

JIXIE

中等职业教育**机械类**系列教材

◎ 总主编 董代进 张仁英

特种加工技术 ——电火花加工

Tezhong Jiagong Jishu —— Dianhuohua Jiagong

◎ 主 编 雷林均

◎ 副主编 李 黎 陶 涛



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

中等职业学校数控技术应用专业教学用书

特种加工技术——电火花加工

主 编 雷林均
副主编 李 黎 陶 涛
编 者 张光铃 石有菊

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书为中等职业教育机械类系列教材之一,将理论教材与实作教材合二为一。以电火花线切割和电火花成型加工技术为重点,突出实际操作技术,配有丰富的实物图片,介绍了电火花加工在现代模具特种加工技术中的方法、特点和工艺。主要内容包括:电火花加工概述,线切割机床的组成及加工操作,线切割加工工艺,数控线切割编程,CAXA线切割,电火花成型加工操作与工艺以及电火花加工安全文明生产等内容。

本书是从事模具特种加工技能人才的培训教材,可供中职学校及社会培训学员使用,也可作为机械类其他专业选修教材和教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

特种加工技术:电火花加工/雷林均主编. —重庆:重庆大学出版社,2007.8

(中等职业教育机械类系列教材)

ISBN 978-7-5624-4220-2

I. 特… II. 雷… III. 电火花加工—专业学校—教材 IV. TG661

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第107873号

特种加工技术——电火花加工

主 编 雷林均

副主编 李 黎 陶 涛

责任编辑:曾显跃 何建云 版式设计:曾显跃

责任校对:文 鹏 责任印制:张 策

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(市场营销部)

全国新华书店经销
万州日报印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:8.5 字数:212千

2007年8月第1版 2007年8月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-4220-2 定价:13.50元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

序

当前,为配合社会经济的发展,职业教育越来越受到重视,加快高素质技术人才的培养已成为职业教育的重要任务。随着机械加工行业的快速发展,企业需要大批量的技术工人,机械类专业正逐步成为中等职业学校的主要专业,为培养出企业所需要的技术工人,大多数学校采用了“2+1”三年制教学模式。因此,编写适合中等职业学校新教学模式的特点,符合企业要求,深受师生欢迎,能为学生上岗就业奠定坚实基础的新教材,已成为职业学校教学改革的当务之急。为适应职业教育改革发展的需要,重庆大学出版社、重庆市教育科学研究院职成教所及重庆市中等职业学校机械类专业中心教研组,组织重庆市中等职业学校教学一线的“双师型”骨干教师,编写了该套知识与技能结合、教学与实践结合、突出实效、实际、实用特点的中等职业学校机械类专业的专业课系列教材。

在编写的过程中,我们借鉴了澳大利亚、德国等国外先进的职业教育理念,广泛参考了各地中等职业学校的教学计划,征求了企业技术人员的意见,并邀请了行业和学校的有关专家,多次对书稿进行评议和反复论证。为保证教材的编写质量,我们选聘的作者都是长期从事中等职业学校机械类专业教学工作的优秀的双师型教师,他们具有丰富的生产实践经验和扎实的理论基础,非常熟悉中等职业学校的教育教学规律,具有丰富的教材编写经验。我们希望通过这些工作和努力使教材能够做到:

第一,定位准确,目标明确。充分体现“以就业为导向,以能力为本位,以学生为宗旨”的精神,结合中等职业学校双证书和职业技能鉴定的需求,把中等职业学校的特点和行业的需要有机地结合起来,为学生的上岗就业奠定起坚实的基础。

中等职业学校的学制是三年,大多采用“2+1”模式。学生在校只有两年时间,学生到底能够学到多少知识与技能;学生上岗就业,到底应该需要哪些知识与技能;我们在编写过程中本着实事求是的原则,进行了反复论证和调研,并参照了国家职业资格认证标准,以中级工为基本依据,兼顾中职的特点,力求做到精简整合、科学合理地安排知识与技能的教学。

