

机械设计制造及其自动化专业应用型本科系列规划教材

特种加工技术

TEZHONG JIAGONG JISHU

主 编 张世凭

副主编 唐先春 丁义超



重庆大学出版社

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

特种加工技术

主 编 张世凭
副主编 唐先春 丁义超

重庆大学出版社

内容提要

本书以特种加工技术的原理、基本规律、设备构成、加工特点为主线,主要包括电加工、快速成型以及激光、超声波加工等其他特种加工技术相关内容,比较系统全面地介绍了电火花成型加工和电火花线切割加工两种应用广泛和具有代表性的特种加工技术。在适当关注理论的同时,面向实践应用,注重对特种加工设备和工艺的分析、讲解,并在每一章后面附有练习题,有助于读者理解各种特种加工方法的加工原理和方法。

本书可作为高等院校工科相关专业的特种加工教材,供机械工程、材料成型与控制等专业学生选用,也可供从事特种加工生产方面的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

特种加工技术/张世凭主编. —重庆:重庆大学出版社,2014.8

机械设计制造及其自动化专业应用型本科系列教材

ISBN 978-7-5624-8559-9

I. ①特… II. ①张… III. ①特种加工—高等学校—教材 IV. ①TG66

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 199253 号

特种加工技术

主 编 张世凭

副主编 唐先春 丁义超

策划编辑:曾显跃

责任编辑:文 鹏 姜 凤 版式设计:曾显跃

责任校对:秦巴达 责任印制:赵 晨

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆升光电力印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:13 字数:324 千

2014 年 8 月第 1 版 2014 年 8 月第 1 次印刷

印数:1—2000

ISBN 978-7-5624-8559-9 定价:25.00 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

前言

1943年,苏联科学家拉扎连柯夫妇在研究开关触点遭受到火花放电腐蚀损坏的现象和原因时,发现电火花的瞬时高温可使局部的金属熔化、汽化而被蚀除掉,开创和发明了电火花加工方法。该方法摆脱了传统机械加工方法的束缚,以低于被加工材料硬度的电极丝作为工具,利用电能和热能来除去金属,从而获得了“以柔克刚”的效果。

近年来,随着特种加工技术飞速发展,以及在航空航天、军工、汽车、模具、冶金、机械、电子、轻纺、交通等领域得到广泛应用。特种加工技术已成为衡量一个国家先进制造技术水平和能力的重要标志。

本书本着“职业技术教育”的教学理念,将理论知识和实际应用相结合,对理论加以简化,侧重结合实例来介绍各种特种加工技术,有助于学生理解各种特种加工方法的加工原理,并使其开拓眼界,了解特种加工技术的前沿成果和发展趋势。

本书内容主要包括特种加工技术概述、电火花加工、电火花线切割加工、电化学加工、激光加工、超声波加工、电子束和离子束加工、快速成型加工、特殊复杂典型难加工零件的加工技术等特种加工方法的基本原理、设备、工艺规律、主要特点和应用范围。本书可作为普通高等专科院校机械工程及自动化专业和相关专业的教材,也可供从事精密加工、特种加工、微细加工等研究的工程技术人员参考。

本书由成都工业学院张世凭副教授任主编,成都工业学院唐先春高级工程师、丁义超副教授任副主编。全书共分9章,具体编写分工如下:第1章由张世凭编写,第2、3章由唐先春、张世凭、程明编写,第4章由吴维编写,第5章由丁义超编写,第6章由罗彬编写,第7章由江书勇编写,第8章由丁义超、尹红编写,第9章由连帅梅编写。本书由成都工业学院工程训练中心宋鸣副教授主审。

在编写过程中,作者大量参阅了国内外同行的有关资料,得到了许多特种加工专家和朋友的支 持与帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,编写时间短促,难以准确把握内容的繁简、深浅及取舍,缺点错误在所难免,恳请广大师生、读者批评指正。

