

机电工程系列丛书

电火花及线切割加工

有问必答300例

主编 郭永丰 白基成 张学仁

主审 刘晋春



哈尔滨工业大学出版社

机电工程系列丛书

电火花及线切割加工有问必答 300 例

主编 郭永丰 白基成 张学仁
主审 刘晋春

哈尔滨工业大学出版社

内 容 简 介

本书针对电火花成形加工和高速走丝数控电火花线切割加工中普遍存在的技术问题,以问答的体裁进行了较全面的论述。内容包括电火花穿孔、成形加工和高速走丝数控电火花线切割的原理、工艺规律、机床及其精度检验、维修要点、工夹具、脉冲电源、数控编程、放电状态检测、工作液、安全技术等多方面。理论联系实际,由浅入深,通俗易懂。

本书可以作为电火花和数控线切割工程技术人员以及操作、维护技术工人的自学或培训教材,对从事机械制造、模具加工的工程技术人员和高校机械制造专业的师生也有参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

电火花及线切割加工有问必答 300 例/郭永丰,白基成,
张学仁主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2008.9
ISBN 978 - 7 - 5603 - 2746 - 4

I . 电… II . ①郭…②白…③张… III . 电火花线切割 -
问答 IV . TG484 - 44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 134809 号

责任编辑 黄菊英
封面设计 卞秉利
出版发行 哈尔滨工业大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006
传 真 0451 - 86414749
网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>
印 刷 肇东粮食印刷厂
开 本 787mm × 1092mm 1/16 印张 20 字数 482 千字
版 次 2008 年 9 月第 1 版 2008 年 9 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978 - 7 - 5603 - 2746 - 4
印 数 1 ~ 4 000 册
定 价 38.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

前 言

电火花加工及数控电火花切割加工是现代先进制造技术中的新工艺和新技术,在航天、航空等国防工业和汽车、模具等民用工业中获得广泛的应用,并发挥着无可替代的重要作用。我国电火花加工机床和数控电火花线切割机床的拥有量居于世界首位;同时,相关的工程技术人员和操作工人的数量也居于世界之首。这支庞大的技术队伍水平的提高,对提高我国电加工技术水平和充分发挥其在国防及民用工业中的作用,加快我国由制造大国向制造强国的过渡进程具有重要意义。因此,巩固和提高现有电火花加工及数控电火花线切割加工工程技术人员和操作、维护工人的水平是一项非常重要和迫切的任务。

但是电火花加工及数控电火花切割加工技术是机电一体化、多种学科交叉的技术,要在短期内深入掌握它有一定的难度。为此,中国机械工程学会特种加工分会委托其下设的教育培训和编辑工件委员会,组织编写出版《电火花及线切割加工有问必答 300 例》一书。本书采用“问”与“答”的通俗体裁的目的是便于有关工程技人及操作、维护工人通过自学和培训,能迅速提高自己的技术水平。

本书分两编,第 1 编为电火花成形加工方面的问答 140 例;第 2 编为数控电火花线切割加工方面的问答 160 例,主要介绍电火花成形加工和高速走丝数控电火花线切割加工中的诸多问题及答案。低速走丝数控电火花线切割机床的应用 300 问,请参阅哈尔滨工业大学出版社 2008 年出版的《低速走丝数控电火花线切割机床的应用》一书。为了保持每一问答内容的完整性,有些内容交叉的问答题在文字叙述上可能稍有重复。

本书第 1 编由郭永丰教授和白基成教授主编,参加编写工作的有郭永丰、白基成、杨晓冬、李立青、胡富强、迟关心、宋博岩。第 2 编由张学仁教授主编,参加编写工作的有张学仁、王笑香、曾昭阳、邢晓会。全书由中国机械工程学会电加工分会前理事长刘晋春教授主审。

由于时间较紧,内容牵涉面又较广,书中定有不妥之处,敬请广大读者提出宝贵意见和建议。

主编及主审的联系电话和电子邮箱:

郭永丰:0451-86418084,13936492073;guoyf@hit.edu.cn

白基成:0451-86402636,13339516098;jichengbai@hit.edu.cn

张学仁:0451-86416886;zxz3102@hit.edu.cn

刘晋春:0451-86413854,13945013834;liu111@hit.edu.cn

编 者

2008 年 8 月

目 录

第1编 电火花成形加工

第1章 电火花加工的基本原理和机理

- 问1 什么是电火花加工? 电火花加工是怎样被发明的? 要实现电火花加工需具备什么条件? 1
- 问2 电火花加工的微观过程即机理是怎样的? 1
- 问3 什么是电火花加工时的极性效应? 实际加工中如何合理选择极性? 4
- 问4 电火花加工有哪些常用的符合国家标准和我国特种加工学会规定的术语和符号? 5