第二,理念先进,模式科学。利用澳大利亚专家来重庆开展项目合作的机会,我们学习了不少澳大利亚职业教育的先进理念和教学方法,同时也借鉴了德国等

其他国家先进的职教理念,汲取了普通基础教育新课程改革的精髓,摒弃了传统教材的编写方法,从实例出发,采用项目教学的编写模式,讲述学生上岗就业需要的知识与技能,以适应现代企业生产实际的需要。

第三,语言通俗,图文并茂。中等职业学校学生绝大多数是初中毕业生,由于种种原因,其文化知识基础相对较弱,并且中职学校机械类专业的设备、师资、教学等也各有特点。因此,在教材的编写模式、体例、风格和语言运用等方面,我们都充分考虑了这些因素。尽量使教材语言简明、图说丰富、直观易懂,以期老师用得顺手,学生看得明白,彻底摒弃大学教材缩编的痕迹。

第四,整体性强、衔接性好。中等职业学校的教学,需要全程设计,整体优化,各教材浑然一体、互相衔接,才能够满足师生的教学需要。为此,充分考虑了各教材在系列教材中的地位与作用以及它们的内在联系,克服了很多教材之间知识点简单重复,或者某些内容被遗漏的问题。

第五,注重实训,可操作性强。机械类专业学生的就业方向是一线的技术工人。本套教材充分体现了如何做、会操作、能做事的编写思想,力图以实作带理论,理论与实作一体化,在做的过程中,掌握知识与技能。

第六,强调安全,增强安全意识。充分体现机械类行业的“生产必须安全,安全才能生产”的特点,把安全意识和安全常识贯穿教材的始终。

本系列教材在编写过程中,得到重庆市教育科学研究院职成教所向才毅所长、徐光伦教研员,重庆市各相关职业学校的大力支持与帮助,在此表示衷心地感谢。同时,在系列教材的编写过程中,澳大利亚专家给了我们不少的帮助和支持,在此表示衷心地感谢。

我们期望本系列教材的出版,能对我国中等职业学校机械类专业的教学工作有所促进,并能得到各位职业教育专家与广大师生的批评指正,便于我们能逐步调整、补充、完善本系列教材,使之更加符合中等职业学校机械类专业的教学实际。

中等职业教育机械类系列教材
编委会

前 言

本书根据企业对操作型技术工人的需求,结合中等职业学校学生的特点,参考中级技工应达到的水平进行编写。内容的组织和取舍,力求适应中职学校教学需要,从生产实际出发,注重实用。以操作方法和加工工艺为重点,以培养生产一线技术应用型人才为目标。书中介绍尽可能简明,通俗易懂,示例尽可能具有代表性和可移植性。

全书采用项目式编写,分解成课题进行介绍或操作指导。项目一“电火花加工概述”介绍电火花加工的原理、特点和应用;项目二“电火花线切割机床与操作”详细介绍电火花线切割的基本操作和加工工艺;项目三“数控线切割编程”介绍线切割 3B 格式程序指令,线切割 G 代码格式程序指令, CAXA 线切割软件的使用;项目四“电火花成型加工”介绍电火花成型加工工艺,电火花成型机床的基本操作。

根据中等职业学校机械类的教学要求,本课程教学约需 51 学时。课时分配,可参考下表:

内容	项目一	项目二	项目三	项目四
课时	5	22	10	14

本书由雷林均、陶涛、张光铃、石有菊、李黎共同编写,由雷林均担任主编,李黎、陶涛担任副主编。在编写过程中得到了重庆市龙门浩职业中学、重庆市渝北职业教育中心相关老师的大力支持,在此表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,时间仓促,难免错误或不妥之处,恳切希望广大读者批评指正。

编 者
2007 年 6 月

目 录

项目一 电火花加工概述	1
任务一 电火花加工原理及特点	1
课题一 电火花加工原理	1
课题二 电火花加工的特点	2
课题三 脉冲电源	4
任务二 电火花加工的应用	6
课题一 电火花加工工艺类型	6
课题二 电火花加工的应用	7
项目二 电火花线切割机床与操作	10
任务一 认识电火花线切割机床	10
课题一 认识电火花线切割加工技术	10
课题二 电火花线切割机床组成	12
任务二 运丝机构及上丝操作	13
课题一 认识走丝机构、丝架及导轮	13
课题二 电极丝的操作	16
任务三 工件的装夹	20
课题一 认识坐标工作台	20
课题二 学习装夹工件	21
课题三 找正工件	24
任务四 认识工作液及其循环系统	25
课题一 工作液循环系统	25
课题二 工作液的配制及使用	27
任务五 校丝与对丝操作	28
课题一 校丝	28
课题二 对丝	29
任务六 线切割加工工艺	31
课题一 切割速度及其影响因素	31
课题二 电参数对加工的影响	33
课题三 电极丝对加工的影响	34
课题四 选择工艺线路	35
任务七 电气控制系统	36
课题一 电气控制开关	36