编 者
2014 年 2 月

目 录

第 1 章 概 述	1
1.1 特种加工技术的产生和发展	1
1.2 特种加工技术的特点及分类	2
1.3 特种加工技术在制造业中的应用	4
第 2 章 电火花成型加工	6
2.1 电火花成型加工原理及特点	6
2.2 电火花成型加工机床的构成	9
2.3 电火花成型加工工艺	16
2.4 成型加工数控编程	27
2.5 电火花成型加工常见故障的诊断与排除	36
2.6 电火花小孔加工	37
复习思考题	39
第 3 章 电火花线切割加工	40
3.1 电火花线切割加工原理及特点	41
3.2 电火花线切割机床的构成	43
3.3 电火花线切割加工工艺	75
3.4 线切割数控编程	86
3.5 电火花线切割机床常见故障现象及处理	107
复习思考题	117
第 4 章 电化学加工	118
4.1 电化学加工理论基础	118
4.2 电解加工	122
4.3 电刷镀	125
4.4 电铸及电磨削	128
复习思考题	131

第5章 快速成型加工	132
5.1 快速成型的原理	132
5.2 快速成型工艺分类	133
5.3 快速成型加工的数据处理	138
5.4 快速成型加工的应用	139
复习思考题	140
第6章 激光加工	141
6.1 激光的基本原理	141
6.2 激光器系统	146
6.3 激光在工业中的应用	148
复习思考题	157
第7章 超声波加工	158
7.1 超声波加工基本原理及特点	158
7.2 超声波加工机床及组成	160
7.3 超声波机床加工工艺性分析	163
7.4 超声波加工的应用范围	165
复习思考题	166
第8章 电子束和离子束加工	167
8.1 电子束加工技术	167
8.2 离子束加工	172
复习思考题	174
第9章 特殊复杂典型难加工零件的特种加工技术	175
9.1 发动机燃油附件的特种加工	176
9.2 超硬材料工件的特种加工方法	179
9.3 微细工件特种加工的最新研究进展	184
9.4 整体叶轮的数控展成电解加工方法	190
9.5 低刚度细长轴零件加工	193
9.6 利用激光进行微小深孔的特种加工	197
复习思考题	200
参考文献	201

第 1 章

概述

1.1 特种加工技术的产生和发展

传统的机械加工技术是利用刀具比工件硬的特点,依靠机械能来去除工件毛坯表面多余材料,从而达到设计所要求的形状、尺寸和表面粗糙度。

随着生产发展和技术进步,很多工业部门尤其是国防军工部门,要求尖端产品向高精度、高速度、高温、高压、大功率、小型化等方向发展,其所采用的材料通常具有高熔点、高硬度、高脆性等特点,从而使得零件形状越来越复杂。为了满足性能指标,有时不得不采用窄缝、深孔、薄壁、长杆类设计,对零件表面质量、尺寸精度的要求也日益提高。

要想解决上述问题,仅靠传统机械加工技术是十分困难的,甚至是无法实现的。

1943 年,前苏联科学家拉扎连柯夫妇在研究开关触点遭受火花放电腐蚀损坏的现象和原因时,发现电火花的瞬时高温可使局部的金属熔化、汽化而被蚀除掉,从而开创和发明了电火花加工方法。该方法摆脱了传统机械加工方法的束缚,以低于被加工材料硬度的电极丝作为工具,利用电能和热能来去除金属,获得了“以柔克刚”的效果。

在随后的几十年中,又陆续出现了激光加工、电化学加工、超声加工、电子束加工、快速成型加工等多种新型加工方法。为区别于传统加工,将这类新加工方法统称为特种加工,国外称为非传统加工(Non-Traditional Machining, NTM),或非常规机械加工(Non-Conventional Machining, NCM)。

我国的特种加工技术起步较早。20 世纪 50 年代中期,国内已有工厂设计生产出电火花加工机床。50 年代末,辽宁营口电火花机床厂开始成批生产电火花机床,成为国内第一家电加工机床专业厂。

20 世纪 60 年代初,中国科学院电工研究所成功研制出我国第一台电火花线切割机床。60 年代末,上海电表厂工程师张维良发明出我国独创的高速往复走丝线切割机床(俗称“快走丝线切割机床”),上海复旦大学研制出配套的控制系統,使电火花、线切割技术在我国迅速发展起来。

