

高等职业教育项目课程改革规划教材

冲压塑料成型

工艺与模具技术

袁小江 于丹 主编



NLIC2970834403

CHONGYA SULIAO CHENGXING GONGYI YU MUJU JISHU



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



赠 电 子 课 件

高等职业教育项目课程改革规划教材

冲压塑料成型工艺 与模具技术

主 编 袁小江 于 丹
副主编 王 娟 舒 冰
参 编 朱云开 殷 蕾 周冬凤



NLIC2970834403



机械工业出版社

本书主要针对冲压工艺、塑料成型工艺及模具技术的应用,较为全面、系统地阐述了冲压与塑料成型工艺的基本原理、主要模具结构特点,以及相应的模具结构设计与制造工艺。本书主要内容包括冲裁、弯曲、拉深、连续冲压成形工艺与模具设计,塑料成型工艺与模具设计,模具制造技术等。

本书在保证冲压、塑料成型工艺与模具技术知识完整性和系统性的同时,突出体现了成形工艺与模具技术的应用。每个项目都以企业实际应用的课题为载体,通过项目实施的过程,将理论知识贯穿起来,重点体现知识的应用,扩大了知识的应用面,具有较强的实用性。

本书可作为高等职业教育模具类专业教材,也可作为非模具专业的选修课程教材,以及工程技术人员的参考书。

本书配有电子课件,凡使用本书作为教材的教师可登录机械工业出版社教材服务网 www.cmpedu.com 下载。咨询信箱: cmpgaozhi@sina.com。咨询电话: 010-88379375。

图书在版编目(CIP)数据

冲压塑料成型工艺与模具技术/袁小江,于丹主编. —北京:机械工业出版社, 2012. 10

高等职业教育项目课程改革规划教材

ISBN 978-7-111-40008-0

I. ①冲… II. ①袁…②于… III. ①冲压-塑料成型-工艺学-高等职业教育-教材②冲模-工业技术-高等职业教育-教材 IV. ①TG38

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第239389号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:于奇慧 责任编辑:于奇慧 章承林

版式设计:霍永明 责任校对:张媛

责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2013年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·15.25印张·371千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-40008-0

定价:30.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前言

目前国内的模具技术水平飞速发展,随着冲压、塑料成型两大种类模具的深入研究和发 展,新技术、新工艺也得到了大量的应用。为了更好地满足高等职业技术教育教学改革与发展的需要,克服原有教材内容和形式比较陈旧、实用性不强等特点,我们借鉴了国内外职业教育研究的成果,整理、总结了相关教学资料,创新了教学方法、手段和培养模式,编写了本教材,本教材出版前已经经过了多轮的实际使用与修正。

冲压、塑料成型工艺是从事模具专业人员的主要专业方向,为适应高等职业教育的培养,本书在保证科学性、理论性和系统性的同时,重点突出了实用性、针对性和综合性,侧重于成形工艺与模具设计的实际应用能力的培养。

本书共分三篇,九个大项目。第一篇为冲压工艺与模具设计,包括管夹冲裁成形工艺与模具设计、封板零件弯曲成形工艺与模具设计、变流漏斗拉深成形工艺与模具设计、端盖零件成形工艺与模具设计、扣板零件连续冲压成形工艺与模具设计五个项目;第二篇为塑料成型工艺与模具设计,包括 GMC 汽车标志塑料成型工艺与模具设计、支架零件塑料成型工艺与模具设计两个项目;第三篇为模具制造技术,包括冲孔凹模镶块零件加工、动模型芯零件加工两个项目。本书以企业真实、典型的零件成形工艺与模具设计项目为载体,由简单到复杂、由浅入深地讲解了冲压、塑料成型的主要工艺过程与模具结构设计及模具制造技术。

本书由无锡科技职业学院袁小江、无锡技师学院于丹担任主编,由连云港职业技术学院王娟、无锡科技职业学院舒冰担任副主编,江苏城市职业学院南通校区朱云开、无锡科技职业学院殷蕾、周冬凤为参编。全书由袁小江负责统稿和整理。

在本书的编写过程中,得到了无锡模具工业协会众多理事单位的支持和帮助,同时也得到了很多兄弟院校的支持和帮助,以及无锡科技职业学院各级领导的关怀和支持,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

