



仪器仪表工人 技术培训教材

仪 器 仪 表 机 械 装 校 工 艺 学

下 册

机械工业部仪器仪表工业局统编



仪器仪表工人技术培训教材

仪 器 仪 表 机 械 装 校 工 艺 学

(下册)

机械工业部仪器仪表工业局统编



机械工业出版社

本书是为仪器仪表机械装调类工人技术理论的教学需要而编写的。

全书共分两册，本书为下册。内容包括：零件的特种加工、真空技术、工夹具的设计基础、装配工艺规程的制定、装配精度的分析及校正、平衡技术基础等六章。每章末均附有复习题。

本书由上海分析仪器厂主编。参加编写的有杨毓宽、魏建新、高占清等同志；参加审稿的有陆章超、王好学、张尧海等同志。

本书可作为仪器仪表行业中的装配工中级班技术培训教材。

仪器仪表机械装校工艺学 (下册)

机械工业部仪器仪表工业局 统编

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄街道一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

中国农业机械出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092 1/32·印张 8·字数 173 千字

1986年2月北京第一版·1986年2月北京第一次印刷

印数 0,001-4,530·定价 1.66 元

统一书号：16033·6166

前 言

贯彻中共中央、国务院《关于加强职工教育工作的决定》，对广大工人进行系统的技术培训，是智力开发的一件大事，是一项战略性的任务。有计划地开展这项工作，教材是关键。有了教材才能统一教学内容；才能逐步建立起正规的工人技术教育体系，提高工人的技术素质，以适应四化建设的需要。为此，我们在全中国仪器仪表行业有关的重点企业中，组织了有长期从事技术、教育工作经验的工程技术人员和教师，编写了这套仪器仪表专业工种的初级、中级工人技术培训教材，共七大类四十六本。

这套教材编写的依据是原国家仪器仪表工业总局一九八一年颁发的《工人技术理论教学计划、教学大纲(仪器仪表专业工种初、中级部分)》。学员学完初级技术理论教学计划规定的课程，可系统地达到部颁《工人技术等级标准》中本工种三级以下的“应知”要求；学完中级技术理论教学计划规定的课程，可系统地达到本工种六级以下的“应知”要求。在教材编写过程中，注意了工人培训和仪器仪表行业的特点，力求做到既要理论联系生产实际，学而致用，又要循序渐进。考虑到工种工艺学的特殊性，避免不必要的重复，对工种工艺学初级、中级教材采用合一册或上、下册的形式。通过教学计划和大纲，体现初级、中级培训的阶段性和连续性。

这套教材的出版，得到了北京、天津、上海、江苏等省

市仪表局、机械厅和有关企业、学校、研究单位的大力支持，在此特致以衷心的感谢。

由于时间仓促，加上编写经验不足，教材中难免存在缺点和错误，我们恳切地希望同志们在使用中提出批评和指正，以便进一步修订。

机械工业部仪器仪表工业局
工人技术培训教材编审领导小组
一九八二年十二月

目 录

第一章 零件的特种加工.....	1
1-1 概述.....	1
1-2 电加工.....	1
一、电化学加工.....	2
二、电腐蚀加工.....	5
三、金属的阳极机械加工.....	8
1-3 超声波加工.....	10
一、超声波加工原理.....	10
二、超声波加工的特点及应用范围.....	11
1-4 激光加工.....	11
一、概述.....	11
二、激光打孔.....	12
三、激光切割.....	14
1-5 刻划加工.....	14
一、机械刻划.....	15
二、机械——化学法刻划.....	18
三、照相——腐蚀法刻划.....	18
复习题.....	21
第二章 真空技术.....	22
2-1 概述.....	22
一、真空度的单位.....	22
二、真空区域的划分及应用.....	24
2-2 真空的获得.....	24
一、机械真空泵.....	24
二、油扩散泵.....	31
三、其它类型真空泵简介.....	37