课题二 电气连接	37
任务八 安全文明生产	39
任务九 线切割加工	41
课题一 线切割加工的应用	41
课题二 HF 线切割软件加工界面	44
课题三 加工实例	45
课题四 常见问题及处理	47
项目三 数控线切割编程	49
任务一 3B 格式程序	49
课题一 3B 代码程序格式	49
课题二 3B 代码编程	51
课题三 3B 代码程序示例	52
任务二 ISO G 代码程序	53
课题一 ISO 程序格式	53
课题二 常用指令	54
课题三 程序示例	56
任务三 CAXA 线切割	57
课题一 认识 CAXA 线切割软件	57
课题二 CAXA 线切割绘图实践	60
课题三 加工轨迹生成与仿真	70
课题四 加工程序生成与传输	76
项目四 电火花成型加工	81
任务一 电火花成型加工设备	81
课题一 电火花成型加工机床主体	81
课题二 电火花成型加工其他部件	83
任务二 电火花加工工艺	86
课题一 电火花加工中的异常放电及预防	86
课题二 表面变质层的影响及措施	87
课题三 电蚀产物的危害及排除	88
课题四 电极损耗的原因及改善措施	90
课题五 电极材料与工作液	91
课题六 电火花加工工艺指标	94
课题七 选择加工规准	96
任务三 电火花成形机床操作	101
课题一 电火花加工操作流程	101
课题二 数控电火花机床的手动操作	101
课题三 数控电火花机床的屏幕操作	103
课题四 电火花加工的控制器的操作	111

课题五 电极装夹与定位·····	115
任务四 电火花加工的安全文明生产·····	119
课题一 加工安全检查·····	119
课题二 电火花机床加工的安全规程·····	120
参考文献·····	123

项目一 电火花加工概述

项目内容

- ①电火花加工的原理。
- ②电火花加工的应用。

项目目的

了解电火花技术原理、特点和应用。

项目实施

任务一 电火花加工原理及特点

随着模具制造技术的发展和模具新材料的出现,对于模具工作零件,除采用切削方式进行加工外,还常用一些特殊的加工方法,如电火花加工、电解加工、超声波加工、化学加工、冷挤压、超塑成型、铸造、激光快速成型等方法,特别是电火花加工应用十分广泛。

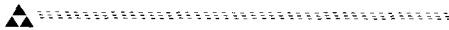
课题一 电火花加工原理

一、电火花加工的基本原理

电火花加工又称放电加工,也有称为电脉冲加工的,它是一种直接利用热能和电能进行加工的工艺。电火花加工与金属切削加工的原理完全不同,在加工过程中,工具和工件不接触,而是靠工具和工件之间的脉冲性火花放电,产生局部、瞬时的高温把金属材料逐步蚀除掉。由于放电过程可见到火花,所以称为电火花加工。

根据电火花加工工艺的不同,电火花加工又可分为电火花线切割加工、电火花穿孔成形加工、电火花磨削和镗磨、电火花同步共轭回转加工、电火花高速小孔加工、电火花表面强化和刻字等。

电火花加工的原理如图 1.1 所示。工件与工具电极分别连接到脉冲电源的两个不同极性的电极上。当两电极间加上脉冲电压后,当工件和电极间保持适当的间隙时,就会把工件与工具电极之间的工作液介质击穿,形成放电通道。放电通道中产生瞬时高温,使工件表面材料熔化甚至气化,同时也使工作液介质气化,在放电间隙处迅速热膨胀并产生爆炸,工件表面一小部分材料被蚀除抛出,形成微小的电蚀坑。脉冲放电结束后,经过一段时间间隔,使工作液恢复绝缘。脉冲电压反复作用在工件和工具电极上,上述过程不断重复进行,工件材料就逐渐被蚀除掉。伺服系统不断地调整工具电极与工件的相对位置,自动进给,保证脉冲放电正常进