目 录

前言

第一篇 冲压工艺与模具设计

项目一 管夹冲裁成形工艺与模具

设计 1

项目目标 1

项目分析 1

理论知识 2

一、冲压设备 2

二、冲压基本工序 7

三、冲裁成形工艺 9

四、冲裁模主要零部件结构设计 24

五、复合模结构 41

项目实施 43

一、成形工艺分析 43

二、模具设计 43

拓展练习 45

项目二 封板零件弯曲成形工艺与

模具设计 47

项目目标 47

项目分析 47

理论知识 48

一、弯曲工艺分析 48

二、弯曲件的工艺性 49

三、弯曲件展开尺寸计算 51

四、弯曲回弹与对策 53

五、弯曲时的偏移 57

六、常见弯曲模的结构 58

项目实施 60

一、成形工艺分析 60

二、模具设计 60

拓展练习 61

项目三 变流漏斗拉深成形工艺与

模具设计 63

项目目标 63

项目分析 63

理论知识 63

一、拉深变形过程 64

二、拉深件的主要质量问题 65

三、拉深模工作部分结构参数确定 67

四、常见拉深模结构 71

项目实施 72

一、成形工艺分析 72

二、模具设计 73

拓展练习 74

项目四 端盖零件成形工艺与模具

设计 75

项目目标 75

项目分析 75

理论知识 76

一、胀形 76

二、翻边 77

三、缩口 81

四、校平与整形 81

项目实施 82

一、成形工艺分析 82

二、模具设计 83

拓展练习 84

项目五 扣板零件连续冲压成形工艺

与模具设计 85

项目目标 85

项目分析 85

理论知识 85

一、连续模的排样设计 86

二、连续模常用定距方式 90

三、导料装置 92

四、凸、凹模设计 92

五、自动送料装置 93

六、安全检测装置 94

项目实施 94

一、成形工艺分析 94

二、模具设计 96

拓展练习 97

第二篇 塑料成型工艺与模具设计

项目六 GMC 汽车标志塑料成型

工艺与模具设计 98

项目目标 98

项目分析 98

理论知识 98

一、塑料的组成、工艺特性及常用

塑料简介 99

二、注射成型原理与注塑件的工艺

特性 108

三、型腔布局与分型面设计 123

四、浇注系统与排气系统设计 127

五、成型零件设计 143

六、结构零部件设计 150

七、脱模机构设计 156

八、温度调节系统设计 170

九、注射模与注射机 175

项目实施 180

一、成型工艺分析 180

二、模具设计 180

拓展练习 181

项目七 支架零件塑料成型工艺与

模具设计 182

项目目标 182

项目分析 182

理论知识 183

一、侧向分型与抽芯机构概述 183

二、机动侧向分型与抽芯机构 183

三、液压与气动侧向分型与抽芯机构 191

四、压缩成型工艺及模具设计 192

五、挤出成型工艺及模具设计 194

六、气动成型工艺及模具设计 196

项目实施 201

一、成型工艺分析 201

二、模具设计 201

拓展练习 202

第三篇 模具制造技术

项目八 冲孔凹模镶块零件加工 203

项目目标 203

项目分析 203

理论知识 204

一、模具制造的要求与特点 204

二、模具制造工艺规程 205

三、模具零件的工艺分析 208

四、模具零件的普通机械加工 209

五、模具零件电火花线切割加工 213

项目实施 216

一、制造工艺分析 216

二、制造工艺卡编制 217

拓展练习 217

项目九 动模型芯零件加工 219

项目目标 219

项目分析 219

理论知识 220

一、电火花成形加工 220

二、数控加工 224

三、模具装配 227

项目实施 233

一、制造工艺分析 233

二、制造工艺卡编制 233

拓展练习 234

参考文献 235

第一篇 冲压工艺与模具设计

项目一 管夹冲裁成形工艺与模具设计

项目目标

1. 了解冲压成形工艺的基本特点。
2. 了解冲压设备与冲压成形的基本工序。
3. 能分析并划分简单冲裁件的工艺与工序。
4. 能确定合理的常用冲压材料的冲裁间隙、刃口搭边值等参数。
5. 能计算冲裁模的凸、凹模刃口尺寸与冲裁力、压力中心等参数。
6. 能设计简单冲压件的单工序冲裁模与复合冲裁模的结构。

