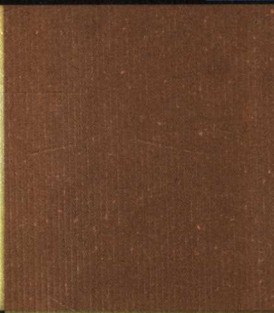
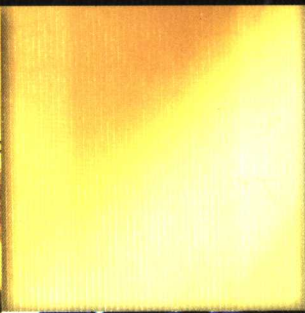


数控特种 加工技术

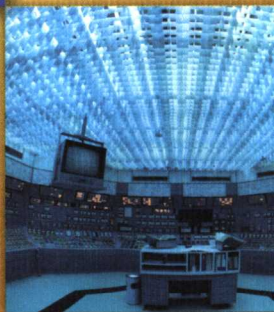
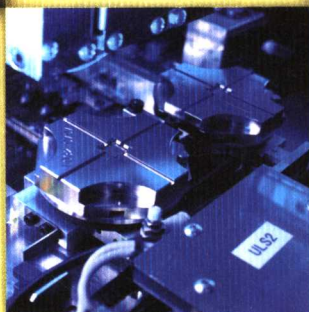


高等职业教育

数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训系列教材



主编 丛文龙
张祥兰



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

高等职业教育数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训系列教材

数控特种加工技术

主 编 丛文龙 张祥兰

高等教育出版社

内容提要

本书是高等职业教育数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训系列教材之一。本书内容包括:数控特种加工概述、数控电火花加工、数控电火花线切割加工、数控电化学加工、数控激光加工、超声加工、数控射流加工、电子束加工、离子束加工、化学加工及复合加工。

本书适合作为各类高等职业技术学院、部分普通高等院校二级学院数控技术应用专业技能应用型人才培养的教材,也可作为中高级职业资格与就业培训的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控特种加工技术/丛文龙主编. —北京:高等教育出版社, 2005. 6

(数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训系列教材)

ISBN 7-04-016351-9

I. 数... II. 丛... III. 数控机床—特种加工—技术培训—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 062767 号

责任编辑 孙鸣雷 特约编辑 杨歆颖 封面设计 吴昊 责任印制 蔡敏燕

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号		021-56964871
邮政编码	100011	免费咨询	800-810-0598
总 机	010-82028899	网 址	http://www.hep.edu.cn
传 真	021-56965341		http://www.hep.com.cn
			http://www.hepsh.com
排 版	南京理工出版信息技术有限公司		
印 刷	江苏如皋市印刷有限公司		
开 本	787×1092 1/16	版 次	2005 年 7 月第 1 版
印 张	10.25	印 次	2005 年 7 月第 1 次
字 数	230 000	定 价	14.50 元

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

郑 重 声 明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010)82028899 转 6897 (010)82086060

传 真：(010)82086060

E - mail : dd@hep. com. cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社法律事务部

邮 编：100011

购书请拨打读者服务部电话：(010)64054588

出版说明

为实现党的十六大提出的全面建设小康社会的奋斗目标,落实《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》,促进职业教育更好地适应社会主义现代化建设对生产、服务第一线技能型人才的需要,缓解劳动力市场上制造业和现代服务业技能型人才紧缺状况,教育部、劳动和社会保障部、国防科工委、信息产业部、交通部、卫生部决定组织实施“职业院校制造业和现代服务业技能型紧缺人才培养培训工程”(教职成[2003]5号,以下简称《工程》)。《工程》的目标是:“根据劳动力市场技能型人才的紧缺状况和相关行业人力资源需求预测,在数控技术应用、计算机应用与软件技术、汽车运用与维修、护理等四个专业领域,全国选择确定500多所职业院校作为技能型紧缺人才示范性培养培训基地;建立校企合作进行人才培养的新模式,有效加强相关职业院校与企事业单位的合作,不断加强基地建设,扩大基地培养培训能力,缓解劳动力市场上技能型人才的紧缺状况;发挥技能型紧缺人才培养培训基地在探索新的培养培训模式、优化教学与训练过程等方面的示范作用,提高职业教育对社会和企业需求的反应能力,促进整个职业教育事业的改革与发展。”