地处成都的国营成都无线电专用设备厂,自 20 世纪 70 年代初开始,自行研制、生产高速

往复走丝线切割机床,是当时西部最早和唯一的电火花机床生产厂家。

1979年,成立了全国性的电加工学会,2001年更名为特种加工学会,创办了全国公开发行的《电加工》杂志(2000年,更名为《电加工与模具》)。对以电加工为代表的特种加工技术的普及和提高起到了积极作用。

进入2000年后,特种加工技术的使用飞速发展。以机床产销量为例,1997年,国内火花机、线切割机床产量分别为1 000多台和3 800余台;到2010年,两个相应的数据分别是4 000余台和40 000余台。主要生产厂家也从20世纪七八十年代的“八大厂”发展到现在的几百家。

但由于我国工业基础薄弱,特种加工技术和设备整体水平与国际先进水平相比还有一定差距,除了国内独有的高速往复走丝线切割机床外,其他特种加工设备尤其是高端设备仍然需要从日本、瑞士和中国台湾等国家和地区进口。

1.2 特种加工技术的特点及分类

与传统的机械加工相比,特种加工具有鲜明的特点,具体如下:

(1) 特种加工技术的优点

①以柔克刚。因为工具与工件不直接接触,加工时无明显的强大机械作用力,故加工脆性材料和精密微细零件、薄壁零件、弹性元件时,工具硬度可低于被加工材料的硬度。

②不受材料硬度限制。因为特种加工技术主要不是依靠机械力和机械能切除材料,而是直接用电、热、声、光、化学和电化学能去除金属和非金属材料,其加工性能与材料的强度或硬度力学性能无关,故可以加工各种超硬材料、高脆性和热敏材料。

③工件可在一次装夹中完成粗、中、精加工,缩短辅助工作时间,减少安装误差,有利于保证加工精度,提高效率。

④可以获得优异的表面质量。由于在特种加工过程中,工件表面不产生强烈的弹、塑性变形,因此,有些特种加工方法可以获得良好的表面粗糙度。热应力、残余应力、冷作硬化、热影响区及毛刺等表面缺陷均比机械切削表面小。

由于特种加工技术存在上述特点,总的来讲,特种加工可以加工任何硬度、强度、韧性、脆性的金属或非金属材料,且专长于加工复杂、微细表面和低刚度零件。

(2) 特种加工技术的缺点

①加工效率较低。与传统金属加工手段相比,特种加工技术的加工效率会低一些。如电火花加工技术的加工效率远低于铣床的加工效率,因此,近年来,电火花加工的领域很多都被新兴的高速铣所取代。

②加工工艺的研究不够深入。很多特种加工因为影响的因素较多,加工过程机理复杂,现在研究还不能完全解释其细微的物理、化学变化过程,从而影响了特种加工相应方法、工艺的准确研判。在实践中,往往表现为过分依赖操作者的技术水平、经验和责任心,不能做到像普通数控机械加工手段一样,可以根据刀具、工件材料、加工要求,自行选择工艺参数。虽然现在很多企业和高校研究机构针对特种加工技术,如电加工技术,推出了一些工艺参数数据库、专家系统等软件,但在应用中还是不能解决根本问题。这是目前特种加工技术,如数控线切割加工等在内的加工技术的一个短板。

③使用成本较高。一些特种加工技术,如单向走丝线切割机床(俗称“慢走丝”),因为加工机理所限,在加工过程中要大量消耗铜丝、电极、工作液等耗材。特种加工技术中的高能束流加工如激光加工、电子束加工等,加工过程需要大功率的电源作为能量发生源。