项目分析

1. 项目介绍

管夹零件图如图 1-1 所示。材料为不锈钢 4301，材料厚度 $t = 1.0\text{mm}$ 。管夹零件的结构不是很复杂，具有冲压产品冲裁成形工艺的典型特点，零件的形状轮廓比较规则，在开口处的尺寸 $17^{+0.1}_0\text{mm}$ 、 $\phi(18.2 \pm 0.2)\text{mm}$ 、 $(31 \pm 0.2)\text{mm}$ 具有一定的精度要求，其他尺寸精度要求较低。管夹零件的尺寸既有公差要求的尺寸，也有未注公差的尺寸。该零件比较简单，便于初步学习掌握冲压、冲裁工艺的基本知识。

2. 项目基本流程

根据管夹零件的结构特点，本项目主要针对落料的冲裁成形工艺，采用单工序的结构形式，介绍冲压工艺中基础冲裁工艺的知识。通过理论知识的学习，并结合目前相关企业的实际生产状况，设计比较合理的模具结构，实现管夹零件的成形工艺与模具设计。

通过管夹零件冲裁成形工艺分析与模具结构设计的结合，了解冲压件通用的冲压设备；分析冲压基本工序及冲裁成形工艺的常规应用；确定管夹零件合理的冲裁间隙、刃口搭边尺寸等参数；计算出冲裁成形工艺时的刃口尺寸、冲裁力、压力中心等参数，设计典型冲裁件冲裁成形的模具结构。

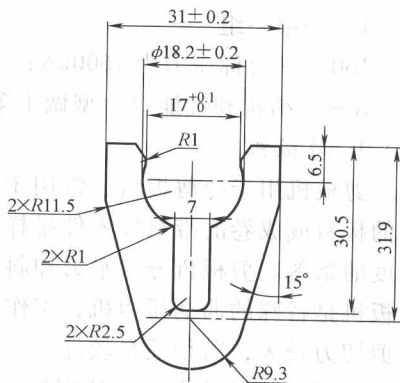


图 1-1 管夹零件图

理论知识

冲压成形是利用安装在压力机上的模具对材料施加压力，使其产生分离或塑性变形，从而获得所需要零件（常称为冲压件）的一种压力加工方法。这种冲压成形工艺通常是在室温下进行的，所以常称为冷冲压，即材料与模具不进行加热。但这种叫法不是绝对的，在某些特殊的情况下也可以对材料进行加热状态下的生产加工。

冲压成形工艺不仅可以加工金属材料，而且可以加工非金属材料。冲压成形工艺所使用的模具称为冲压模具，冲压模具是将材料加工成所需要的冲压件的一种工艺过程装备。先进的冲压成形工艺需要通过先进的模具技术得以实现。

一、冲压设备

冲压加工中常用的压力机为锻压机械中的一类，锻压机械的基本型号由一个汉字拼音的大写字母和几个阿拉伯数字组成，汉字拼音字母代表压力机的类别，其分类见表 1-1。按其结构形式和使用条件不同，压力机主要有曲柄压力机、摩擦压力机和油压机三类，其中曲柄压力机和摩擦压力机属于机械压力机，以曲柄压力机最为常用。冲压设备根据自动化程度也可以分为普通压力机、数控压力机、自动压力机等。

表 1-1 锻压机械的分类

类别名称	拼音代号	类别名称	拼音代号
机械压力机	J	锻机	D
液压压力机	Y	剪切机	Q
自动压力机	Z	弯曲校正机	W
锤	C	其他	T

例如，JA31—160A 曲柄压力机型号的意义是：

J——第一类机械压力机；

A——参数与基本型号不同的第一种变型；

3——第三列；

1——第一组；

160——公称压力为 1600kN；

A——结构和性能对原型做了第一次改进。

1. 剪板机

剪板机用于冷剪板料，常用于下料工序，即将尺寸较大的板料或成卷的带料按零件排样尺寸的要求裁剪成所需

宽度的条料。剪板机分为平刃和斜刃两类，其中平刃剪板机应用较多，如图 1-2 所示。平刃剪板机是特殊的曲柄压力机，工作时，上、下刀片的整个刀刃同时与板材接触，工作时所需要剪切力较大，剪切质量较好。