第2章 电火花加工工艺

一、共性工艺技术

- 问1 电火花加工工艺有哪些类型? 11
- 问2 电火花加工及其工艺有何特点和优缺点? 12
- 问3 目前电火花加工的应用范围如何? 12
- 问4 电火花加工的主要工艺指标有哪些? 目前电火花加工的工艺指标水平如何? ...
..... 13
- 问5 电火花加工的生产率即加工速度与哪些因素有关? 如何提高其加工生产率? ...
..... 13
- 问6 电火花加工的表面质量包括哪两方面? 电火花加工的表面粗糙度与哪些因素有关? 如何达到较好的表面粗糙度? 13
- 问7 如何减小电火花加工后的表面变质层和防止产生表面微裂纹? 14
- 问8 什么是电火花加工中的工艺曲线图表? 它有什么用途? 15
- 问9 负极性、铜加工钢时, 工件表面粗糙度与脉冲宽度和峰值电流的关系曲线是怎样的? 即脉冲宽度和峰值电流对表面粗糙度有什么影响? 16
- 问10 负极性、铜加工钢时, 工件单边侧面放电间隙的大小与脉冲宽度和峰值电流的关系曲线是怎样的? 即脉宽和峰值电流对单边侧面放电间隙大小有何影响?
..... 16
- 问11 负极性、铜加工钢时, 工件蚀除速度与脉冲宽度和峰值电流的关系曲线是怎样的? 即脉宽和峰值电流对工件蚀除速度有何影响? 17
- 问12 负极性、铜加工钢时, 电极损耗率与脉冲宽度和峰值电流的关系曲线是怎样的? 即脉宽和峰值电流对电极损耗率有何影响? 18
- 问13 负极性、石墨加工钢时, 上述四组电火花加工工艺曲线图表是怎样的? 即脉宽和峰值电流对加工表面粗糙度、侧面单边放电间隙、工件蚀除速度和电极损耗率分别有何影响? 19

问 14	正极性、石墨加工钢时,上述四组电火花加工工艺曲线图表是怎样的?	22
问 15	正极性、银钨合金加工硬质合金时,上述四组电火花加工工艺曲线图表是怎样的?	24
问 16	如何具体利用这类电火花加工工艺曲线图表来优化选择较好的电火花加工规范?	26
问 17	电火花加工面积与加工生产率的关系怎样?	27
问 18	电火花加工深度与加工生产率有何关系?	27
问 19	硬质合金能否实现高效低耗的电火花加工? 如何避免产生裂纹?	27
问 20	聚晶金刚石如何用电火花加工? 磁性材料是否能用电火花加工?	28
问 21	影响电火花加工稳定性的因素是什么? 如何提高加工稳定性?	30
问 22	电弧放电和电火花放电有何区别? 电弧放电有何危害?	31

二、电火花穿孔加工

问 1	如何用电火花加工方法去除折断在工件中的钻头和丝锥?	32
问 2	冷冲模电火花加工的基本方法有哪些?	33
问 3	怎样用滑柱式模架电火花加工冲压模具?	33
问 4	如何用电火花加工简单的方孔冲裁模? 请举一实例!	34
问 5	如何用电火花加工电机转子冲孔落料模? 请举一实例!	35
问 6	钟表齿轮精密冷冲模如何用电火花加工? 请举一实例!	36
问 7	如何进行超声-电火花复合加工小孔?	37
问 8	$\phi 0.3 \sim 3 \text{ mm}$ 的小深孔如何用电火花加工? 高速电火花加工小深孔的基本原理是什么? 现有哪些型号的商品化机床可供选购?	39
问 9	如何节约高速电火花加工深小孔用的空心铜管? 如何扩大高速小孔加工机床的应用范围?	40
问 10	$\phi 0.1 \text{ mm}$ 以下的小孔和微细孔如何用电火花加工?	42
问 11	Y形、十字形等小异型孔如何用电火花加工? 有无现成的商品化机床可供选购?	43
问 12	小孔和细长孔如何电火花磨削加工?	43
问 13	电火花加工冲模时,为何有时可用铸铁或钢做电极材料?	45
问 14	能用钢凸模直接用电火花加工凹模吗?	45
问 15	用晶体管电源实现“钢打钢”加工的措施是什么?	46
问 16	小间隙模具如何用电火花加工?	47
问 17	大间隙模具如何用电火花加工?	47
问 18	级进模是怎样进行电火花加工的?	47
问 19	大小电极组装在一起穿孔加工时,它们的火花放电间隙是一样大小的吗? ...	48
问 20	电火花加工冲模型孔时,为什么要从模板反面开始向下加工?	48
问 21	粉末冶金用深型腔模具如何用电火花加工?	48
问 22	电火花穿孔加工用的电极尺寸怎样设计?	49
问 23	阶梯电极加工冲模有何好处? 如何用化学腐蚀(酸洗)方法制造阶梯电极?	49