这些加工过程中需要大量消耗的能量、材料等使得特种加工技术单位工时成本较高,如果没有高端加工业务支撑,很难得到推广应用。

特种加工的分类目前还没有明确的规定,一般按能量来源、作用形式和加工原理可分为表1.1所列的形式。

表 1.1 常用特种加工方法的分类

特种加工方法		英文缩写	能量来源及形式	作用原理
电火花加工	电火花成形加工	EDM	电能、热能	熔化、汽化
	电火花线切割加工	WEDM		
电化学加工	电解加工	ECM	电化学能	金属离子阳极溶解
	电解磨削	EGM	电化学、机械能	阳极溶解、磨削
	电解研磨	ECH		
	电铸	EFM	电化学能	金属离子阴极沉积
	涂镀	EPM		
高能束加工	激光束加工	LBM	光能、热能	熔化、汽化
	电子束加工	EBM	电能、热能	
	离子束加工	PAM		
	离子束加工	IBM	电能、机械能	切蚀
物料切蚀加工	超声加工	USM	声能、机械能	切蚀
	磨料流加工	AFM	机械能	
	液体射流加工	HDM		
化学加工	化学铣削	CHM	化学能	腐蚀
	化学抛光	CHP		
	光刻	PCM	光、化学能	光化学腐蚀
快速成形	液相固化法	SL	光、化学能	增材法加工
	粉末烧结法	SLS		
	纸片叠层法	LOM	光、热、机械能	
	熔丝堆积法	FDM	电、热、机械能	

本课程主要讲述电火花、电化学、快速成形、激光、超声波等加工方法的基本原理、基本设备、主要特点及适用范围。

特种加工应用日益广泛,但各种特种加工的能量来源、作用形式、工艺特点不尽相同,其应用范围差异很大。为了更好地应用和发挥各种特种加工的功能,必须依据工件材料、尺寸、形状、精度、经济性等情况作具体分析,合理选择特种加工方法。表1.2列出了几种常见特种加工方法的综合比较。

表 1.2 几种常用特种加工方法的综合比较

加工方法	可加工材料	工具损耗率/% 平均/最低	材料去除率/ (mm ³ ·min ⁻¹) 平均/最高	可达到尺寸 精度/mm 平均/最高	可达到表面粗 糙度 R _a /μm 平均/最高	主要适用范围
电火花加工	任何导电的金属材 料, 如硬质合金 钢、耐热钢、不 锈钢、淬火钢、钛合 金钢等	0.1/10	30/3 000	0.03/0.003	10/0.01	各型孔、槽、曲面 加工, 尺寸从微米 到数米, 范围包括 模具、零件等
电火花线 切割机工		很小, 且 可 补偿	20/200 按 惯例, 单位 为 mm ² /min	0.02/0.002	5/0.01	切割各种二维、三 维直纹面组成的 模具及零件, 也常 用于钼、钨或贵金 属材料切削
电解加工		不损耗	100/10 000	0.1/0.01	1.25/0.16	型孔、型腔的加 工, 抛光、去毛刺 等, 零件尺寸从微 米到数米
电解磨削		0.1/0.5	1/100	0.02/0.001	1.25/0.04	硬质合金钢等难 加工材料磨削
超声加工	任何脆性材料	0.1/10	1/50	0.03/0.005	0.63/0.16	脆性材料, 如玻 璃、石英、宝石、金 刚石等, 可加工型 孔、型腔、小孔等
激光加工	任何材料	无工具损耗	瞬时去除率 很高, 受功 率限制, 平 均去 除 率 不高	0.01/0.001	10/1.25	精密小孔、窄缝加 工, 成型切割、 蚀刻
电子束加工					1.25/0.2	在不易加工材料 上加工微小孔、切 缝、蚀刻、焊接等
离子束加工			很低	0.1/0.01 μm	0.1/0.01	对零件表面进行 超精密、超微量加 工、抛光、蚀刻等
水射流切割	钢材、石材	无损耗	>300	0.2/0.1	20/5	下料、成形切割、 剪裁
快速成形	增材加工, 无可比性			0.3/0.1	10/2.5	快速制作样件、模具

1.3 特种加工技术在制造业中的应用

由于特种加工的不断发展和完善,使得这种新型加工方法在机械制造工业中得到了广泛应用,引起了机械制造工艺技术领域的许多新变革,特别是使得零件的结构设计和制造工艺路线安排等发生了很大变化。

(1) 促进了零件的结构设计进一步合理化

从传统的产品设计角度讲,首先需要考虑切削加工的工艺性。比如,零件中的小孔、方孔、深孔、弯孔、窄缝等是工艺性很“坏”的典型反例,是设计、工艺人员应该避免的,甚至是禁区。但随着特种加工技术的发展应用,利用电火花成形、线切割及小孔机加工等方法,都可以很好地解决这些切削加工难题。