《工程》实施启动以来,各有关职业院校在职业教育人才培养目标、人才培养模式以及专业设置、课程改革等方面做了大量的研究、探索和实践,取得了不少成果。为使这些研究成果能够得以固化并更好地推广,从而总体上提高职业教育人才培养的质量,我们组织了有关职业院校进行了多次研讨,根据“教育部办公厅、信息产业部办公厅关于确定职业院校开展数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训工作的通知”(教职成厅[2003]5号)中的两年制高等职业教育数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养指导方案,在了解相关企业需求的基础上,确立了“以就业为导向,以企业需求为依据”的宗旨,“以综合职业素质为基础,以能力为本位”的思路,“适应行业技术发展,以应用为目的”的体系,“以学生为主体,体现教学组织的科学性和灵活性”的风格,组织编写了一批“高等职业教育数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训系列”教材。这些教材结合《工程》的指导思想与目标任务,反映了最新的教学改革方向,很值得广大职业院校借鉴。

此系列教材出版后,我们还将不定期地举行相关课程的研讨与培训活动,并聘请相关企业共同探讨人才培养目标、人才培养模式以及专业设置、课程改革,为各院校提供一个加强校企合作、交流的互动平台。

“高等职业教育数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训系列教材”适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

高等教育出版社

2005年5月

前 言

本书是根据教育部等国家部委组织实施的“职业院校制造业和现代服务业技能型紧缺人才培养培训工程”中有关数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养指导方案的精神,按照高等职业技术教育技能应用型人才的培养目标和基本要求编写的“高等职业教育数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训系列教材”之一。

在编写中,从培养高职技能型人才的目标出发,突出技能培养,注重解决实际操作问题;对理论知识的介绍遵循“必须、够用”的原则,力求深入浅出,通俗易懂。

本书按 50 学时编写,建议学时分配如下表所示。其中实训部分可集中训练,也可在相关章节理论教学后进行。

章 名	学 时	学 时 分 配	
		理论学时	实训学时
第 1 章 数控特种加工概述	2	2	
第 2 章 数控电火花加工	6	4	2
第 3 章 数控电火花线切割加工	6	4	2
第 4 章 数控电化学加工	8	6	2
第 5 章 数控激光加工	6	4	2
第 6 章 超声加工	6	4	2
第 7 章 数控射流加工	4	2	2
第 8 章 电子束加工	2	2	
第 9 章 离子束加工	2	2	
第 10 章 化学加工	4	2	2
第 11 章 复合加工	4	2	2
合 计 学 时	50	34	16

本书由吉林工业职业技术学院丛文龙、张祥兰主编,徐德凯参加编写。全书由丛文龙、张祥兰统稿,李立主审。

本书在编写过程中,关兴举、陈颖魁给予了大力帮助,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,加之编写时间仓促,书中难免有错误或不妥之处,敬请同行和读者批评指正。

编 者

2005 年 5 月

目 录

第1章 数控特种加工概述.....	1
1.1 特种加工的产生和发展	1
1.2 特种加工的分类与特点	2
1.3 特种加工与数控技术	4
本章小结.....	5
思考题.....	6
第2章 数控电火花加工.....	7
2.1 电火花加工的原理、特点及应用范围.....	7
2.2 数控电火花加工机床	9
2.3 数控电火花加工的主要工艺指标及其提高途径.....	18
2.4 数控电火花加工的应用实例.....	22
本章小结	28
思考题	28
第3章 数控电火花线切割加工	29
3.1 数控电火花线切割加工的原理、特点及应用	29
3.2 数控电火花线切割设备.....	31
3.3 数控电火花线切割加工的主要工艺指标及其提高途径.....	35
3.4 数控电火花线切割加工工艺.....	39
3.5 数控电火花线切割加工编程.....	43
本章小结	50
思考题	50
第4章 数控电化学加工	52
4.1 电解加工的基本原理及特点.....	52
4.2 电解加工设备.....	54
4.3 电解加工的主要工艺指标及其提高途径.....	61
4.4 电解加工的应用.....	66
4.5 电化学阴极沉积加工.....	70
本章小结	74
思考题	75