问 24	电火花穿孔加工时加工余量留多少比较恰当?	51
问 25	电火花加工窄槽和深槽时如何提高效率?	51
问 26	如何利用小钢球和机床的接触感知功能对工具电极精密定位?	52
问 27	怎样解决直径小于 1 mm 精密盲孔电火花加工时的排屑问题?	53
三、电火花型腔加工		
问 1	型腔模电火花加工有哪些工艺特点? 有哪些工艺方法? 在型腔模加工中, 平动、摇动加工起什么作用?	53
问 2	选用、设计型腔模具加工用的工具电极有什么要点? 加工中应注意什么问题?	56
问 3	塑料叶轮注塑模如何用电火花加工?	58
问 4	平动头的用途如何? 有什么特点? 对它有哪些要求?	60
问 5	平动头有哪几种? 各有什么特点?	61
问 6	怎样设计单电极 - 平动头电火花加工型腔模的电极?	62
问 7	如何解决多电极加工中电极的重复定位问题? 重复定位夹具有哪几种形式?	65
问 8	应怎样开型腔加工用排气孔和冲油孔?	65
问 9	石墨电极机械振动成形加工是怎么回事?	65
问 10	电火花型腔加工用的铜电极如何采用电铸法制造?	67
问 11	电火花型腔加工时, 电极的校准和找正常用哪些方法?	67
问 12	电火花加工时模块和电极定位有哪些方法?	67
问 13	电火花电极穿孔、成形 - 平动加工时, 如何选择和转换规准?	68
问 14	型腔底部和侧壁上的花纹和文字怎样用电火花加工?	70
问 15	如何在淬火钢和硬质合金内孔中加工出螺孔?	70
问 16	电火花加工型腔模, 型腔表面的“波纹”是怎样产生的? 如何避免产生“波纹”?	71
问 17	如何提高型腔加工的稳定性?	71
问 18	为什么晶体管电源采用石墨电极加工容易产生电弧烧伤? 怎样避免这种情况?	72
问 19	电火花加工后型腔表面有什么高效的精整加工方法?	72
问 20	模具表面的电解抛光是怎样进行的? 电解液成分、浓度、处理及工艺过程如何?	73
问 21	如何用电火花加工纪念章、工艺美术品等浅花纹模?	75
问 22	汽车轮胎模能否用电火花加工? 其主要特点和基本要求如何?	76
问 23	能否用电火花加工的方法自行制造测量电火花加工用的表面粗糙度样板?	78
问 24	如何加工精密的对开模(拼合模)?	80
问 25	电火花加工型腔模具后, 除了前面问 19 以外, 还有什么方法可以进一步提高模具的表面质量和改善表面粗糙度?	81

四、电火花磨削加工工艺

问 1 深小孔、细长孔如何用电火花磨削? 有哪些设备?	82
问 2 硬质合金弹簧夹头的内孔及粉末冶金用的压模如何用电火花磨削加工?	83
问 3 低刚度的细长锥杆如何用电火花磨削加工?	83
问 4 螺纹环规是如何采用电火花磨削加工的?	84
问 5 小模数整体硬质合金滚刀是怎样采用电火花磨削加工的?	84
问 6 电火花共轭同步回转加工是怎么回事? 它可加工哪些零件?	85
问 7 精密凹凸球面是如何采用电火花磨削的? 目前有没有这样的电火花加工机床?	88
问 8 这种可调夹角的双轴回转电火花磨削机床还可以加工哪些零件?	89
问 9 如何用电火花修整导电的金刚石砂轮?	95
问 10 什么叫电火花铣削加工? 它有何特点? 有何用途?	95

五、微细、光整电火花加工工艺

问 1 如何用电火花加工精密的圆形及方形网孔?	96
问 2 如何用电火花加工极窄网丝(网丝 0.02 mm)的方形网孔(孔宽 0.12 mm 见方)?	97
问 3 如何在硬质合金上加工孔径 0.08 ~ 0.45 mm 的精密小深孔?	99
问 4 蜂窝结构、薄壁低刚度工件如何用电火花加工?	99
问 5 什么叫电火花混粉、光整、镜面加工? 它的效果和适用范围如何?	101
问 6 电火花加工时产生锥度等加工误差的原因和防止方法如何?	103

第 3 章 电火花加工机床

问 1 国产电火花机床有哪些型号规格? 其组成部分如何?	105
问 2 电火花机床安装环境与条件有什么要求?	107
问 3 电火花加工机床安装后,在整机调试前应做好哪些准备工作?	107
问 4 如何看懂电火花加工机床的说明书?	108
问 5 常用电火花加工机床的控制原理及其方框图是怎样的?	109
问 6 数控机床的测试、使用方法如何? 能否举一、二实例进行说明?	111
问 7 数控机床的精度包括哪些方面? 数控机床故障排除方法如何?	112
问 8 如何根据机床说明书,对各种电火花加工机床进行调整、试车和维修?	114
问 9 电火花成形加工机床有哪些一般性的常见故障?	115
问 10 电火花成形加工机床中伺服电动机主轴头有哪些常见的故障和原因?	116
问 11 电火花加工机床中常用的机床电器有哪些常见故障? 如何处理?	118
问 12 电火花成形机床的精度等级和技术指标是如何划分的?	121
问 13 常用电火花成形机床的几何精度如何进行检验?	123
问 14 数控电火花加工机床的数控精度如何检验?	126
问 15 电火花穿孔成形加工机床的工作精度(加工技术指标)如何检验?	128
问 16 日本近十年来有什么新的电火花成形机床?	130