另外,随着产品多样化、复杂化需求,许多模具需要直角、锐角刃口,考虑应力集中和切削加工的困难,不得不采用拼镶结构,使得模具设计制造复杂化。在模具制造中引入特种加工技术后,这些问题得到了相应解决,并且由于电解加工导致尖角变圆、线切割钼丝放电产生圆角等特点,可以在某种程度上自然缓解尖角应力集中的缺陷。因此,有了特种加工技术,在一定程度上减少了工艺禁忌,使得设计者可以更多地考虑产品使用性能方面的需要,从而有助于设计质量的提高。

(2) 改变了传统的制造工艺路线安排

传统制造工艺中,由于刀具硬度和机床刚性限制,切削加工、成形加工都必须安排在淬火处理工序之前,经过淬火的零件只能进行磨削加工。但对薄壁、复杂形状零件,热处理淬火后变形较大,又不便于磨削,在制造时很难控制尺寸和形状精度。特种加工技术的出现,改变了传统工艺路线安排,由于特种加工不受硬度影响,为了避免热处理变形,一般都把特种加工放在热处理之后进行,从而解决了传统加工工艺中许多工艺难题。

(3) 提高了材料的可加工性

以前认为金刚石、硬质合金、淬火钢、石英、玻璃、陶瓷等是很难加工的,现在可用电火花、电解、激光等多种方法进行加工,从而推动了金刚石、人工金刚石等材料在刀具、工具、拉丝模具等方面的应用。特种加工技术的广泛应用,使材料的可加工性能不再受其硬度、强度、脆性、韧性等性能的直接限制,对电火花、线切割加工而言,越硬的材料加工效果越好,从而使以前的难加工材料逐渐走入设计、工艺人员视野,对机械制造的进步与发展起到了积极作用。

(4) 创新了试制新产品的模式

传统方法试制新产品时,必须先设计、制造出相应的刀、量、夹具和工装,采用电火花、线切割或快速成形等特种加工技术,可以直接加工出所需要的零件,大大缩短了试制周期。

(5) 推动了传统制造方法不断革新

由于如电子束、离子束加工等特种加工技术对于超微细加工技术的有力支持,促进了原子级、分子级加工方法的发展,同时也满足了半导体大规模集成电路生产发展需要。特种加工技术融入传统制造工艺中形成的超声振动切削、电磁成形等,都对制造业产生了积极的推动作用。

第 2 章

电火花成型加工

【引言】

电火花成型加工机床是利用电火花加工原理,综合微电子、自动控制及计算机等方面的技术而发展起来的一种典型的机电一体化产品,是各类复杂零件特别是模具零件加工的必备设备。电火花成型加工技术的发展推动了电火花成型加工机床的技术进步,许多高新技术数控电火花成型加工设备应运而生。

【主要内容】

- ①电火花成型加工原理及特点;
- ②电火花成型加工机床的构成;
- ③电火花成型加工工艺;
- ④成型加工数控编程;
- ⑤常见故障诊断与排除;
- ⑥电火花小孔机。

【学习目标】

了解电火花成型加工机床的构成及电火花成型加工原理及特点;理解电火花成型加工的两个重要效应和常见故障诊断与排除;掌握电火花成型加工工艺方法及主要工艺指标和影响主要工艺指标的因素。

2.1 电火花成型加工原理及特点

2.1.1 电火花成型加工原理

电火花成型加工系统的原理如图 2.1 所示。工件与工具电极分别与脉冲电源的两输出端相连接。放电间隙自动控制系统使工具电极和工件间经常保持一个很小的放电间隙。当脉冲