行,直到加工出所需要的零件。

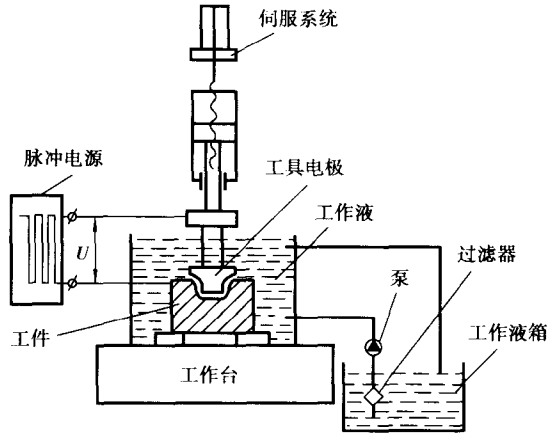


图 1.1 电火花加工的原理示意图

二、电火花加工的条件

进行电火花加工,应在一定的条件下进行:

①在脉冲放电点必须有足够大的能量密度,能使金属局部熔化和气化,并在放电爆炸力的作用下,把熔化的金属抛出来。为了使能量集中,放电过程通常在液体介质中进行。

②工具电极和工件被加工表面之间要保持一定的放电间隙。这一间隙随加工条件而定,通常为几微米至几百微米。如果间隙过大,极间电压不能击穿极间介质。因此,在电火花加工过程中必须具有自动进给装置来维持放电间隙。

③放电形式应该是脉冲的,放电时间要很短,一般为 $10^{-7} \sim 10^{-3}$ s。这样才能使放电所产生的热量来不及传导扩散到其余部分,将每次放电点分布在很小的范围内,否则像持续电弧放电,产生大量热量,只是金属表面熔化、烧伤,而达不到加工目的。

④必须把加工过程中所产生的电蚀产物和余热及时地从加工间隙中排除出去,保证加工能正常地持续进行。

⑤在相邻两次脉冲放电的间隔时间内,电极间的介质必须能及时消除电离,避免在同一点上持续放电而形成集中的稳定电弧。

⑥电火花放电加工必须在具有一定绝缘性能的液体介质(工作液)中进行。电火花加工工艺类型不同,选用的工作液也不同。

课题二 电火花加工的特点

一、电火花加工的优势

电火花加工不用机械能量,不靠切削力去除金属,而是直接利用电能和热能来去除金属。电火花加工已成为常规切削、磨削加工的重要补充,相对于机械切削加工而言,电火花加工具有以下一些特点:

①适合于用传统机械加工方法难以加工的材料加工,表现出“以柔克刚”的特点。因为材料的去除是靠放电热蚀作用实现的,材料的加工性主要取决于材料的热学性质,如熔点、比热容、导热系数(热导率)等,几乎与其硬度、韧性等力学性能无关。工具电极材料不必比工件

硬,所以电极制造相对比较容易。

②可加工特殊及复杂形状的零件。由于电极和工件之间没有相对切削运动,不存在机械加工时的切削力,因此适宜于低刚度工件和细微加工。由于脉冲放电时间短,材料加工表面受热影响范围比较小,所以适宜于热敏性材料的加工。此外,由于可以简单地将工具电极的形状复制到工件上,因此特别适用于薄壁、低刚性、弹性、微细及复杂形状表面的加工,如复杂的型腔模具的加工。

③可实现加工过程自动化。加工过程中的电参数较机械量易于实现数字控制、自适应控制、智能化控制,能方便地进行粗、半精、精加工各工序,简化工艺过程。在设置好加工参数后,加工过程中无须进行人工干涉。

④可以改进结构设计,改善结构的工艺性。采用电火花加工后可以将拼镶、焊接结构改为整体结构,既大大提高了工件的可靠性,又大大减少了工件的体积和质量,还可以缩短模具加工周期。