剪板机的代号为 Q，其规格型号按所能剪裁的板料宽度和厚度来表示。如 Q11—6 × 2000 剪板机，表示可剪裁板料最大尺寸（厚 × 宽）为 6mm × 2000mm。

2. 曲柄压力机

曲柄压力机是以曲柄连杆机构作为主传动结构的机械式压力机，它是冲压加工中应用最

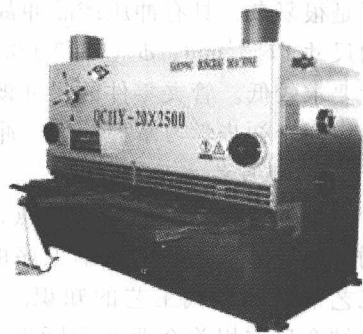


图 1-2 剪板机

广泛的一种,能完成各种冲压工序,如冲裁、弯曲、拉深、成形等。常用曲柄压力机根据床身的结构又可以分为开式压力机和闭式压力机两类。图 1-3 所示为开式单点压力机,图 1-4 所示为闭式双点压力机。

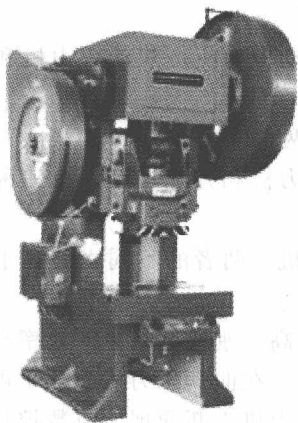


图 1-3 开式单点压力机

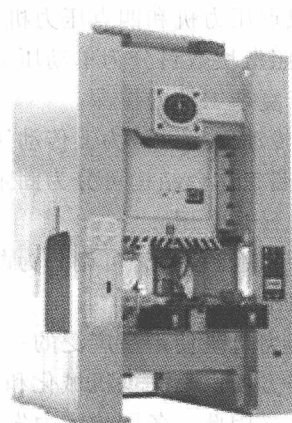


图 1-4 闭式双点压力机

(1) 曲柄压力机的工作原理 以开式压力机为例,其运动原理如图 1-5 所示。其工作原理为:电动机 1 通过 V 带把运动传递给大带轮 3,再经过小齿轮 4、大齿轮 5 传递给曲轴 7。连杆 9 上端装在曲轴上,下端与滑块 10 连接,把曲轴的旋转运动变为滑块的直线往复运动。滑块运动的最高位置称为上死点,最低位置称为下死点。冲压模具的上模 11 装在滑块上,下模 12 装在垫板 13 (或工作台 14) 上。因此,当板料放在上、下模之间时,滑块向下移动进行冲压,即可获得工件。在使用压力机时,电动机始终在不停地运转,但由于生产工艺的需要,滑块有时运动,有时停止,因此装有离合器 6 和制动器 8。普通压力机在整个工作周期内进行工艺操作的时间很短,大部分是无负荷的空行程时间。为了使电动机的负荷均匀、有效地利用能量,可安装飞轮。大带轮 3 同时起飞轮的作用。