电压加到两极之间时,相对某一间隙最小处或绝缘强度最低处,击穿介质,在该局部瞬间产生火花放电,瞬间高温使工具和工件表面都蚀除掉一小部分金属,各自形成一个小凹坑。脉冲放电结束后,经过一个时间间隔(即脉冲间隔),工作液恢复绝缘后,第二个脉冲电压又加到两极上,又会在当时极间距离相对最近处或绝缘强度最弱处击穿放电,又电蚀出一个小凹坑。这样高频率连续不断地重复放电,工具电极不断地向工件进给,将工具端面 and 横截面的形状复制在工件上,加工出所需要的和工具形状阴阳相反的零件,整个加工表面由无数个小凹坑所组成。

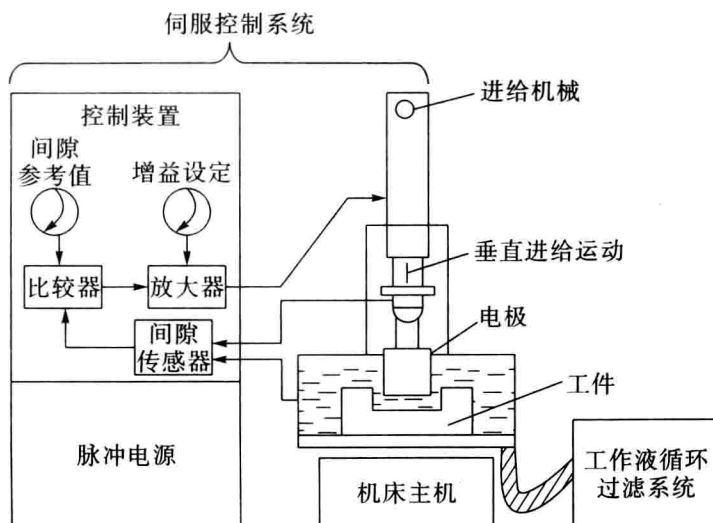


图 2.1 电火花成型加工原理

2.1.2 电火花成型加工特点

(1) 工具电极和工件之间不直接接触

工具电极和工件之间不直接接触,而有一个火花放电间隙,间隙中充满工作液。脉冲放电的能量密度高,便于加工用普通的机械加工方法难于加工或无法加工的特殊材料和形状复杂的工件。

(2) 加工过程中工具电极与工件材料不接触

加工过程中工具电极与工件材料不接触,两者之间宏观作用力极小。火花放电时,局部、瞬时爆炸力的平均值很小,不足以引起工件的变形和位移。

(3) 与工件材料的强度和硬度等关系不大

电火花加工直接利用电能和热能来去除金属材料,与工件材料的强度和硬度等关系不大,因此可以用软的工具电极加工硬的工件,工具电极较容易加工。

(4) 脉冲参数调节范围大

脉冲参数可以在一个较大的范围内调节,也可以在同一台机床上连续进行粗、半精及精加工。精加工时精度一般为 0.01 mm ,表面粗糙度 R_a 为 $0.635 \sim 1.25\text{ }\mu\text{m}$;微精加工时精度可达 $0.002 \sim 0.004\text{ mm}$,表面粗糙度 R_a 为 $0.04 \sim 0.16\text{ }\mu\text{m}$ 。

(5) 电火花成型加工的适用范围

电火花成型主要用于形状复杂的表面加工,特别适用于复杂形状的型腔,如锻模、塑料模、压铸模等各种模具的型腔加工。

2.1.3 电火花成型加工的两个重要效应

(1) 极性效应

电火花加工时,相同材料的两电极被腐蚀量是不同的。其中一个电极比另一个电极的蚀除量大,这种现象称为极性效应。

影响极性效应的因素有以下两点。

1) 脉冲宽度

在电场作用下,通道中的电子奔向阳极,正离子奔向阴极。由于电子质量轻、惯性小,在短时间内容易获得较高的运动速度;而正离子质量大,不易加速,故在窄脉冲时,电子动能大,电子传递给阳极的能量大于正离子传递给阴极的能量,使阳极蚀除量大于阴极蚀除量,即为负极性。而在宽脉冲时,正离子有足够的时间加速可获得较高的速度,而且质量又大得多,碰击阴极的动能较大,同时除液体介质蒸汽的正离子外,阴极和阳极蒸汽中的正离子也参与了对阴极的碰击。因此,正离子传递给阴极的能量超过了电子传递给阳极的能量,阴极的蚀除量便大于阳极蚀除量即为正极性。