第 4 章 电火花加工控制

问 1 电火花加工的单轴和多轴数控系统各有什么作用? 有哪些具体功能?	132
---	-----

问 2	什么是电火花数控摇动加工? 它的原理和作用如何?	136
问 3	如何在淬火钢和硬质合金内孔上用平动或数控摇动功能加工出内螺纹孔?	138
问 4	电火花加工过程中, 有哪些控制措施? 什么叫适应控制、自适应控制、模糊控制、人工神经元控制和智能化控制?	139
问 5	能否举一实例说明电火花成形加工机床的伺服进给自动控制和调节的原理? ...	144
第 5 章 电火花加工用的脉冲电源		
问 1	对电火花加工用的脉冲电源的基本要求是什么? 有哪些类型? 有什么派生的晶体管脉冲电源? 各类电源工件原理及适用范围如何?	151
问 2	多回路加工有什么特点? 用在什么场合? 它的电极是怎样装配的?	157
问 3	什么叫自选加工规准电源和智能化、自适应控制电源?	159
问 4	什么叫节能型电源? 它的主回路如何? 节能效果如何?	159
问 5	电火花加工用的脉冲电源有哪些常见故障? 原因如何? 怎样排除?	160
问 6	如何排除脉冲电源波形失常故障?	163
第 6 章 电火花加工放电状态检测和规准、参数测量技术		
问 1	怎样利用机床上的电压表和电流表以及用眼睛观察放电点上方油面来判断电火花加工是否正常或调节到较好的加工状态?	165
问 2	怎样用示波器来观察电火花加工的不正常状态?	165
问 3	能详细介绍示波器的基本知识和使用方法吗? 如何用示波器观察、分析加工状态, 选择最佳工作参数, 使之达到稳定加工?	166
问 4	如何测量电火花加工机床实际的脉宽、脉间、峰值电流等规准和参数?	173
第 7 章 电火花加工工具电极和工夹具		
问 1	什么是工具电极的相对损耗? 怎样实际测量?	174
问 2	电火花加工中如何实现工具电极低损耗?	174
问 3	电火花加工对工具电极材料有哪些要求? 如何根据工件材料和加工要求正确选用电极材料?	175
问 4	如何防止石墨电极在电火花加工时产生异常放电?	175
问 5	电火花加工时如何快速、精密地装夹工件和工具电极? 有什么先进的工夹具可采用?	176
第 8 章 电火花加工工作液		
问 1	电火花加工用的工作液介质起什么作用? 常用哪些类型和牌号的工作液?	181
问 2	电火花加工时如何正确选用冲油或抽油? 多大压力为好?	182
问 3	电火花加工中为什么会产生“放炮”? 给加工带来什么影响?	185
问 4	电火花加工中如何用水作工作液?	186
第 9 章 其他与电火花加工有关的问题		
问 1	电火花表面强化是怎么回事? 原理如何? 有何用途?	188
问 2	电火花齿轮对磨跑合是怎么回事? 应用范围和效果如何?	190

问3 电火花加工机床如何接地线? 电火花机床工作台是否一定要对床身绝缘?	191
问4 电火花加工中如何防止发生火灾?	191
问5 电火花加工时产生的烟气是什么成分? 对人体有无危害? 应采取什么防护措施?	191
问6 电火花加工中应如何加强安全、防火措施?	194
参考文献	197

第2编 数控电火花线切割加工

第1章 电火花线切割加工原理

一、走丝原理

问1 电火花线切割加工时,电极丝为什么要在其轴向作高速运动?	197
问2 什么叫“高速走丝线切割”,什么叫“低速走丝线切割”?	197
问3 近些年一些线切割机床的走丝电动机为什么要采用多速电动机?	197
问4 线切割机床所用电极丝的最大直径,受走丝机构哪个数据的限制?	197
问5 电极丝的排丝距 S 及走丝速度 $v_{\text{丝}}$ 是怎样计算出来的?	197
问6 上、下导轮在走丝系统中起什么作用?	198

二、电火花线切割加工的火花放电原理

问1 电火花线切割加工与电火花成形加工比较,有哪些相同?	198
问2 线切割加工与电火花成形加工比较,有哪些不同的特点?	198
问3 火花放电与电弧放电有什么不同?	199
问4 与电火花线切割有关的名词术语有哪些?	199