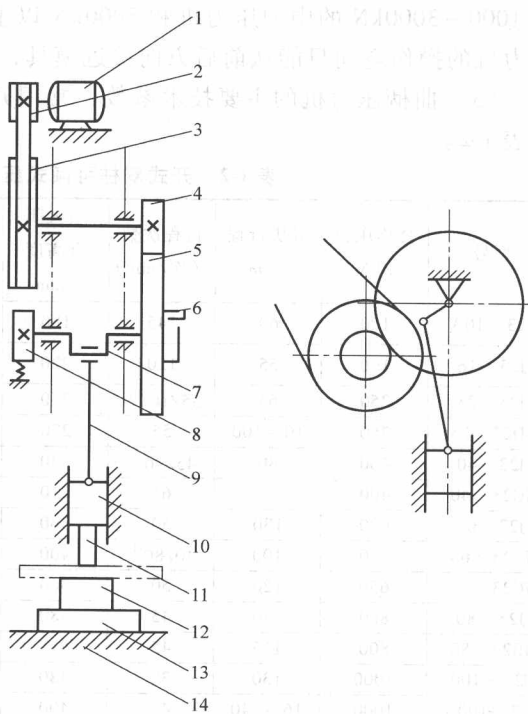


图 1-5 开式压力机运动原理图

(2) 曲柄压力机的主要类型 可以按照不同的分类方式对曲柄压力机进行分类。

1) 按照床身结构可以分为开式压力机和闭式压力机两种。开式压力机床身前面、左面和右面三个方向完全敞开,具有安装模具和操作方便的特点,但床身呈 C 字形,刚性较差。闭式压力机床身两侧封闭,只能在前

后方向操作,具有机床刚性好、适用于一般要求的大中型压力机和精度要求较高的轻型压力机的特点。

2) 按照连杆数目可分为单点压力机、双点压力机和四点压力机。单点压力机只有一个连杆,而双点压力机和四点压力机分别有两个和四个连杆。

3) 按照滑块数目分为单动压力机、双动压力机和三动压力机。双动压力机和三动压力机主要用于复杂工件的拉深。

4) 按传动方式可分为上传动压力机和下传动压力机两种。

5) 按照工作台结构可分为固定式压力机、可倾式压力机和升降台压力机三种,其中固定式压力机最为常用。

6) 按滑块行程是否可调分为曲柄压力机和偏心压力机,两者的不同之处在于其滑块行程是否可以适当调节。

曲柄压力机是使用最广泛的一种冲压设备,具有精度高、刚性好、生产效率高、工艺性能好、操作方便、易实现机械化和自动化生产等多种优点。在曲柄压力机上几乎可以完成所有冲压工序。因此,各国均大力发展曲柄压力机,新型压力机不断涌现。将数控技术引入压力机操纵控制系统,使其操作更加方便,自动化程度大大提高。但是,由于曲柄压力机的机身是敞开式结构,其机床刚性较差,故一般适用于公称压力在 1000kN 以下的小型压力机。而 1000~3000kN 的中型压力机和 3000kN 以上的大型压力机,大多采用闭式压力机。闭式压力机的操作空间只能从前后方向接近模具,但机床刚性较强,精度较高。

(3) 曲柄压力机的主要技术参数 常用开式双柱可倾式压力机的规格型号与技术参数见表 1-2。

表 1-2 开式双柱可倾式压力机的规格型号与技术参数

型号	公称压力 /kN	滑块行程 /mm	行程次数 /(次/min)	最大闭 合高度 /mm	连杆调 节长度 /mm	工作台尺寸 (前后×左右) /(mm×mm)	电动机功率 /kW	模柄孔尺寸 /mm
J23—10A	100	60	145	180	35	240×360	1.1	φ30×50
J23—16	160	55	120	220	45	300×450	1.5	
J23—25	250	65	55/105 ^①	270	55	370×560	2.2	
JD23—25	250	10~100	55	270	50	370×560	2.2	φ50×70
J23—40	400	80	45/90 ^①	330	65	460×700	5.5	
JC23—40	400	90	65	210	50	380×630	4	
J23—63	630	130	50	360	80	480×710	5.5	
JB23—63	630	100	40/80 ^①	400	80	570×860	7.5	
JC23—63	630	120	50	360	80	480×710	5.5	
J23—80	800	130	45	380	90	540×800	7.5	φ60×75
JB23—80	800	115	45	417	80	480×720	7	
J23—100	1000	130	38	480	100	710×1080	10	
J23—100A	1000	16~140	45	400	100	600×900	7.5	
JA23—100	1000	150	60	430	120	710×1080	10	
JB23—100	1000	150	60	430	120	710×1080	10	
J23—125	1250	130	38	480	110	710×1080	10	φ70×80
J23—160	1600	200	40	570	120	900×1360	15	

① 此种形式表示该机床有两种规格的行程次数。

曲柄压力机主要有以下技术参数:

1) 公称压力。它是指滑块离下死点前某个特定距离或曲柄旋转到离下死点前某个特定角度时, 滑块上所允许承受的最大作用力。例如 J31—315 型压力机的公称压力为 3150kN, 它是指滑块离下死点前 10.5mm 或曲柄旋转到离下死点前 20° 时, 滑块上所允许承受的最大作用力。公称压力是压力机的一个主要技术参数, 我国压力机的公称压力已经系列化。

2) 滑块行程。它是指滑块从上死点到下死点所经过的距离, 其大小随工艺用途和公称压力的不同而不同。例如, 冲裁用的压力机行程较小, 拉伸用的压力机行程较大。

3) 行程次数。它是指滑块每分钟从上死点到下死点, 然后再回到上死点所往复的次数。一般小型压力机和用于冲裁的压力机行程次数较多, 大型压力机和用于拉伸的压力机行程次数较少。

4) 闭合高度。它是指滑块在下死点时, 滑块下平面到工作台上平面的距离。当闭合高度调节装置将滑块调整到最上位置时, 闭合高度最大, 称为最大闭合高度; 将滑块调整到最下位置时, 闭合高度最小, 称为最小闭合高度。闭合高度从最大到最小可以调节的范围, 称为闭合高度调节量。

5) 装模高度。当工作台上装有工作垫板, 并且滑块在下死点时, 滑块下平面到垫板上平面的距离称为装模高度。在最大闭合高度状态时的装模高度称为最大装模高度, 在最小闭合高度状态时的装模高度称为最小装模高度。装模高度与闭合高度之差为垫板厚度。

6) 连杆调节长度。连杆调节长度又称为装模高度调节量。曲柄压力机的连杆通常做成两部分, 使其长度可以调整。通过改变连杆长度可以改变压力机的闭合高度, 以适应不同闭合高度模具的安装要求。

除上述主要参数外, 还有工作台尺寸、模柄孔尺寸等。

3. 摩擦压力机

摩擦压力机是利用螺杆与螺母的相对运动原理工作的, 具有结构简单、制造容易、维修方便、生产成本低等特点。摩擦压力机工作时灵活性大, 其作用力的大小可以根据需要通过操作来调节, 超负荷时摩擦轮打滑而不会损坏模具及设备, 适用于弯曲大而厚的工件以及校正, 压印, 成形和温、热挤压等冲压工序。其缺点是飞轮轮缘磨损大, 生产率和精度较低。

图 1-6 所示为摩擦压力机的结构简图。其传动原理为: 电动机通过带传动使轴 3 带动两摩擦盘高速转动; 轴 3 既可以带动两摩擦盘转动, 又可以带动两摩擦盘作轴向移动。由于两摩擦盘间的距离比飞轮 4 直径稍大, 操纵手柄 14 则可以控制两摩擦盘中的一个与飞轮边缘接触, 利用摩擦力带动飞轮 4 和螺杆 6 旋转, 根据螺杆与螺母的相对运动原理, 使滑块向上(或向下)运动, 完成冲压工序。图 1-7 所示为摩擦压力机外形图。

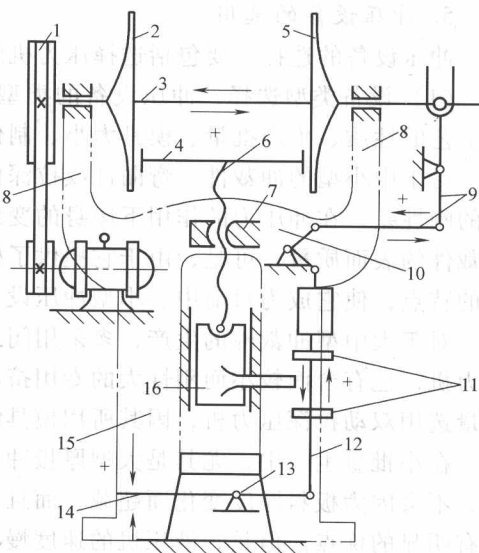


图 1-6 摩擦压力机的结构简图

- 1—带轮 2、5—摩擦轮 3—轴 4—飞轮
6—螺杆 7—圆螺母 8—支架 9、12—
传动杆 10—横梁 11—挡块 13—工作
台 14—手柄 15—机身 16—滑块