2) 脉冲能量

随着放电能量的增加,特别是极间放电电压的增加,每个正离子传递给阴极的平均动能增加,电子的动能虽然也随之增加,但当放电通道很大时,由于电位分布变化引起阳极区电压降低,阻止了电子奔向阳极,减少了电子传递给予阳极的能量,使阴极能量大于阳极能量,即脉冲能量大时阴极的蚀除量大于阳极的蚀除量。

(2) 覆盖效应

在材料放电腐蚀过程中,一个电极的电蚀产物转移到另一个电极表面上,形成一定厚度的覆盖层,这种现象称为覆盖效应。在油类介质中加工时,覆盖层主要是石墨化的碳素层,其次是黏附在电极表面的金属微粒结层。

1) 碳素层的生成条件

①要有足够高的温度。电极上待覆盖的表面温度不低于碳素层的生成温度,但低于熔点,以使碳离子烧结成石墨化的耐蚀层。

②要有足够多的电蚀产物,尤其是介质的热解产物——碳离子。

③要有足够的时间,以便在表面上形成一定厚度的碳素层。

④采用正极性加工,因为碳素层易在阳极表面生成。

⑤必须在油类介质中加工。

2) 影响覆盖效应的主要因素

①脉冲能量与波形。增大放电加工能量有助于覆盖层的生长,但宽脉冲、大电流对中、精加工有相当大的局限性,减小脉冲间隔则有利于在各种标准下生成覆盖层。但间隔过小,则有转变为电弧放电的危险,采用某些组合脉冲如矩形波派生出来的梳形波及各种叠加脉冲波形也有助于覆盖层的生成。

②电极。铜对钢时覆盖效应比较明显。因为铜对碳素层的生成起着类似催化剂的作用。但铜对硬质合金却不大容易生成覆盖层。

③工作介质。石油产品的油类介质在放电产生的高温下,生成大量的碳离子,有助于碳素层的生成。而在具有一定离子导电的水介质中采用负极性加工时,会产生另一种覆盖现

象——镀覆现象,即在阴极表面上形成一层致密的电镀层。

④工艺条件。工作介质脏、介质处于液相与气相混合状态、间隙过热、放电在间隙空间分布较集中、电极截面大、电极间隙小、加工较稳定等,均有助于生成覆盖层。间隙中工作液的流动影响也很大,冲油压力过大会破坏覆盖层的生成。合理利用覆盖效应,有利于降低电极损耗,甚至可做到“无损耗”加工。但若处理不当,出现过覆盖现象,将会使电极尺寸在加工中超过加工前的尺寸,反而破坏了加工精度。所谓无损耗加工是指在加工过程中,在某种特定条件下由于覆盖效应的作用,弥补了电极损耗,当弥补作用与电极损耗大致平衡时,可以认为电极无损耗,但加工条件比较苛刻不易达到,通常电极损耗达到1%以下,即可认为是无损耗加工。

2.2 电火花成型加工机床的构成

2.2.1 电火花成型加工机床的分类

电火花成型加工机床已形成系列产品,按不同的定义其分类方法也不同。一般可以按数控程度、机床结构形式、机床主参数尺寸、伺服系统类型、精度等级等进行分类。

(1) 按数控程度分类

按数控程度可分为普通数显机床、单轴数控机床和多轴数控机床。

(2) 按机床结构形式分类

按机床结构形式可分为固定立柱式机床、滑枕式机床、龙门式机床、摇臂式机床和台式机床等。

(3) 按机床主参数尺寸分类

按机床主参数尺寸可分为小型机床,工作台宽度小于250 mm(D7125 以下);中型机床,工作台宽度为250~630 mm(D7125~D7163);大型机床,工作台宽度为630~1250 mm(D7163~D71125);超大型机床,工作台宽度大于1250 mm(D71125 以上)。

