴(图1-2e)。在经过一定的脉冲停歇时间后,放电间隙消电离,介质恢复初始的绝缘状态,为第二次脉冲火花放电准备了条件。无数次脉冲放电电蚀除量的积累,就使工件达到所需的加工要求。

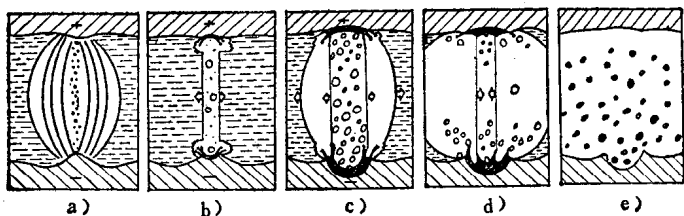


图1-2 电火花加工的物理过程示意图

4. 电火花加工工艺有那些特点?

电火花加工的原理决定了它具有以下主要特点:

(1) 脉冲放电产生的高温火花通道足以熔化和气化任何材料,所以能加工任何硬、脆、韧、软、高熔点的导电材料。此外,在具备一定条件时,也可以加工半导体和非导体材料。

(2) 加工时电极对所受的宏观作用力很小, 因此可不受或少受工件材质与几何形状的限制, 可以选用多种工具电极材料; 也有利于加工通常机械切削方法难于或无法加工的复杂形状工件和具有特殊工艺要求的工件, 例如薄壁、窄槽、曲线型孔等。

(3) 对整个工件来说, 可以少受或几乎不受热的影响, 故可减少热影响层, 提高加工后的表面质量; 也适于加工热敏感材料, 如硬质合金等。

(4) 脉冲参数可以任意调节, 在同一台机床上能连续进行粗、中、精加工; 由于工具电极和工件具有仿形加工(复制)的特性, 因而, 几乎具有多种金属切削机床的功能。

(5) 直接利用电能加工, 便于实现自动控制和自动化。

但是, 电火花加工的基本原理, 也带来了这种工艺存在一定的局限性。例如生产效率还较低; 工具电极也有损耗, 影响尺寸加工的精度等。这些需进一步研究提高。

5. 电火花加工目前的应用范围怎样?

在金属加工领域, 电火花加工已成为不可缺少的加工工艺之一, 其应用范围从表面强化、刻写、取出折断工具、加工落料模, 逐步发展到加工各种类型的型孔、型腔模具、喷油嘴小孔、喷丝板微细异形孔、标准人工缺陷刻划; 切割刀具、精密微细缝槽; 磨削平面、内外圆、成型样板; 加工内外螺纹、卡规、滚刀、螺纹环规等刃量具以及齿轮跑合、电子器件、阀体、叶轮等。

其加工工艺方法, 从简单的穿孔、旋转磨削, 逐步发展到穿孔—平动、线电极切割、共轭加工以及铲磨、啮合等各种工具电极和工件的相对运动方式。

其工艺装备亦随之发展, 从类似台钻的设备, 向大型、精

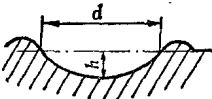
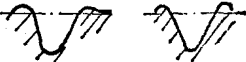
密、高效、专用、自动化方向发展。

与此同时,电火花加工的理论和技术也逐步完善起来,在中、精规准高效、低电极损耗加工方面,正酝酿着重大突破,这将会促进电火花加工工艺有一个新的发展。

6. 粗、精规准电火花加工在机理上各有什么特点?

对于不同的放电间隙物理状态,电火花加工的电腐蚀机理有所不同。例如粗、精规准加工具有两种不同的电蚀坑穴结构,如表 1-1 所示。

表 1-1 粗、精规准加工电蚀坑穴结构

加工规准		粗加工($\infty \sim \nabla 1$)	精加工($\nabla 6 \sim \nabla 7$)
坑穴剖视			
坑穴特征	深径比 $\frac{h}{d}$	$\ll 1$	≤ 1
	翻边	大	小
工艺特性	火花间隙	大	小
	生产率	高	低
	工具电极损耗	小	大

粗规准加工选用的脉冲电参数,一般为低电压、长脉宽、脉冲放电的能量大,可得到高生产率、低电极损耗等工艺指标。此时,放电通道的断面积较大,脉冲电流密度和单位热流反而较小,因而气化状态的蚀除金属总体积的百分比较小(表现为蒸气流的发光亮度较低,爆炸声低沉),蚀除金属的物态主要是熔化液态。工件表面的熔化区域随热源面积以冲击波的膨胀速度迅速扩大,而熔化深度随着液态和软化金属的抛