4. 油压机

图 1-8 所示为常见的万能油压机。其工作原理为：电动机带动液压泵向液压缸输送高压油，推动活塞或柱塞带动活动横梁作上下方向的往复运动。模具安装在活动横梁和工作台上，能够完成弯曲、拉深、翻边、整形等冲压工序。油压机工作行程长，在整个行程中都能承受公称载荷，但其工作效率低。如果不采取特殊措施，一般不能用于冲裁工序。

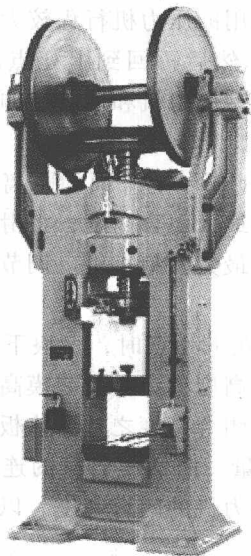


图 1-7 摩擦压力机外形图

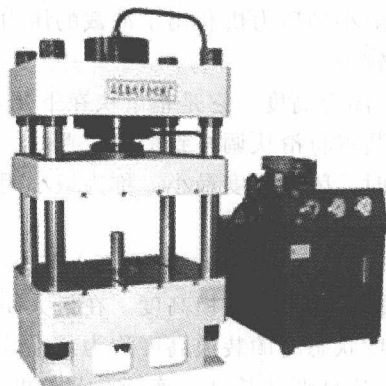


图 1-8 万能油压机

5. 冲压设备的选用

冲压设备的选择主要包括选择压力机的类型和确定压力机的规格。

(1) 设备类型选择 冲压设备的类型较多，其刚度、精度、用途各不相同，应根据冲压工艺的性质、生产批量、模具大小、制件精度等正确选用。

对于中小型的冲裁件、弯曲件或拉深件的生产，主要应采用开式压力机。虽然开式压力机的刚性差，在冲压力的作用下床身的变形能够破坏冲裁模的间隙分布、降低模具的寿命或冲裁件的表面质量，可是，由于它提供了极为方便操作的条件和非常容易安装机械化附属装置的特点，使它成为目前中、小型冲压设备的主要形式。

对于大中型冲裁件的生产，多采用闭式结构形式的机械压力机，其中有一般用途的通用压力机，也有台面较小而刚性大的专用挤压压力机、精压机等。在大型拉深件的生产中，应尽量选用双动拉深压力机，因其所用模具结构简单，调整方便。

在小批量生产中，尤其是大型厚板冲压件的生产，多采用液压机。液压机没有固定的行程，不会因为板料厚度变化而超载，而且在需要很大的施力行程加工时，与机械压力机相比具有明显的优点。但是，液压机的速度慢，生产效率低，而且零件的尺寸精度有时因受到操作因素的影响而不十分稳定。

摩擦压力机具有结构简单、造价低廉、不易发生超负荷损坏等特点，所以在小批量生产中常用来完成弯曲、成形等冲压工作。但是，摩擦压力机的行程次数较少，生产率低，而且操作也不太方便。

在大批量生产或形状复杂零件的大量生产中，应尽量选用高速压力机或多工位自动压力

机。

(2) 设备规格选择 确定压力机的规格时应遵循如下原则:

1) 压力机的公称压力必须大于冲压工序所需压力,当冲压行程较长时,还应注意在全部工作行程上,压力机许可压力曲线应高于冲压变形力曲线。

2) 压力机滑块行程应满足制件在高度上能获得所需尺寸,并在冲压工序完成后能顺利地由模具上取出来的要求。对于拉深件,行程应大于制件高度两倍以上。

3) 压力机的行程次数应符合生产率和材料变形速度的要求。

4) 压力机的闭合高度、工作台尺寸、滑块尺寸、模柄孔尺寸等都能满足模具正确安装要求。对于曲柄压力机,模具的闭合高度与压力机闭合高度之间要符合以下关系

$$H_{\max} - H_1 - 5\text{mm} \geq H \geq H_{\min} - H_1 + 10\text{mm}$$

式中 H ——模具闭合高度 (mm);

$H_{\max}$ ——压力机的最大闭合高度 (mm);

$H_{\min}$ ——压力机的最小闭合高度 (mm);