第2章 电火花线切割加工的工艺

一、工件装夹及穿丝孔

问1 线切割加工前装夹工件应满足哪些要求?	202
问2 工件装夹位置与程序走向有什么关系?	202
问3 线切割加工的穿丝孔有什么作用? 怎样确定穿丝孔的合理位置?	202
问4 穿丝孔如果加工斜了,自动找中心所找出孔的中心有多大误差?	203
问5 怎样提高穿丝孔的定位精度?	204
问6 线切割机床按什么原理在穿丝孔中进行自动找中心?	205
问7 线切割时怎样合理安排引入程序和切出程序?	205
问8 为什么线切割加工尖角时会产生“塌角”,有什么减小和避免“塌角”的方法?	206

二、工件变形和开裂

问1 能否列举一些工件变形和开裂的实例?	206
问2 工件变形和开裂的原因是什么,如何改善或避免?	207

三、电极丝材料

问1 电火花线切割常用的电极丝材料有哪几种?	208
问2 双向(高速)走丝电火花线切割常用电极丝材料的主要性能有哪些?	208

四、电参数对切割速度 v_{wi} (mm²/min) 及表面粗糙度 Ra 值的影响

- 问 1 线切割的脉冲宽度 t_i 对切割速度 v_{wi} 和表面粗糙度 Ra 值有什么影响? 208
- 问 2 线切割脉冲间隔 t_o 对切割速度 v_{wi} 和表面粗糙度 Ra 值有什么影响? 209
- 问 3 线切割脉冲电源的开路电压 $\hat{u}_i$ 对切割速度 v_{wi} 和表面粗糙度 Ra 值有什么影响? 209
- 问 4 线切割的短路峰值电流 $\hat{i}_s$ 对切割速度 v_{wi} 和表面粗糙度 Ra 值有什么影响? 209
- 问 5 线切割脉冲电源的电参数对切割速度、表面粗糙度的影响有什么规律? 210
- 问 6 线切割加工的工艺指标主要包括哪些内容? 210
- 问 7 怎样根据加工对象合理选择线切割加工的电参数? 211

五、变频

- 问 1 线切割加工中“变频”起什么作用? 211
- 问 2 线切割加工时怎样合理调整“变频”? 211

六、影响线切割加工质量的各种因素

- 问 1 哪些因素会引起线切割加工的加工质量变差,甚至引起工件报废呢? 214
- 问 2 应该从哪些方面来预防电火花线切割加工的质量变差或产生废品? 214

第 3 章 数控电火花线切割机床

一、数控电火花线切割机床的型号及主要技术参数

- 问 1 数控电火花线切割机床型号中的字母和数字各代表什么? 216
- 问 2 数控电火花线切割机床的主要参数有哪些? 国标规定了哪些参数? 216
- 问 3 能列举 DK 77 系列数控电火花线切割机床主要型号的技术参数吗? 216

二、储丝及走丝部件

- 问 1 对高速走丝线切割机床的走丝机构有什么要求? 217
- 问 2 高速走丝线切割机床的储丝机构由哪些主要零部件组成? 217
- 问 3 怎样调整储丝筒机构,使丝杠中心与螺母中心重合? 218
- 问 4 在高速走丝线切割机床上若行程开关失灵,或撞块位置设置不当,储丝筒冲向一端,造成丝杠和螺母完全脱离,怎样调整? 218
- 问 5 对高速走丝线切割机床的储丝筒有哪些要求? 218
- 问 6 在高速走丝线切割机床上走丝电动机和储丝筒之间的联轴器有哪几种? 219
- 问 7 高速走丝线切割机床走丝机构上、下拖板的导轨常用哪几种形式? 220
- 问 8 怎样调整线切割机床走丝机构的丝杠螺母间隙? 221

三、导轮及电极丝垂直度的调整

- 问 1 对高速走丝线切割机床的导轮组合件有哪些要求? 221
- 问 2 能列举高速走丝线切割机床上几种导轮组合件的结构图吗? 221
- 问 3 怎样装配、拆卸、重装及调整高速走丝线切割机床的导轮组合件? 222
- 问 4 能推荐一张用于高速走丝线切割机床上稳定性较好的双支承结构的导轮图样吗?