⑤可以改变零件的工艺路线。由于电火花加工不受材料硬度影响,所以可以在淬火后进行加工,这样可以避免淬火过程中产生的热处理变形。如在压铸模或锻压模制造中,可以将模具淬火到大于 56HRC 的硬度。

二、电火花加工的局限性

电火花加工有其独特的优势,但同时电火花加工也有一定的局限性,具体表现在以下几个方面:

①主要用于金属材料的加工。不能加工塑料、陶瓷等绝缘的非导电材料。但近年来的研究表明,在一定条件下也可加工半导体和聚晶金刚石等非导体超硬材料。

②加工效率比较低。一般情况下,单位加工电流的加工速度不超过 $20 \text{ mm}^3 / (\text{A} \cdot \text{min})$ 。相对于机加工来说,电火花加工的材料去除率是比较低的。因此经常采用机加工切削去除大部分余量,然后再进行电火花加工。此外,加工速度和表面质量存在着突出的矛盾,即精加工时加工速度很低,粗加工时常受到表面质量的限制。

③加工精度受限制。电火花加工中存在电极损耗,由于电火花加工靠电、热来蚀除金属,电极也会遭受损耗,而且电极损耗多集中在尖角或底面,影响成形精度。虽然最近的机床产品在粗加工时已能将电极的相对损耗比降至 1% 以下,精加工时能降至 0.1%,甚至更小,但精加工时的电极低损耗问题仍需深入研究。

④加工表面有变质层甚至微裂纹。由于电火花加工时在加工表面产生瞬时的高热量,因此会产生热应力变形,从而造成加工零件表面产生变质层。

⑤最小角部半径的限制。通常情况下,电火花加工得到的最小角部半径略大于加工放电间隙,一般为 $0.02 \sim 0.03 \text{ mm}$,若电极有损耗或采用平动头加工,角部半径还要增大,而不可能做到真正的完全直角。

⑥外部加工条件的限制。电火花加工时放电部位必须在工作液中,否则将引起异常放电,这给观察加工状态带来麻烦,工件的大小也受到影响。

⑦加工表面的“光泽”问题。加工表面是由很多个脉冲放电小坑组成。一般精加工后的表面,也没有机械加工后的那种“光泽”,需经抛光后才能发“光”。

⑧加工技术问题。电火花加工是一项技术性较强的工作,掌握的好坏是加工能否成功的

关键,尤其是自动化程度低的设备,工艺方法的选取、电规准的选择、电极的装夹与定位、加工状态的监控、加工余量的确定与操作人员的技术水平有很大关系。因此,在电火花加工中经验的积累是至关重要的。

课题三 脉冲电源

一、认识脉冲电源

脉冲电源,又称高频电源,其作用是把普通 220 V 或 380 V、50 Hz 交流电转换为具有一定输出功率的高频单向脉冲电,提供电火花加工所需要的放电能量来蚀除金属。脉冲电源是电火花加工机床的重要组成部分。它是影响电火花加工工艺指标最关键的设备之一,它的性能对电火花加工的生产效率、表面质量、加工过程的稳定性,及工具电极的损耗等技术指标有很大的影响。

脉冲电源输出的两端分别与工具电极和工件连接。在加工过程中向间隙不断输出脉冲,当工具电极和工件间隙达到一定距离时,工作液被击穿而形成脉冲火花放电,工件材料在反复的放电中被蚀除。电极向工件(或工件向电极)不断进给,使工件被加工至要求形状。

脉冲电源主要由脉冲发生器、前置放大器、功率放大器、直流电源及各相关调节电路组成,其原理如图 1.2 所示。

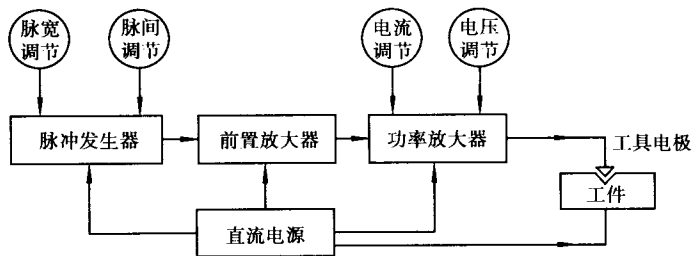


图 1.2 脉冲电源基本组成框图

二、电火花加工对脉冲电源的要求

各种电火花加工设备,其脉冲电源的工作原理相似,但是由于加工条件和加工要求的不同,又各有各的特点。一般情况下,对脉冲电源有以下要求:

- ①能输出一系列稳定可靠的脉冲,有较强的抗干扰能力。
- ②脉冲能量达到加工要求。
- ③脉冲波形,脉冲电压幅值、脉冲电流峰值、脉宽和脉间要满足加工要求。
- ④脉冲参数(如脉宽、脉间等)易于调节,且调节范围满足加工要求。

三、脉冲电源的类型

1. 按主要部件分类

(1) 阻容式脉冲电源

它的原理是利用电阻、电容、电感的充放电,把直流电转换为一系列脉冲。它是电火花加工中最早采用的一种电源。其特点是结构简单,使用和维护方便,但电源功率不大,电规准受放电间隙情况的影响很大,电极损耗也较大。这种电源常用于电火花磨削、小孔加工以及型孔的中、精规准加工。

(2) 电子管和闸流管电源

以电子管和闸流管作开关元件,把直流电源逆变为一系列高压脉冲,以脉冲变压器耦合输出放电间隙。这种电源大多用于穿孔加工,是目前电火花穿孔加工中使用最普遍的脉冲电源。这种电源的电参数与加工间隙情况无关,因此又称为独立式脉冲电源。常用的有单管、双管和四管。

(3) 晶体管和晶闸管脉冲电源

这两种脉冲电源是目前使用最为广泛的脉冲电源,它们都能输出各种不同的脉宽、峰值电流、脉冲停歇时间的脉冲波,能较好地满足各种工艺条件,尤其适用于型腔电火花加工。

(4) 智能化自适应控制电源

由于计算机、集成电路技术的发展,可以把不同材料、粗、中、精不同的电加工参数、规准的数据存入集成芯片内或数据库。操作人员只要“输入”工具电极、工件材料和表面粗糙度等加工条件,计算机根据加工条件和状态的变化,自动选择最佳电规准参数进行加工,达到生产效率最高,最佳稳定放电状态。目前高档的电加工机床多采用微机数字化控制的智能化自适应脉冲电源。

2. 按脉冲波形分类

电火花加工脉冲电源,按放电脉冲波形,可分为方波(矩形波)、锯齿波、前阶梯波、梳状波、分组脉冲波等电源,如图 1.3 所示。

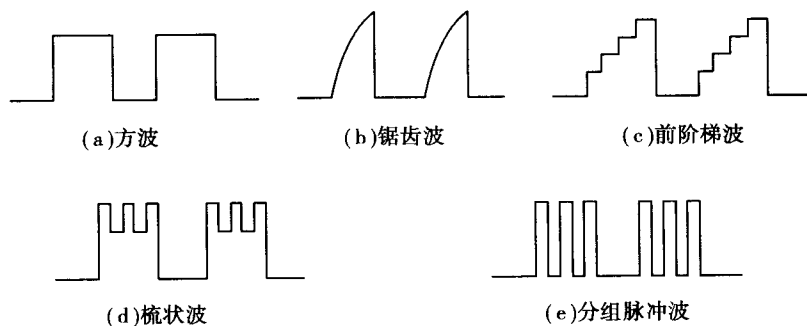


图 1.3 脉冲电源电压波形

(1) 晶体管方波脉冲电源

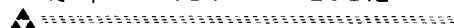
晶体管方波(图 1.3(a))脉冲电源是目前普遍使用的一种电源。这种电源电路的特点是:脉冲电源和脉冲频率可调,制作简单,成本低,但只能用于一般精度和一般表面粗糙度加工。

(2) 锯齿波电源

锯齿波形如图 1.3(b)所示,脉冲波形前沿幅度缓变,可以降低加工表面粗糙度,但加工效率不高。锯齿波电源俗称电极丝的低损耗电源。由于其电路比较简单,成本低,故应用比较广泛。