第5章 数控激光加工	76
5.1 激光加工的原理及特点	76
5.2 数控激光加工设备	79
5.3 激光加工的应用	82
本章小结	86
思考题	88
第6章 超声加工	89
6.1 超声加工的基本原理及特点	89
6.2 超声加工设备	91
6.3 超声加工的主要工艺指标及其提高途径	95
6.4 超声加工的应用	97
本章小结	101
思考题	102
第7章 数控射流加工	103
7.1 射流加工的原理、分类及特点	103
7.2 数控射流加工设备	104
7.3 射流加工的主要工艺指标及其提高途径	108
7.4 射流加工的应用	110
本章小结	110
思考题	112
第8章 电子束加工	113
8.1 电子束加工的原理及特点	113
8.2 电子束加工装置	114
8.3 电子束加工的应用	115
本章小结	119
思考题	120
第9章 离子束加工	121
9.1 离子束加工的原理及特点	121
9.2 离子束加工装置	122
9.3 离子束加工的应用	123
本章小结	125

思考题.....	126
第 10 章 化学加工	127
10.1 化学铣削加工.....	127
10.2 光刻加工.....	129
10.3 化学表面处理.....	132
本章小结.....	133
思考题.....	134
第 11 章 复合加工	135
11.1 电解磨削.....	135
11.2 超声电解复合加工.....	137
11.3 电解电火花复合加工.....	137
11.4 电火花超声复合加工.....	138
11.5 数控超声旋转加工.....	138
11.6 超声振动切削.....	139
本章小结.....	141
思考题.....	142
实验.....	143
实验 1 数控电火花加工方孔冲模	143
实验 2 数控电火花线切割加工	144
实验 3 电解刻字	145
实验 4 数控激光切割加工	146
实验 5 超声加工方孔	147
实验 6 数控射流加工	147
实验 7 化学铣削加工	148
实验 8 超声旋转加工	149
参考文献.....	150

第 1 章 数控特种加工概述

学习目标与要求:

1. 了解特种加工的产生和发展。
2. 了解特种加工的分类与特点。
3. 了解数控技术在特种加工中的应用。

进入 20 世纪以来,制造技术,特别是先进制造技术不断发展,作为先进制造技术中的重要部分,特种加工对制造业的作用日益重要。它解决了传统加工方法所遇到的许多问题,有着自己独特的特点,已经成为现代工业不可缺少的重要加工方法和手段。可以预见,随着科学技术和现代工业的发展,特种加工必将不断地完善和迅速发展,反过来又必将推动科学技术和现代工业的发展,发挥越来越重要的作用。

1.1 特种加工的产生和发展

通过从工件上去除材料或向工件表面添加材料,以获得具有要求的形状、尺寸和表面状态的工件的方法,称为加工。按机理将加工方法分为三类:传统加工、特种加工和复合加工。传统加工是指使用刀具进行的切削加工;与传统加工使用机械能、切削力、切削刀具进行加工不同,特种加工是指将电能、电化学能、光能、声能、化学能等能量施加在工件的被加工部位上,从而实现材料去除、变形、改变性能或镀覆等的加工方法;复合加工是指将各种能量组合施加在工件的被加工部位上的加工方法。

特种加工方法产生于 20 世纪 40 年代,当时前苏联学者 Б. П. 拉扎连科夫妇受开关触点遭受火花放电腐蚀破坏现象的启发,发明了电火花加工方法,开创了特种加工的历史。

虽然特种加工方法的产生缘于偶然,但特种加工的迅速发展和广泛应用却是历史的必然。由于材料科学、高新技术的发展和激烈的市场竞争、发展尖端国防及科学研究的急需,不仅新产品更新换代日益加快,而且要求产品具有很高的强度重量比和性能价格比,并正朝着高速度、高精度、高可靠性、耐腐蚀、高温高压、大功率以及尺寸大小两极分化的方向发展。为此,各种新材料、新结构、形状复杂的精密机械零件大量涌现,对机械制造业提出了一系列迫切需要解决的新问题。