一般导轮是用什么材料制成的?	222
问 5 在高速走丝线切割机床上怎样可靠、高效地“上丝”?	224
问 6 在高速走丝线切割机床上怎样手动紧丝?	224
问 7 怎样调整高速走丝线切割机床上电极丝的垂直度?	225
问 8 怎样控制线切割机床上电极丝的张力? 保持器有什么用?	226

四、脉冲电源向电极丝通电的进电方式

问 1 高速走丝线切割机床怎样从储丝筒向电极丝进电?	227
问 2 高速走丝线切割机床上怎样从导轮进电? 怎样从导电块进电?	227
问 3 高速走丝线切割机床上的导电块是什么形状,一般用什么材料制造?	228

五、X、Y 坐标工作台

问 1 高速走丝线切割机床的 X、Y 坐标工作台起什么作用,由哪几部分组成?	228
问 2 X、Y 坐标工作台的拖板由哪几部分组成,各有何用?	229
问 3 X、Y 坐标工作台的导轨有什么作用,常见的有哪几种形式?	229
问 4 高速走丝线切割机床 X、Y 坐标工作台进给运动的脉冲当量是怎么计算出来的?	231
问 5 怎样调整丝杠和螺母的间隙?	232
问 6 高速走丝线切割机床的锥度线架有什么用? 是什么结构?	232
问 7 高速走丝线切割机床上的 U、V 锥度台起什么作用,是什么结构?	233
问 8 有锥度功能的高速走丝线切割机床,其 U、V 锥度台是怎样传动的?	234
问 9 怎样预先核算已有的高速走丝线切割机床,能不能切割某个已知工件厚度和锥度的工件?	234

第 4 章 数控电火花线切割机床的控制

一、插补及控制原理

问 1 数控线切割加工中什么叫插补,通常采用什么方法插补?	236
问 2 数控系统中逐点比较法怎样进行插补? 什么是三个工件节拍?	236
问 3 数控加工圆弧的插补原理包括哪些内容?	237
问 4 数控加工斜线的插补原理包括哪些内容?	239
问 5 能举一个例子说明加工斜线的插补运算过程吗?	240
问 6 能否举一个例子说明加工圆弧的插补运算过程?	241
问 7 能否用一个控制框图说明加工第 1 象限直线 L1 和圆弧 NR1 的加工控制过程?	242

二、线切割控制电路原理

问 1 能否列举一张典型高速走丝线切割机床的控制电路图?	243
问 2 作为高速走丝线切割机床控制机的主机,它的输入输出信号有哪几种?	245

问 3	高速走丝线切割机床控制机的控制信号 x_{a0} 、 x_{b0} 、 x_{c0} 、 y_{a0} 、 y_{b0} 、 y_{c0} 是怎样控制步进电动机转动的?	245
问 4	有程序和无程序时,高频控制信号 P_G 是怎样控制高频继电器 J_1 的?	245
问 5	电报机头走纸信号 P_j 是怎么使纸带移动的? 纸带上的信号是怎样变为 i_1 到 i_5 的高电平或低电平的(图 2.4.7)?	245
问 6	高速走丝线切割机床的变频取样电路怎样把工件和电极丝放电间隙的平均电压转变成变频取样电压 $E_{\text{取样}}$ (图 2.4.7 左上角)的?	246
问 7	线切割机床控制器中的变频电路有什么作用? 什么是自动变换? 什么是人工变频?	246
问 8	线切割控制器中自动变频怎样把变频取样电压 $E_{\text{取样}}$ 转换成负的变频脉冲 P_b 的?	246
问 9	线切割控制器中使用人工变频时电路的工作原理与自动变频有何不同?	247
问 10	怎样合理调节线切割控制器中的变频电位器 $WR1$?	247
问 11	线切割控制器中单脉冲有什么用,单脉冲有关电路是怎么工作的?	248
问 12	线切割控制器中短路回退电路是怎样工作的?	248
问 13	线切割控制器中自动找中心电路是怎么工作的?	248
问 14	高速走丝线切割机床中 X 轴步进电动机控制信号 x_{a0} 、 x_{b0} 、 x_{c0} 流通至步进电动机的 +24 V 电源,经过哪几个主要电路和元件?	249
问 15	高速走丝线切割机床中步进电动机通常有哪几种控制方式?	249
问 16	能说明步进电动机单三拍控制方式吗?	249
问 17	能说明六拍控制方式吗?	250
问 18	步进电动机双三拍控制方式的工件原理是怎样的?	250
问 19	怎样计算步进电动机的步距角?	251
问 20	图 2.4.7 中的微机控制器使用了哪三种电源? 其接地有何不同?	252
问 21	能否分析图 2.4.16(a)中交流 220 V 转换成直流 +5 V 和 +12 V 的电路图? +12 V 或 +5 V 电源有故障怎样检查?	252
问 22	能否分析图 2.4.16(b)中由交流 220 V 转换成 +24 V 的电路图? +24 V 的电源故障怎样检查?	253
问 23	怎样用万用表来测试步进电动机的控制信号 $x_{a0} \sim X_A$?	253
问 24	图 2.4.7 中控制高频电源的高频继电器控制信号 P'_G 有故障时,怎样检查?	254
问 25	如何检查图 2.4.7 中变频电路中 $E_{\text{取样}}$ 至变频的信号 P_b ?	254