(4) 按伺服系统类型分类

按伺服系统类型可分为液压进给机床、步进电动机进给机床、直流或交流伺服电动机进给机床和直线电动机进给机床。

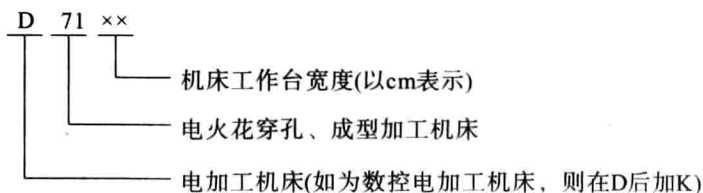
(5) 按精度等级分类

按精度等级可分为标准精度机床、高精度机床和超精密机床。

另外,按电极交换装置可分为普通电火花成型加工机床和电火花加工中心;按应用范围还可分为通用机床和专用机床(航空叶片零件加工机床、螺纹加工机床、轮胎橡胶模加工机床等)。

2.2.2 电火花成型机的型号

我国早期生产的电火花穿孔加工机床和电火花成型加工机床分别命名为D61系列和D55系列,如D6125、D6135、D6140型和D5540、D5570型等。20世纪80年代开始大量采用晶体管脉冲电源,电火花加工机床既可用于穿孔加工,又可用于成型加工。因此,1985年我国国家标准把电火花成型加工机床定名为D71系列,其型号表示方法如下:



目前,国产电火花加工机床的型号命名往往加上本单位名称的拼音代号及其他代码,如汉川机床有限公司生产的数控电火花成型机床,其型号为 HCD300K/400K/500K。中外合资及外资厂的型号更不统一,由各个生产企业自行确定,如日本沙迪克(Sodick)公司生产的 AQ35L/55L/75L;瑞士夏米尔(Charmilles)技术公司生产的 ROBOFORM350/550;中国台湾乔懋机电工业股份有限公司生产的 JM322/430;北京阿奇夏米尔工业电子有限公司生产的 SA20、SE1、SP3 等。

2.2.3 电火花成型加工机床的主要技术参数

电火花成型加工机床的主要技术参数通常包括工作台纵横向行程、主轴伺服行程、最大工件质量、最大电极质量、 X 和 Y 坐标读数精度、最大加工电流、最大电源功率、最大生产率、最小电极损耗和所能达到的表面粗糙度等。

2.2.4 电火花成型机机床本体

机床本体是其机械部分,用于夹持工具电极及支承工件,保证它们的相对位置,并实现电极在加工过程中的稳定进给运动。机床本体主要由床身、立柱、主轴头、工作台和工作液槽等组成。电极被安装在主轴头上,由自动控制系统控制主轴头进行上、下运动。工件被安装在位于工作液槽内的工作台上,随工作台前后、左右移动。

(1) 床身和立柱

床身和立柱是机床的基础构件,其作用是保证电极与工作台、工件之间的相互位置。它们的刚度和精度的高低对加工有直接影响。床身和立柱的结构设计不仅应合理,有足够的刚度,能承受主轴负重和运动部件突然加速运动的惯性力,而且能减少温度变化引起的变形。机床工作台面与立柱导轨面间应有一定的垂直度要求和较好的精度保持性,这就要求导轨具有良好的耐磨性和充分消除材料内应力,使其日久不变形。

(2) 工作台

工作台主要用来支承和装夹工件,可实现横向(X)、纵向(Y)两轴的运动。在实际加工中,通过两个伺服电机来移动上下滑板,改变纵、横向位置,达到电极与被加工件间所要求的相对位置。工作台上装工作液槽,用以容纳工作液,使电极和被加工件浸泡在工作液里,起到冷却、排屑作用。

工作台由上滑板、下滑板、工作台 3 部分组成。下滑板安装在床身的滚动导轨上实现 X 轴方向运动。上滑板安装在下滑板的导轨上实现 Y 轴方向运动,其传动原理同 X 轴方向。工作台一般与上滑板做成一体,上面有 T 形槽或者工艺孔,用来装夹附件、固定工件。工作台与滑板间是绝缘的,以保证加工中的人身安全。工作台应具有耐用、平面度精度高等特点。精度要求高的机床有的采用花岗岩材质的单独工作台,这种材质的工作台具有良好的绝缘性、热稳定性和非常小的变形,可制成双零级精度的工作台。