2-3 真空的测量与检漏	39
一、真空度的测量	39
二、真空检漏技术	43
2-4 真空系统和材料	46
一、真空系统的典型结构	47
二、真空材料、接头和导管	50
三、真空系统的安装和调试	55
四、真空系统的污染和清洁处理	58
复习题	62
第三章 工夹具的设计基础	64
3-1 概述	64
一、重要性	64
二、分类	64
3-2 工件的定位原理	66
一、定位原则	66
二、应用注意事项	68
3-3 定位方法选择和误差分析	69
一、工件以平面定位	70
二、工件以外圆柱面定位	73
3-4 工件夹紧	83
一、概述	83
二、简单夹紧	87
三、复合夹紧机构	93
3-5 夹具的设计	102
一、基本概念	102
二、夹具总装图绘制的一般规则	103
三、夹具总装图的尺寸标注	105
四、夹具总装图及其零件的公差选取原则	105
五、夹具材料的选用	106
六、夹具设计中应学会使用设计手册	107

七、夹具制造的工艺性	108
八、防止工件误装	108
3-6 组合夹具	108
一、概述	108
二、组合夹具的元件分类及其作用	111
三、组合夹具的使用和维护	114
复习题	115
第四章 装配工艺规程的制定	117
4-1 概述	117
一、制定装配工艺规程的重要性和必要性	117
二、制定装配工艺规程的要求	118
三、制定装配工艺规程的原始资料	118
4-2 制定装配工艺规程的基本原则	119
一、实现产品质量	119
二、实现获得较高的劳动生产率	119
三、经济效益高	121
4-3 制定装配工艺规程的依据	122
一、装配对象及其技术要求	123
二、生产类型与生产规模	124
三、生产条件	126
4-4 装配工艺规程的制定	127
一、装配工艺规程的内容	127
二、制定装配工艺规程的步骤	128
4-5 编制工艺文件	130
一、装配图	130
二、编制装配工艺系统图	131
三、编制装配工艺卡片	135
四、工时定额	140
五、编写装配工艺规程说明书	146
4-6 装配工艺规程的改革和发展	146

4-7 编制装配工艺规程举例	148
一、确定装配顺序图	149
二、编制装配工艺系统图	149
三、编制装配工艺卡片	149
复习题	152
第五章 装配精度的分析及校正	153
5-1 概述	153
一、目的	153
二、产品质量指标	153
三、装配精度与产品质量的关系	155
四、仪器仪表机构的调整因素	155
5-2 装配精度分析	157
一、装配误差的概念	157
二、装配精度分析	161
三、装配精度计算	163
5-3 装配尺寸链	166
一、装配尺寸链基本概念	167
二、装配尺寸链封闭环的确定	171
三、最短尺寸链原则	173
5-4 解装配尺寸链	174
一、装配尺寸链计算方法	175
二、解装配尺寸链应用	180
5-5 仪器校正的基本知识	186
一、测量	186
二、基准的校正	189
三、校正方法	191
5-6 间隙的校正	197
一、间隙的种类	197
二、径向间隙的校正	198
三、轴向间隙的校正	201

四、侧向间隙的校正	202
5-7 相互位置精度的校正	206
一、单因素校正	206
二、多因素校正	207
5-8 运动精度的校正	210
一、影响运动精度的因素	211
二、直线运动精度的校正	214
三、圆周运动精度的校正	215
复习题	216
第六章 平衡技术基础	218
6-1 概述	218
6-2 平衡技术的基础知识	218
一、离心力	218
二、重径积	219
三、平衡中所用矢量的合成与分解	220
四、杠杆、力矩和力偶	221
五、轴线	222
六、中心主惯性轴	222
七、转矩	222
八、平衡的概念	223
九、不平衡的类型及其计算	225
6-3 平衡技术	227
一、平衡	227
二、静、动平衡选择的原则	228
三、静平衡的校正技术	229
四、动平衡	236
五、振动与阻尼减振	240
复习题	244