第 5 章 电火花线切割脉冲电源

一、对脉冲电源的要求及脉冲电源的组成

问 1	对电火花线切割脉冲电源有哪些要求?	255
问 2	线切割脉冲电源主要由哪几个主要部分组成?	256

二、典型脉冲电源

- 问 1 能否举例分析采用 555 脉冲发生器和场效应功放管的高速走丝线切割脉冲电源? 257
- 问 2 能否举例分析一台用晶体振荡器作脉冲发生器,用场效应管作功放管的脉冲电源? 259
- 问 3 能否举例分析一台用单片机作脉冲发生器,用场效应管作功放管的脉冲电源? 262
- 问 4 能否列举脉冲电源常见故障及排障的思路? 263

三、脉冲电源工艺参数的选择及工艺参数数据库

- 问 1 能否介绍一种脉冲电源工艺参数选择的思路? 264
- 问 2 能否介绍一种脉冲电源工艺参数选择的基本规则? 265
- 问 3 能否介绍苏州三光科技有限公司的工艺参数数据库? 266

第 6 章 线切割机床电气部分

- 问 1 机床电气部分由哪几个主要部分组成? 268
- 问 2 机床总电源是怎么控制的? 270
- 问 3 图 2.6.1 中走丝电动机的启动和停止是怎么控制的? 270
- 问 4 图 2.6.1 中水泵电动机的启动和停止是怎样控制的? 270
- 问 5 图 2.6.1 中走丝电动机怎样改变旋转方向? 能分析可控硅走丝换向原理吗? 270
- 问 6 能分析上丝、紧丝电路吗? 271
- 问 7 能分析走丝电动机三相电源 KM2 触头脱开后,走丝电动机的能耗制动过程吗? 271
- 问 8 用变频器控制走丝电动机有什么优点? 271
- 问 9 能否分析用变频器控制走丝电动机的换向过程? 271
- 问 10 机床电器是怎样将工件和电极丝与脉冲电源接通的? 272

第 7 章 数控电火花线切割编程

一、线切割编程原理

- 问 1 什么叫编程? 线切割程序有哪几种? 273
- 问 2 什么是 3B 程序格式? 273
- 问 3 能否列举几个编直线和圆弧的 3B 程序实例? 275
- 问 4 什么是 4B 程序格式? 276
- 问 5 什么是 5B 程序格式? 276
- 问 6 什么是线切割编程用的 ISO 代码? ISO 代码采用什么程序格式,程序格式中的英文字母各表示什么意思? 276
- 问 7 能否举一个实例说明怎样用绝对坐标方式或用增量(相对)坐标方式进行编程? 277

二、间隙补偿量

- 问 1 什么是间隙补偿量 f , 怎样判定间隙补偿量 f 的正和负? 278
- 问 2 线切割编程时怎样计算凸模和凹模的间隙补偿量? 279
- 问 3 能否举一个手工编落料模的凹模和凸模程序的例子? 279

三、绘图式微机编程

- 问 1 什么叫绘图式线切割微机编程? 282
- 问 2 目前国内用得较多的绘图式线切割微机编程软件有哪几种? 282
- 问 3 能否举一个实例说明怎样用绘图式线切割微机编程方法编写 3B 程序和 ISO 代码? 282

第 8 章 高速走丝电火花线切割机床的多速走丝和多次切割

- 问 1 什么叫“中速走丝电火花线切割机床”? 285
- 问 2 怎样认识目前高速走丝电火花线切割机床的发展趋向? 285
- 问 3 在高速走丝电火花线切割机床上进行多次切割应解决哪些问题? 285
- 问 4 能否提供一些有关高速走丝线切割机床进行多次切割所获得的生产效率和加工质量的数据? 285
- 问 5 能否举例说明三次切割所用各种参数的例子? 286
- 问 6 多种走丝速度怎样与多次切割配合使用? 286
- 问 7 能举一个三次切割的编程实例吗? 286
- 问 8 多次切割加工时, 每次切割的加工参数能否自动调用? 289
- 问 9 能否举一个实例说明针对多次切割的需要, 如何来改进脉冲电源的思路? ... 291

第 9 章 高速走丝电火花线切割机床用的工作液

一、工作液概述

- 问 1 工作液在线切割加工中起什么作用? 常用的工作液分几种类型? 292

二、乳化液(油)

- 问 1 乳化液(油)的主要成分有哪些? 能介绍一种乳化液的配方吗? 292
- 问 2 怎样正确配制乳化液类工作液? 293
- 问 3 怎样正确使用乳化液类工作液? 乳化液(油)有哪几种? 293
- 问 4 各种工作液对线切割工艺指标有什么影响? 294
- 问 5 乳化液类工作液还存在什么缺点? 294

三、水基型线切割工作液

- 问 1 什么是水基型线切割工作液? 295
- 问 2 BM-2 水基型线切割工作液有什么特点? 怎样配制和使用? 使用时应注意哪些事项? 295
- 问 3 BM-2 水基型线切割工作液的产品质量达到国家标准了吗? 296
- 问 4 质量检测中心对 BM-2 水基型线切割工作液进行过切割速度(生产率) v_{wi} (mm^2/min)、表面粗糙度 Ra 值和钼丝损耗等内容的测试吗? 296