(1) 难加工材料如钛合金、耐热不锈钢、高强钢、复合材料、工程陶瓷、金刚石、红宝石、硬化玻璃等高硬度、高韧性、高强度、高熔点材料等的加工。

(2) 难加工零件如复杂零件的三维型腔、型孔、群孔和窄缝等的加工。

(3) 低刚度零件如薄壁零件、弹性组件等的加工。

对这些材料或零件采用传统的方法加工十分困难,甚至无法加工。于是,人们冲破传统加工方法的束缚,不断探索、寻求新的加工方法,而各种本质上区别于传统加工的特种加工方法

便应运而生,并不断获得发展。目前,已有多达几十种的特种加工方法,这些加工方法解决了传统切削加工难以解决的许多问题,在提高产品质量、生产效率和经济效益上显示出很大的优越性,在机械制造行业发挥着越来越重要的作用。但目前特种加工还存在不少亟待解决的问题,如有些特种加工的机理还不十分清楚,工艺参数的选择还需深入研究,加工过程的稳定性有待进一步提高,环境污染问题需妥善解决,设备投资大、使用维修费高等。如何不断地完善已有的特种加工方法并开发出新的、更先进的特种加工方法是机械制造业面临的新问题。

1.2 特种加工的分类与特点

一、特种加工的分类

特种加工一般按加工时所采用的能量类型分为电火花加工、电化学加工、激光加工、超声加工、射流加工、电子束加工、离子束加工、化学加工等基本加工方法,以及由这些基本加工方法组成的复合加工,如表 1-1 所示。各种特种加工方法的材料去除率、尺寸精度、表面粗糙度、适用材料及应用等如表 1-2 所示。

表 1-1 特种加工的分类

特种加工方法		能量类型	作用原理
电火花加工	电火花成形加工	电能、热能	熔化、气化
	电火花线切割加工	电能、热能	熔化、气化
电化学加工	电解加工	电化学能	阳极溶解
	电铸	电化学能	阴极沉积
	涂镀	电化学能	阴极沉积
高能束加工	激光加工	光能、热能	熔化、气化
	电子束加工	电能、热能	熔化、气化
	离子束加工	电能、机械能	原子撞击
物料切蚀加工	超声加工	声能、机械能	切蚀
	射流加工	机械能	切蚀
化学加工	化学铣削	化学能	腐蚀
	光刻	光能、化学能	光化学、腐蚀
	化学抛光	化学能	腐蚀
	化学镀膜	化学能	沉积
复合加工	电解磨削	电化学能、机械能	阳极溶解、磨削
	超声电解复合加工	声能、机械能、电化学能	切蚀、阳极溶解

续 表

特种加工方法		能量类型	作用原理
复合加工	电解电火花复合加工	电化学能、电能、热能	阳极溶解、熔化、气化
	电火花超声复合加工	电能、热能、声能、机械能	熔化、气化、切蚀
	超声振动切削	声能、机械能	切削

表 1-2 常用特种加工方法的综合比较

特种加工方法	材料去除率 $/\text{mm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ 平均/最高	尺寸精度 $/\mu\text{m}$ 平均/最高	表面粗糙度 $Ra/\mu\text{m}$ 平均/最高	可加工材料	主要应用
电火花成形加工	30/3 000	30/3	10/0.04	金 属	型腔模
电火花线切割加工	20/200 $\text{mm}^2 \cdot \text{min}^{-1}$	20/2	5/0.32	金 属	冲模、样板
电解加工	100/10 000	100/10	1.25/0.16	金 属	型孔、型腔、型面
激光加工	瞬时高平均不高	10/1	10/1.25	任何材料	打孔、切割、焊接、热处理
超声加工	1/50	30/5	0.63/0.16	硬脆材料	型孔、型腔、小孔、深孔、切割
水射流加工	>300	200/100	20/5	钢材、石材	下料、成形切割、剪裁
电子束加工	瞬时高平均不高	10/1	10/1.25	任何材料	微孔、焊接、蚀刻、镀膜
离子束加工	很低	<0.01	<0.01	任何材料	成形表面、刃磨、蚀刻、镀膜、注入、掺杂
电解磨削	1/100	20/1	1.25/0.04	黑色金属、硬质合金	轧辊、刀具刃磨

二、特种加工的特点

特种加工具有以下几种特点。

(1) 由于特种加工主要不是使用机械能,而是使用电能、电化学能、声能、光能等进行加工,因此不受工件力学性能的限制,可加工各种硬、软、脆、高熔点、高强度等的难加工材料。而且特种加工的切削热很少或无切削热,故可加工热敏材料。