(3) 前阶梯波电源

前阶梯波电源可以在放电间隙输出阶梯状上升的电流脉冲波形,如图 1.3(c)所示。这种波形可以有效减少电流变化率。一般是由多路起始时间顺序延时的方波在放电间隙叠加组合而成。它有利于减少电极丝损耗,延长电极丝使用寿命,还可以降低加工表面粗糙度,俗称电



极丝低损耗电源,但是加工效率低,用得不多。

(4) 梳状波电源

电压波形如图 1.3(d)所示,这种电源的性能比方波电源要好。由于带有下方波关不断的现象,容易形成电弧烧断电极丝和不稳定的现象,结构比方波复杂,而且成本高,应用范围有限。

(5) 分组脉冲电源

分组脉冲电源是线切割机床上使用效果比较好的电源,比较有发展前途。这种电源有分立元件式、集成电路式、数字式等几种,其波形如图 1.3(e)所示。每组高频短脉冲之间有一个稍长的停歇时间,在间隙内可充分消除电离,以保证加工的稳定性;同时高频短脉冲的频率可以提得很高,表面粗糙度与切割速度得到了较好的兼顾。

电火花加工工艺类型不同,对脉冲电源的要求也有所不同。目前广泛采用的电源是晶体管方波电源、晶体管控制的 RC 式电源和分组脉冲电源。

任务二 电火花加工的应用

课题一 电火花加工工艺类型

电火花加工按工具电极和工件相对运动的方式和用途不同,大致可分为电火花线切割加工、电火花穿孔成型加工、电火花磨削和镗磨、电火花同步共轭回转加工、电火花高速小孔加工、电火花表面强化和刻字 6 大类。前 5 类属电火花成型、尺寸加工,是用于改变工件形状或尺寸的加工方法;后者属表面加工方法,用于改善或改变零件表面性质。表 1.1 为各种电火花加工工艺类型的主要特点和应用。本书重点讲述电火花线切割加工、电火花成型加工。

表 1.1 电火花加工工艺类型的主要特点和应用

类别	工艺类型	特点	适用范围	备注
1	电火花线切割加工	①工具和工件在两个水平方向同时有相对伺服进给运动 ②工具电极为顺电极丝轴线垂直移动的线状电极	①切割各种冲模和具有直纹面的零件 ②下料、切割和窄缝加工	约占电火花机床总数的 60%,典型机床有 DK7725、DK7740 等数控电火花线切割机床
2	电火花穿孔成型加工	①工具和工件间只有一个相对的伺服进给运动 ②工具为成型电极,与被加工表面有相同的截面和相应的形状	①穿孔加工:加工各种冲模、挤压模、粉末冶金模、各种异形孔和微孔 ②型腔加工:加工各类型腔模和各种复杂的型腔工件	约占电火花机床总数的 30%,典型机床有 D7125、D7140 等电火花穿孔成型机床

续表

类别	工艺类型	特点	适用范围	备注
3	电火花磨削和镗磨	①工具和工件间有径向和轴向的进给运动 ②工具和工件有相对旋转运动	①加工高精度、表面粗糙值小的小孔,如拉丝模、微型轴承内环、钻套等 ②加工外圆、小模数滚刀等	约占电火花机床总数的3%,典型机床有D6310电火花小孔内圆磨床等
4	电火花同步共轭回转加工	①工具相对工件可作纵、横向往进给运动 ②成形工具和工件均作旋转运动,但二者角速度相等或成倍整数,相对应接近的放电点可有切向相对运动速度	以同步回转、展成回转、倍角速度回转等不同方式,加工各种复杂型面的零件,如高精度的异形齿轮、精密螺纹环规,高精度、高对称、表面粗糙值小的内、外回转体表面	小于电火花机床总数的1%,典型机床有JN-2、JN-8内外螺纹加工机床
5	电火花高速孔加工	①采用细管电极($\varphi > 0.3$ mm),管内冲入高压工作液 ②细管电极旋转 ③穿孔速度很高(30~60 mm/min)	①线切割预穿丝孔 ②深径比很大的小孔,如喷嘴等	约占电火花机床总数的2%,典型机床有D703A电火花高速小孔加工机床
6	电火花表面强化和刻字	①工具相对工件移动 ②工具在工件表面上振动,在空气中放火花	①模具刃口、刀具、量具刃口表面强化和镀膜 ②电火花刻字、打印机	约占电火花机床总数的1%~2%,典型设备有D9105电火花强化机等