第一章 零件的特种加工

1-1 概 述

随着现代科学技术的发展,机械制造业已朝着高精度、高性能的方向发展。一些新的高硬度、高耐热性等材料不断涌现,并被采用。加工这些材料时沿用一般的有屑与无屑机械加工方法,就难以胜任。为此,本章将分别介绍电化学、电腐蚀、超声波、激光等几种特种加工方法,对各种不同的特殊材料进行加工。同时,根据仪器仪表的特殊需要,还将介绍另外一种特种加工——刻划加工。由于先进技术在加工中的采用,对提高仪器仪表的精度、可靠性、寿命等方面将起重要作用。但是,这类特种加工方法还有一定的缺点和局限性,例如:加工出来的工件表面光洁度、尺寸精度不够高,电加工不能加工非导电材料,激光打孔也不能加工大孔,而且设备复杂成本比较高。因此,特种加工的应用受到了一定的限制,一般只能作为机械加工方法的一个补充。

1-2 电 加 工

电加工是直接利用电热和电化学反应在工件上去除金属的加工方法。

电加工方向的特点是:生产效率较高;对一些难加工的材料(如硬质合金、不锈钢、耐热合金)、形状复杂的零件(如各种模具、叶片、小孔狭缝等)能有效地进行加工。目

前电加工已在机械与仪器制造中得到了广泛的应用。

根据加工原理的不同，电加工可分为电化学加工、电腐蚀加工等。

一、电化学加工

用直流电通过电极和电解液时，使工件电极表面及电解液产生化学反应的方法称为电化学加工。根据用途的不同，电化学加工又分为电抛光加工、电解加工、阳极机械加工等。

1. 电抛光加工

(1) 基本原理：如图1-1所示，电解槽内盛有电解液，阳极（被抛光工件）和阴极放入电解液中。当电极间通以直流电后，在工件表面

上就被一层由溶化的阳极金属和电解液所组成的粘膜所覆盖，它的粘度很高，导电率很低。由于工件表面的凹凸不平，所以覆盖在工件表面上的

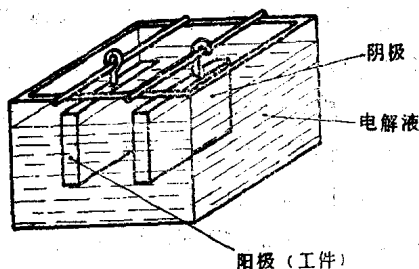


图1-1 电抛光加工原理

粘膜厚薄也就不同。在工件凸出的部分粘膜较薄、电阻也小，电流密度比凹入部分大，溶解得快。经过一段时间以后，就逐步将不平的金属表面蚀平而得到与机械抛光相同的效果。

(2) 电抛光的特点：金属的电抛光与机械抛光相比具有以下特点：

1) 机械抛光是单件进行，而电抛光可以在电解槽中同时对很多工件进行抛光，生产效率较高；

2) 能对形状复杂的工件及工件的内孔或孔穴等进行抛光, 而机械法抛光就比较困难, 甚至不可能;

3) 电抛光时产生热量极少, 不会改变金属材料表面的组织性能;

4) 表面光洁度决定于预加工的光洁度。若预加工光洁度不低于 $\nabla 4$, 抛光后可达 $\nabla 7 \sim \nabla 8$; 若预加工光洁度在 $\nabla 7 \sim \nabla 8$, 则电抛光后可以达 $\nabla 10 \sim \nabla 11$ 。

2. 电解加工 电解加工是近廿年中迅速发展的一项新工艺。它已成功地用于深孔、叶片、锻模等各种成型面的加工。

(1) 基本原理: 电解加工是利用金属在电解液中可以发生阳极溶解的原理, 将工件加工成型的。在机械工业中早已被用来作电镀和电抛光。

电解加工是在电抛光的基础上发展起来的, 其加工原理如图1-2所示。工件与连接于直流电源的阳极;