出以热传导速度相应扩大，最终形成比较平坦的蚀除坑穴。在坑穴周围形成较大“翻边”的现象，表明熔化金属在从坑穴处抛出过程中，有相当一部分没有被抛离热源所迅速扩大的面积范围，当脉冲电流停止后，抛出的熔化金属随着坑穴直径继续增大，在其周围又恢复呈固态金属。具有翻边的电极对表面，对第二次脉冲放电起了“引导”作用，使重复脉冲火花放电往往具有连续移动的特征。

精规准加工选用的脉冲电参数，一般为较高电压、较窄脉冲、较小脉冲放电能量，可得到较高加工光洁度的表面质量、较低生产率、较大电极损耗等工艺指标。此时，放电通道断面面积较小，脉冲电流密度和单位热流反而较大（表现为蒸汽流的发光亮度高，爆炸声清脆），蚀除金属的物态主要是气化，能量消耗较大。气化的金属从坑穴处抛出过程中，大部分远离开开始时等于放电通道与电极对接触面积的热源，因而坑穴直径很小相应扩大，而液化和软化的金属又较少，最终形成深径比较大、“翻边”小的蚀除坑穴，重复脉冲放电的分散性也较大。

7. 怎样用示波器来观察电火花加工的不正常状态？

由示波器观察，脉冲放电的电压波形有以下几种不正常的放电现象（见图 1-3）：

（1）短路现象 这时电极间隙电压接近零电压，电极间隙电阻值接近零，电流很大。

产生短路现象的主要原因，有放电间隙自动调节系统失调，使工具电极与工件相短接，或电蚀产物在放电间隙中“搭桥”。

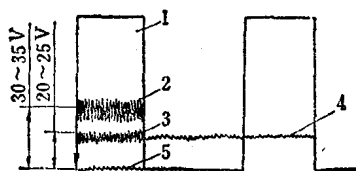


图 1-3 不正常放电时的脉冲电压波形

1—空载 2—火花放电 3—脉冲电弧 4—直流电弧放电 5—短路

短路状态如能及时消除,一般对加工没有什么危害。如多次或较长时间地重复出现,将会损坏脉冲电源、电极和工件,严重地影响电火花加工的正常进行。

(2) 电弧放电现象 这时放电间隙的电压低于火花放电电压值,一般要低5伏左右,约为20~25伏。电弧放电形式有以下三种,它们都不能正常蚀除工件。

1) 连续电弧放电。这时由于脉冲电源开关元件失控,输出直流。

2) 低阻抗脉冲电弧放电。这时脉冲放电能量较火花放电大,放电通道相对稳定,放电区域的电极对烧伤,油类工作液介质热分解、结焦,使加工不能正常进行。

3) 高阻抗脉冲电弧放电。这时脉冲放电能量较火花放电小,往往使电极对烧糊一片,如能及时消除,对加工还不致造成严重危害。

一般分析,电弧放电现象产生的原因有:

脉冲放电击穿间隙(过小)与脉冲能量所能维持的火花放电通道不相适应;

由短路或接触状态开始的脉冲放电;

在气态工作介质中脉冲放电;

在电蚀产物构成“桥”的条件下脉冲放电。

8. 电火花加工对工作液介质有那些要求? 常用的工作液有那几种?

工作液介质是电火花加工必不可少的条件之一,它对脉冲火花放电、能量传递和分布、蚀除等过程都有直接的影响,因而必然会影响电火花加工的各项工艺指标。

电火花加工对工作液的基本要求是有良好的工艺性,化学性能稳定,使用可靠和安全。应根据实际加工的不同要求,

兼顾工作液介质的电特性(如绝缘强度、离化性能等)、物理特性(如热传导、比热、燃点、沸点、动粘度等)和化学特性(如化学稳定性、对人的毒性和过敏性等)。

为此,不是所有液体介质都可用于电火花加工。通常选用的有油类(如煤油、锭子油或它们的混合油等)、水质类(如去离子水、蒸馏水、皂化油水溶液)等。除了合理选用现有各种液体介质外,还应研制新的工作液,以促进电火花加工工艺的发展。

9. 电火花加工对工具电极材料有那些要求? 通常选用那些电极材料?