(2) 由于特种加工不一定需要工具,有的虽使用工具,但与工件不接触,因此,工具硬度

可低于工件硬度,工件不承受大的作用力,所以,基本不受工件刚度的限制,可加工刚度极低的零件和弹性元件。

(3) 特种加工属微细加工,它突破了传统加工的尺寸和质量限制,可加工尺寸微小的孔或狭缝,可获得极高的加工精度、极低的表面粗糙度值。

(4) 特种加工时不存在机械应变或大面积的热应变,其热应力、残余应力、冷作硬化等均比较小,尺寸稳定性好。

1.3 特种加工与数控技术

一、数控技术的概念

1. 数控技术的定义

数控技术(Numerical Control,简记为 NC)简称为数控,它是通过将一定的数据和用数字表示的指令输入机器设备中,控制机器设备按照规定的工作顺序自动完成预定操作任务的技术。用数控技术实施加工控制或装备数控系统的机床称为数控机床。在数控机床中,采用计算机对加工过程中的各种控制信息进行数字化运算、处理,并通过高性能的驱动单元对机械执行构件进行自动化控制,完成加工过程。

2. 数控加工的特点

(1) 由于数控机床是按照预定的程序自动加工的,加工过程不需要人工干预,加工精度还可以通过软件进行校正及补偿,因此可以提高零件的加工精度,稳定产品质量。

(2) 数控机床具有很大的柔性,能够解决零件加工面临的高精度、多样性和批量小的矛盾。

(3) 采用数控机床可以提高生产率,一般可提高 2~3 倍,对于某些复杂零件的加工,生产率可提高十几倍,甚至更高。

(4) 一些数控机床,具有多工序、自动换刀装置,因此可以实现一机多用,不但提高了生产效率,也能节省厂房面积。

基于上述优点,数控技术在传统加工中得到了广泛的应用。自从 1952 年试制成功第一台由大型立式仿形铣床改装而成的三坐标数控铣床以来,采用数控系统的机床品种日益增多,有车床、铣床、镗床、钻床、磨床、齿轮加工机床等。此外,还有能自动换刀、一次装卡进行多工序加工的加工中心、车削中心等。与此同时,金属切削机床产品的数控化率也在不断增加。例如,在被称为“数控王国”的日本,2000 年其金属切削机床产值的数控化率就已达 88.5%、产量数控化率达到 59.4%。与日本、德国等机床制造强国相比,中国金属切削机床目前的数控化率虽然不高,但仍在稳步增长。预计到 2010 年,我国金属切削机床行业产值的数控化率将继续增至 45%以上,消费额的数控化率将达到 60%以上。金属切削机床的全面数控化已为时不远。

二、数控技术在特种加工中的应用

数控技术在传统加工中得到普及的同时,在特种加工中的应用也逐渐增多。最早采用数控技术并紧跟数控技术发展的特种加工是电火花加工,1969年出现快速走丝数控电火花线切割机床。随着数控技术的发展,20世纪80年代电火花机床有了新的突破,陆续出现了一些高性能的数控电火花加工机床。20世纪80年代,我国还自行开发了场效应管脉冲电源、数控平动装置及工艺技术和低速走丝数控电火花线切割技术,使中国的数控电火花加工得到迅速发展。20世纪90年代,我国生产的HCX250、DK76、CC100、DK7632等低速走丝数控电火花线切割机床对冲压模具加工来说,不论从工艺、技术、功能、加工精度、效率、表面质量及对超硬材料的加工性能等方面都有很大提高。SC400、FN2、S205TNC、HCD400K、GW7452、SF310、B50等一系列性能价格比极具竞争力的数控电火花成形机床的出现,使得电火花加工得到了广泛的应用,更展示了它们的多功能、高精度、稳定可靠、价格适中等优点。

数控技术在电火花加工中得到广泛应用的同时,在其他特种加工中也逐渐得到推广使用。现已出现多轴数控电解加工机床,在英国RR公司和美国GE公司都有五轴数控电解加工机床,我国南京航空航天大学已研制成功五轴数控展成电解加工机床和多轴联动数控系统。西安昆仑机械厂和西安工业学院联合研制的两轴(进给与旋轴)数控炮管膛线电解加工专用机床,在生产中获得了成功应用。将数控技术应用到电解加工中,利用数控技术实现必要的展成运动,就可用简单形状的工具电极电解加工型腔、型面,不用设计制造复杂的工具电极,扩大了电解加工的应用范围。