工具4连接于电源的阴极。两极之间保持一定的间隙(通常是0.1~1毫米), 具有一定压力的电解液从工具与工件之间流过。

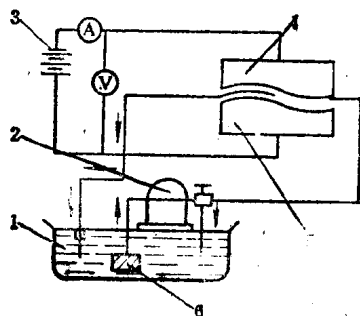


图1-2 电解加工原理

1—电解液 2—电解液泵 3—直流电源 4—阴极(工具) 5—阳极(工件) 6—过滤器

图1-3所示为电解加工

工成型示意图。图中的细直线表示通过阴极与阳极的电流, 线条的疏密程度表示电流密度的大小。从图1-3a中可以看出阴极与阳极距离最近的地方, 通过的电流密度最大, 所以该

处工件溶解的速度最快。由于工具不断地以速度 v 送进，工件的表面就不断被电解。同时，电解下来的产物也不断被电解液冲走，直至工件表面形成与阴极工作面基本吻合为止（如图1-3b所示）。

（2）电解加工的特点

1) 电解加工的优点是：

① 加工范围

广，通用性大，能加工金属切削机床不能加工的高强度、高硬度的金属材料；

② 加工质量好。由于电解加工是用电解法溶解金属，所以不产生切削力所引起的残余应力和变形；不产生高温所引起热应力，也没有刀痕和飞边毛刺。加工精度一般可达IT₇~IT₆，表面光洁度可达▽7~▽9；

③ 节省工具，由于电解加工时，工具与工件不接触，无摩擦。所以，工具几乎不受损耗，而且可用黄铜来代替硬质合金等特殊材料；

④ 操作简便，易于实现自动化。

2) 电解加工的缺点是：

① 电解加工只能用于能电解的金属材料，而且加工不出棱边、棱角；

② 电解加工后的零件，因为带有磁性，所以需要增加退磁工序；

③ 电解液对设备有腐蚀作用，还需采取防腐措施。

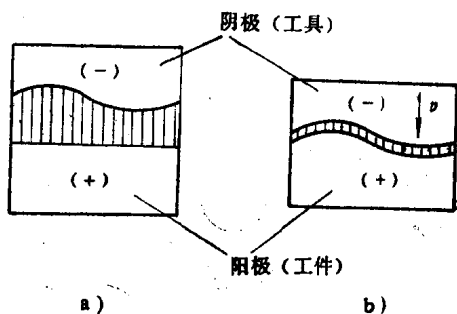


图1-3 电解加工成型示意图

由上述电解加工特点可知，目前电解加工主要应用在一般难于切削加工的小孔、深孔、叶片、锻模等成型面，以及为了节约设备、刀具等的场合。

二、电腐蚀加工

电腐蚀加工是以电流的热效应快速熔化金属为原理的一种加工方法，用脉冲电流作用在工件表面上，当电脉冲能量足够大时，则金属将直接气化，这时瞬间产生的气体会发生爆炸，使金属强烈飞溅。如果把以上过程加以控制，就可准确地加工出所需的工件形状。这种加工的方法有电火花加工和电脉冲加工。

1. 电火花加工

(1) 基本原理：电火花加工是把工具电极与工件浸在电介质溶液中，并在其间施加脉冲电压，当电极与工件的距离很近时，极间介质被击穿，产生火花放电，同时产生大量的热，足以使工件表面的金属局部熔化，甚至汽化蒸发而被电蚀下来，这时工件的金属表面形成了小的凹坑。经过不断的火花放电，工件表面的金属将会不断的被蚀除，则逐渐使工件表面复制出工具电极的形状，从而达到成型加工的目的。