课题二 电火花加工的应用

一、电火花成型加工的应用

由于电火花加工有其独特的优越性,再加上数控水平和工艺技术的不断提高,其应用领域日益扩大,已经覆盖到机械、宇航、航空、电子、核能、仪器、轻工等部门,用以解决各种难加工材料、复杂形状零件和有特殊要求的零件的制造,成为常规切削、磨削加工的重要补充和发展。模具制造是电火花成型加工应用最多的领域,而且非常典型。以下简单介绍电火花成型加工在模具制造中的主要应用:

1. 高硬度零件加工

对于某些要求硬度较高的模具,或者是硬度要求特别高的滑块、顶块等零件,在热处理后其表面硬度高达50HRC以上,采用机加工方式将很难加工这么高硬度的零件,采用电火花加工则可以不受材料硬度的影响。

2. 型腔尖角部位加工

如锻模、热固性和热塑性塑料模、压铸模、挤压模、橡皮模等各种模具的型腔常存在着一些

尖角部位,在常规切削加工中由于存在刀具半径而无法加工到位,使用电火花加工可以完全成型。

3. 模具上的筋加工

在压铸件或者塑料件上,常有各种窄长的加强筋或者散热片,这种筋在模具上表现为下凹的深而窄的槽,用机加工的方法很难将其加工成型,而使用电火花可以很便利地进行加工。

4. 深腔部位的加工

由于机加工时,没有足够长度的刀具,或者这种刀具没有足够的刚性,不能加工具有足够精度的零件,此时可以用电火花进行加工。

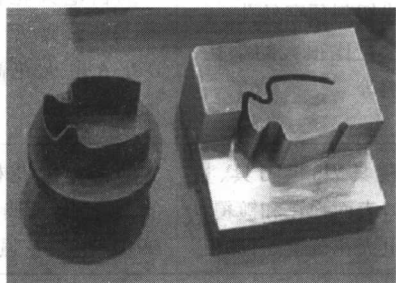
5. 小孔加工

对各种圆形小孔、异形孔的加工,如线切割的穿丝孔、喷丝板型孔等,以及长深比非常大的深孔,很难采用钻孔方法加工,而采用电火花或者专用的高速小孔加工机可以完成各种深度的小孔加工。

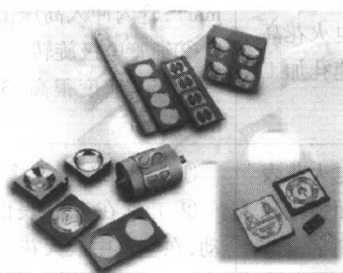
6. 表面处理

如刻制文字、花纹,对金属表面的渗碳和涂覆特殊材料的电火花强化等。另外通过选择合理加工参数,也可以直接用电火花加工出一定形状的表面蚀纹。

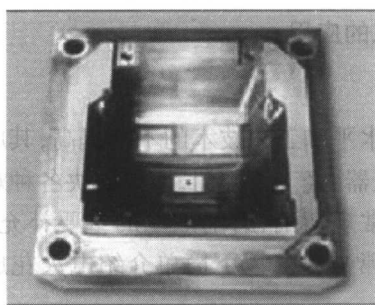
图 1.4 是用电火花成型加工出的一些零件。



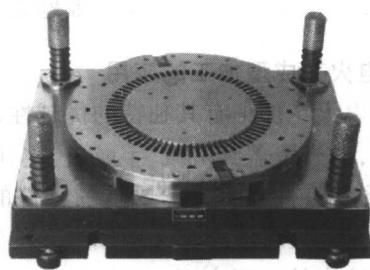
(a)窄缝深槽加工



(b)花纹、文字加工



(c)型腔加工



(d)冷冲模穿孔加工

图 1.4 电火花成型加工零件

二、电火花线切割加工的应用

电火花线切割加工与电火花成型加工不同的是,它是用细小的电极丝作为电极工具,可以用来加工复杂型面、微细结构或窄缝的零件。下面是其应用示例。