数控激光加工设备采用激光和计算机数控等先进技术,使用激光来加工各种金属和非金属材料,而且使用可视化操作软件和图形处理软件来操作激光做各种工业加工,其特点是加工精度高、速度快、成本低,而且设备寿命长、易操作、易维护,是现代工业加工的首选设备。

在超声加工中,采用具有适应控制(ADR)和声量控制(ACC)的数控装置,配装在DMS 35型和DMS 50型超声加工机上,ADR和ACC的结合,对于加工作业可以提供最好的灵活性。在加工时,为取得最大限度的加工速度,可以使用ADR;而在要求最好的表面质量时,控制系统会自动切换到ACC。

数控技术在射流切割中的应用比较广泛,也比较成熟。目前,国内生产数控超高压水射流切割设备的厂家较多,产品品种也比较丰富。采用数控超高压水射流切割机能很方便地切割任意复杂的平面曲线图形。切口光滑、平整、无热变形,且具有速度快、效率高、无污染等特点。可用于金属、石材、陶瓷、泡沫塑料、橡胶、皮革等各种软硬材料的切割,尤其适合建筑装潢石材拼花。

随着数控技术的不断进步及在特种加工中应用研究的不断深入,数控技术在特种加工中的应用会越来越广泛,也必将对特种加工工艺及应用范围带来较大的影响。

本章小结

本章主要介绍了特种加工的产生和发展、特种加工的分类与特点及数控技术在特种加工

工中的应用。

1. 特种加工是在机械制造业面临着一系列迫切需要解决的新问题,传统加工难以解决这一背景下不断发展的。特种加工是指将电能、电化学能、光能、声能、化学能等能量施加在工件的被加工部位上,从而实现材料去除、变形、改变性能或镀覆等的加工方法。特种加工一般按加工时所采用的能量类型分为电火花加工、电化学加工、激光加工、超声加工、射流加工、电子束加工、离子束加工、化学加工等基本加工方法及由这些基本加工方法组成的复合加工。

特种加工具有不受工件力学性能的限制、不一定需要工具或虽使用工具但不与工件接触、突破了传统加工的尺寸和质量限制、不存在机械应变或大面积的热应变等特点,它的出现解决了传统加工方法所遇到的难加工材料、难加工零件、低刚度零件等的加工问题,已经成为现代工业不可缺少的重要加工方法和手段。

2. 数控技术是通过将一定的数据和用数字表示的指令输入机器设备中,从而控制机器设备按照规定的工作顺序自动完成预定操作任务的技术。用数控技术实施加工控制的机床称为数控机床。数控加工具有加工精度高、产品质量稳定、生产率高、柔性大以及可以实现一机多用等特点,因而数控技术在特种加工中的应用逐渐增多。随着数控技术的不断发展及在特种加工中应用研究的不断深入,数控技术在特种加工中的应用会越来越广泛,也必将对特种加工工艺及应用范围带来较大的影响。

思 考 题

1. 什么是特种加工? 特种加工分为哪几类?
2. 特种加工有哪些特点?
3. 什么是数控技术? 数控加工有哪些特点?
4. 简述数控技术在特种加工中的应用。

第 2 章 数控电火花加工

学习目标与要求：

1. 了解数控电火花加工的原理、特点。
2. 熟悉数控电火花加工机床的组成及各部分功能。
3. 了解数控电火花加工的基本工艺规律。
4. 掌握数控电火花加工的应用。

电火花加工(Electrical Discharge Machining, 简记为 EDM)是利用浸在工作液中的两极间脉冲放电时产生的电蚀作用蚀除导电材料的特种加工方法, 又称放电加工或电蚀加工。

电火花加工于 1943 年由前苏联学者 Б. П. 拉扎连科夫妇研究发明后, 随着脉冲电源和控制系统的改进而迅速发展起来。目前, 这一工艺技术已广泛应用于加工淬火钢、不锈钢、模具钢、硬质合金等难加工材料, 以及用于加工模具等具有复杂表面和特殊要求的零部件, 在民用和国防工业中获得越来越多的应用。