电火花加工装置原理如图1-4所示。它由脉冲发生器、自动进给调节系统2、工具电极3及工件4三部分组成。

加工时，将工件阳极和工具阴极浸入工作液（电解质溶液6）如煤油或变压器油等内，接上电源，加上脉冲电压。由自动进给系统调节两极之间的间隙，一般到几微米或几十微米时，两极击穿产生脉冲火花放电。由于放电时间极短，电流密度很大，在放电区产生局部高温和高压，使金属熔化和汽化后被腐蚀掉。熔化了的金属在液体介质中冷凝成小颗粒。

粒，随之流走。如果连续地进行脉冲火花放电，由于工件阳极的电腐蚀程度比工具阴极大得多，就会使工具的形状准确地复制在工件上。件5为工作液泵。

(2) 电火花加工特点

1) 电火花加工能加工任何导电材料，包括一切难于进行切削加工的金属材，如不锈钢、硬质合金、耐热合金等高强度、高硬度金属材料。用电火花加工淬火钢时热影响很小，因而不会降低材料的硬度。

2) 在加工过程中，由于工具与工件不接触，没有切削力，所以可加工刚性较差，加工面大或容易变形的各种小而精密的型孔、窄缝等。但孔的最小尺寸要受到工具阴极尺寸的限制。

(3) 电火花加工的应用

1) 在金属零件上加工各种形状的通孔或不通孔。可加工直径10微米左右的特小孔，加工精度可达1微米。一般电火花加工的精度以电极间隙表示。电极间隙一般在0.03~0.06毫米(单边)，对特小孔加工则间隙仅0.5微米。加工表面光洁度为 $\nabla 7$ 。

2) 利用线电极可以加工各种类型冲模和射流元件；利用成型电极可以加工各种锻模、压铸模等。

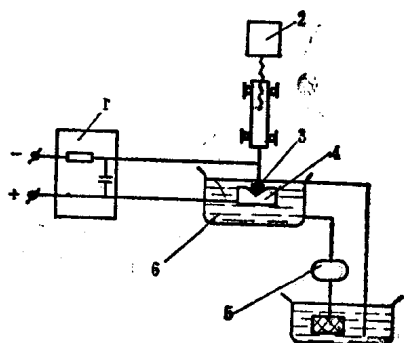


图1-4 电火花加工原理

- 1—脉冲发生器 2—自动进给调节系统
3—工具电极 4—工件 5—工作液泵
6—工作液

3) 强化金属零件的表面; 取出折断在工件内部的工具, 如取出折断在工件内的丝锥等。

4) 切割各种硬度的金属材料及对金属表面的雕刻等。

目前电火花加工工艺和设备发展很快, 在国外电加工机床已占金属切削机床总数的30%。在我国也具有一定规模, 零件加工工艺水平有很大提高, 很有发展前途。

2. 电脉冲加工 利用闸流管、电子管、可控硅、晶体管或脉冲发电机等独立式脉冲发生器的电火花加工又称为电脉冲加工。

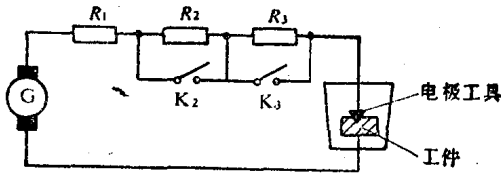


图1-5 电脉冲加工原理

(1) 基本原理: 如图1-5所示, 工具电极经过限流电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 串联在直流脉冲发电机G的电源阳极上, 工件接在电源阴极上, 转换开关 K_2 、 K_3 用来调整线路的工作电流。加工时, 工件与工具电极都浸没在液体介质中(如煤油、变压器油等), 两者保持一定的放电间隙, 当直流脉冲发电机发出脉冲电压加到工件与工具电极时, 在工具电极与工件之间就引起火花放电, 工件局部表面由于高温而溶化的金属被放电时所发生强烈爆炸力的作用, 从放电区域排除出去。

(2) 电脉冲加工的特点

1) 电脉冲加工是利用单向脉冲, 它的脉冲持续时间比