工具电极也是电火花加工必不可少的条件之一。作为工具电极材料,应满足以下基本要求:

(1) 具有良好的电火花加工工艺性能。因此要求导电性好、熔点高、沸点高、导热性好、机械强度高。

(2) 制造工艺性好,易于保证精度和表面质量。

(3) 价格便宜,来源丰富。

可见,不是任何导电材料都可被用作工具电极,而应根据实际加工工件材料和几何形状、应用的工艺方法和脉冲电源参数等,来合理选用电极材料。

通常选用的工具电极材料有铜、铜合金、石墨、黄铜、铸铁、钢以及铜钨合金、碳化钨、银钨合金等。除合理选用外,应研制专用的工具电极材料,以促进电火花加工工艺的发展。

10. 什么叫极性效应?

在脉冲火花放电过程中,电极对即使是用同一材料,也总是其中一个电极的蚀除量比另一个多些,这种现象称为极性效应。

产生极性效应的原因,在于脉冲火花放电过程中传递和

分布到电极对上的能量不相同。就电子对阳极的轰击和正离子对阴极的轰击来说,当脉冲放电持续时间较短时(如脉宽小于 30 微秒),电子比正离子容易加速轰击阳极,传递到阳极上的能量就可能较大,这样,阳极的蚀除量就比阴极更多;而当脉冲持续时间较长时(如脉宽大于 100 微秒),质量和惯性较大的正离子也获得加速去轰击阴极,这时,传递和分布到阴极的能量就可能较大,阴极的蚀除量就比阳极更多。

不同材料的电极对,其极性效应更明显,而其机理也较复杂。

就提高加工生产率和减少电极损耗来说,当然希望极性效应愈显著愈好。习惯上把阳极蚀除量多于阴极的,称作正极性加工;反之,称负极性加工。

11. 实际加工中怎样选择极性?

当电极对的材料选定之后,是不是它们加工时的极性也就确定了呢?

当然不是。因为极性效应不仅与电极对材料有关,而且与材料的不均匀性、放电时的各种脉冲参数与波形、工作液等因素有关。随着这些因素的变化,如果想从理论上确定加工极性是极困难的。其次,使工具电极损耗小,也并非选择加工极性的唯一标准,还应当兼顾加工生产率和加工稳定性等。

因此,在实际加工中选择极性,最好通过试验后再确定。

在现有工艺和装备条件下,如采用紫铜和石墨电极,在粗加工(宽脉冲)时采用负极性,此时电极损耗小;精加工(窄脉冲)时则采用正极性,这时加工稳定性较好。如果采用钢或铸铁作工具电极时,则粗、中、精规准加工都用负极性,否则损耗就增大。

12. 电火花加工有那些基本矛盾?

从工艺观点出发, 电火花加工过程可以归结为以下三个基本矛盾:

(1) 工具电极损耗与工件成形精度之间的矛盾。这一矛盾在电火花立体仿形加工中比较突出。例如型腔加工、螺纹加工等。为了保证工件的成形精度, 人们从减少工具电极损耗和采用补偿办法来解决这一基本矛盾。目前, 工具电极的低损耗, 已在粗、中规准加工方面取得了实际成果。各种补偿工具电极损耗的方法也已得到实际应用。如采用更换工具电极, 在穿孔加工时用电极未消耗部分来精修; 采用平动仿形加工来减少工具电极损耗的不均匀程度, 以及采用线电极切割加工等。

(2) 加工生产率和加工表面质量之间的矛盾。分析认为, 电火花加工生产率与脉冲放电能量成比例, 而加工表面光洁度与脉冲放电能量的 n 次方成反比例(如 RC 弛张式脉冲电源, $n \approx 3$)。可见, 随着加工光洁度的提高, 加工生产率会显著降低。这样, 要提高精加工时的生产率是比较困难的。为了解决这一基本矛盾, 一方面应从脉冲火花放电的理论研究入手, 提高脉冲火花放电能量的有效利用, 把握脉冲火花放电通道在时间上和空间上的变化规律; 另一方面, 从电火花加工工艺方法方面来缓和这一矛盾。例如多回路加工技术已经得到实际应用。

(3) 电蚀产物的产生与排除之间的矛盾。在一定的工艺条件下, 电蚀产物的产生速度和它们从电极间隙排除的速度达到平衡, 使矛盾得到暂时的相对的统一, 才能维持正常稳定的电火花加工。这种相对的平衡, 目前还处在较低的加工工艺指标水平, 还会产生不正常的加工状态——空载、短