2.1 电火花加工的原理、特点及应用范围

一、电火花加工的原理

电火花加工原理如图 2-1 所示。工件 1 和工具电极 4 (简称为电极) 分别接脉冲电源 2

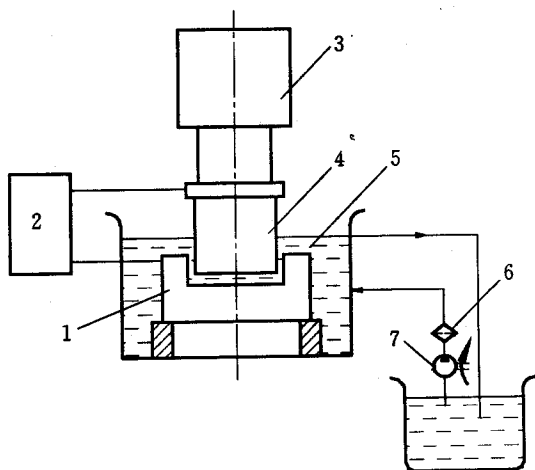


图 2-1 电火花加工原理示意图

1—工件；2—脉冲电源；3—自动进给调节装置；
4—工具电极；5—工作液；6—过滤器；7—液泵

的两极,并均浸泡在工作液中,电极在自动进给调节装置的驱动下,与工件间保持一定的放电间隙。电极的表面(微观)是凹凸不平的,当脉冲电压加到两极上时,某一相对间隙最小处或绝缘强度最低处的工作液将最先被电离为负电子和正离子而被击穿,形成放电通道,电流随即剧增,在该局部产生火花放电,瞬时高温使工件和工具表面都蚀除掉一小部分金属。单个脉冲经过上述过程,完成了一次脉冲放电,而在工件表面留下一个带有凸边的小凹坑,如图 2-2b 所示。这样以高频率连续不断地重复放电,工具电极不断向工件进给,工件材料不断被蚀除,最后使工件整个被加工表面形成无数个小放电凹坑。这样,电极的轮廓形状便被复制到工件上,便加工出了所需要的零件。

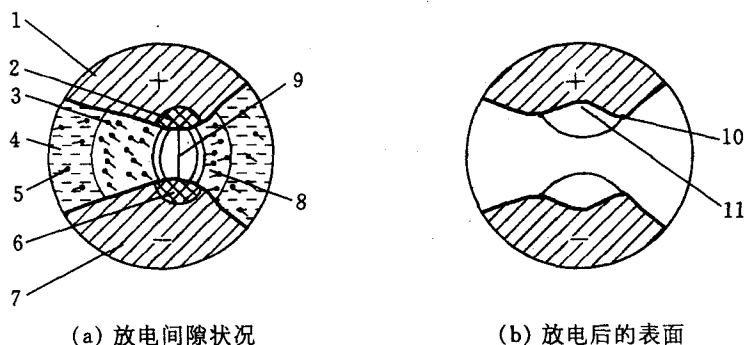


图 2-2 放电间隙状况示意图

- 1—阳极; 2—阳极上抛出金属的区域; 3—熔化的金属微粒;
4—工作液; 5—凝固的金属微粒; 6—阴极上抛出金属的区域;
7—阴极; 8—气泡; 9—放电通道; 10—翻边凸起; 11—凹坑

电火花加工应具备以下条件。

(1) 工件与电极之间应保持一定的放电间隙。放电间隙不能过大或过小,间隙过大,极间电压不能击穿极间介质,无法产生电火花;间隙过小,容易形成短路接触,同样也不能产生电火花。为此,在电火花加工过程中必须有电极自动进给和调节装置,使工件与电极之间保持一定放电间隙。放电间隙的大小与加工电压、加工介质等因素有关,一般为 $0.01 \sim 0.1 \text{ mm}$ 左右。

(2) 工件与电极之间应充满有一定绝缘性能的工作液,以利于产生脉冲性的火花放电。同时,工作液还应能将电蚀产物从放电间隙中排除出去,并对电极和工件表面进行很好的冷却。

(3) 火花放电必须为瞬时的脉冲性放电,而不是持续电弧放电。这样才能使所产生的热量来不及传导扩散到其他部分,从而只在极小范围内使金属熔化、气化蚀除。否则,像持续电弧放电那样,会使工件表面烧伤而无法用作尺寸加工。

二、电火花加工的特点

电火花加工具有以下特点。

(1) 便于加工用机械加工难以加工或无法加工的材料,如淬火钢、硬质合金、耐热合金等。