问 5	BM 水基型线切割工作液只有 BM-2 一种吗?	296
问 6	怎样使用宝玛清洗剂 BM-7 和宝玛模具防锈剂 BM-8?	296
四、水溶性线切割工作液		
问 1	什么叫水溶性线切割工作液?	297
问 2	DIC-206 水溶性线切割工作液是按什么思路进行研制的?	297
问 3	DIC-206 水溶性线切割工作液有什么特点?	297
问 4	怎样配制 DIC-206 水溶性线切割工作液? 怎样检测浓度?	298
问 5	怎样正确使用 DIC-206 水溶性线切割工作液? 需要注意什么?	298
问 6	DIC-206 水溶性线切割工作液经过质量监督检测吗? 有质量监督检测中心对 “DIC-206”的检测结果吗?	299
问 7	能对 DIC-206 水溶性线切割工作液与乳化型线切割工作液的综合性能 作对比吗?	300
五、工作液过滤装置和工作液喷嘴结构		
问 1	线切割机床的工作液系统由哪几部分组成?	300
问 2	能介绍一种工作液过滤装置吗?	301
问 3	怎样能使工作台中的工作液很顺畅地流入回水管而不外溢?	301
问 4	最简单的工作液喷嘴是什么形状,有什么缺点? 什么是环形喷嘴?	301
参考文献		302

第1编 电火花成形加工

第1章 电火花加工的基本原理和机理

问1 什么是电火花加工？电火花加工是怎样被发明的？要实现电火花加工需具备什么条件？

电火花加工是一种利用正、负电极间脉冲性放电所产生的电火花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,会产生电火花放电,开关的触点表面遭到火花放电的腐蚀,并有烧损的痕迹。人们研究这种有害现象的原因并设法防止它。研究表明:火花放电局部瞬时的高温,形成电极材料局部瞬时熔化、气化而被蚀除,前苏联科学院鲍·洛·拉扎连柯院士首先利用这一原理,变有害为有用,发明了电火花加工,研制出世界上第一台用电容器充放电的电火花加工装置。这是使这种有害的电腐蚀现象在一定条件下成为有用工艺的典范。图1.1.1是电火花加工机床原理示意图。

现在看来,要实现电火花加工需具备下列三个基本条件:

(1) 火花放电必须是脉冲性的,亦即通电一小段时间(称脉冲宽度),必须停歇一小段时间(称脉冲间歇),使火花放电的热量不致过多地传导、扩散到电极的其他地方。否则像电弧放电那样,只能用于切割下料或电焊,而不能作为尺寸加工。

(2) 火花放电时两电极(即工具和工件)间必须保持一个很小的距离(约 $0.01 \sim 0.1 \text{ mm}$)。过大,击不穿间隙,不能火花放电;过小,排屑不畅,并易短路。

(3) 火花放电必须在煤油或具有一定绝缘电阻的水基工作液中进行。一则冷却电极表面;二则使火花放电后的金属小屑易于在液体中冷凝成小球体悬浮、扩散出放电间隙;三则放电结束后使液体很快恢复绝缘,以备下次放电。

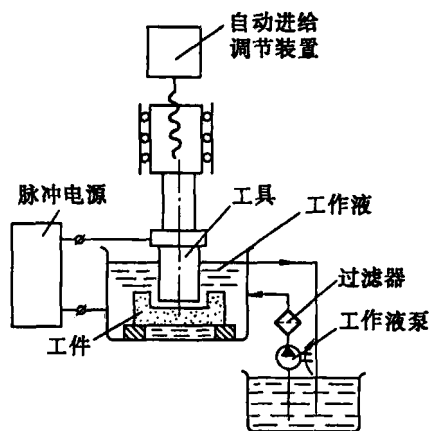


图 1.1.1 电火花加工机床原理示意图

问2 电火花加工的微观过程即机理是怎样的？

电火花加工的微观过程,是电场、磁场、流体动力、电化学和胶体化学等综合作用的过程。大致可分为四个有明显区别但又连续的阶段。

第一阶段:电极间介质的电离、击穿,形成放电通道。图1.1.2为矩形波脉冲放电时的电压和电流波形。当约 80 V 的脉冲电压加在工具电极与工件之间时(图1.1.2中 $0 \sim 1$ 段和 $1 \sim 2$ 段),两极之间立即形成一个电场。当阴极表面某处的电场强度增加到 10^5 V/mm 即 $100 \text{ V}/\mu\text{m}$ 左右时,就会产生场致电子发射,由阴极表面向阳极逸出电子。在电场作用下负电子在高速向阳极运动过程中撞击工作液介质中的分子或中性原子,产生碰撞电离,撞击、