H_1 ——压力机的垫板厚度 (mm)。

工作台尺寸一般应大于模具下模座 50~70mm,以便于安装。垫板孔径应大于制件或废料的投影尺寸,以便于漏料。模柄尺寸(或加衬套)应与模柄孔尺寸相符。

二、冲压基本工序

冲压工序是指一个或一组人,在一个工作地点对同一个或同时对几个冲压件连续完成的那一部分冲压工艺过程。一个冲压件往往需要经过多道冲压工序才能完成,由于冲压件的形状、尺寸、精度、生产批量、原材料等的不同,其冲压工序也是多样的,但大致可分为分离工序和成形工序两大类。

分离工序是指在冲压过程中,使冲压工序件与板料沿一定的轮廓线相互分离的工序。例如冲槽、切断、落料、冲孔等。

成形工序(也称塑性成形)是指材料在不破裂的条件下产生塑性变形,从而获得一定形状、尺寸和精度要求的零件的工序。例如弯曲、拉深、成形、冷挤压等。

在冲压的一次行程过程中,只能完成一道冲压工序的模具称为单工序模。

在冲压的一次行程过程中,在不同的工位上同时完成两道或两道以上冲压工序的模具称为级进模。

在冲压的一次行程过程中,在同一工位上完成两道以上冲压工序的模具称为复合模。

常用冲压工序名称、特点与应用见表 1-3 和表 1-4。

表 1-3 分离工序

工序名称	工序简图	特点与应用
落料		将材料沿封闭轮廓分离,被分离下来的部分大多是平板形的零件或工序件
冲孔		将废料沿封闭轮廓从材料或工序件上分离下来,从而在材料或工序件上获得需要的孔

(续)

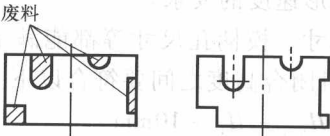
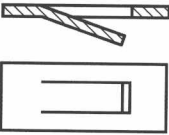
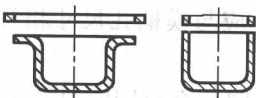
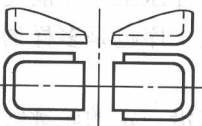
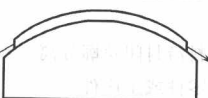
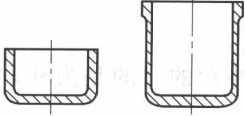
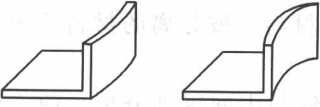
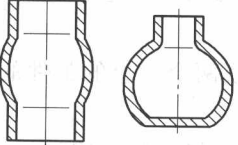
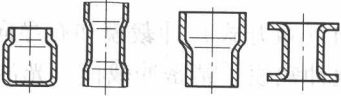
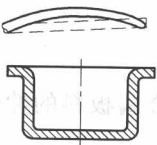
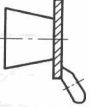
工序名称	工序简图	特点与应用
切断		将材料沿敞开轮廓分离, 被分离的材料成为零件或工序件
冲槽、冲缺口		将材料从工件外围周边上分离出废料, 获得工件需要的槽或缺口形状
切舌		将材料沿敞开轮廓局部而不是完全分离, 并使被局部分离的部分达到工件所要求的一定位置, 不再位于分离前所处的平面上
切边		利用冲模修切成形工序件的边缘, 使之具有一定直径、一定高度或一定形状
剖切		用剖切模将成形工序件一分为几, 主要用于不对称零件的成双或成组冲压成形之后的分离

表 1-4 成形工序

工序名称	工序简图	特点与应用
弯曲		用弯曲模使材料产生塑性变形, 从而弯成一定曲率、一定角度的零件。它可以加工各种复杂的弯曲件
卷边		将工序件边缘卷成接近封闭圆形, 用于加工类似铰链的零件
拉弯		在拉力与弯矩共同作用下实现弯曲变形, 使坯料的整个弯曲横断面全部受拉应力作用, 从而提高弯曲件精度
拉深		将平板形的坯料或工序件变为开口空心件, 或把开口空心工序件进一步改变形状和尺寸成为开口空心件

(续)

工序名称	工序简图	特点与应用
变薄拉深		将拉深后的空心工序件进一步拉深, 使其侧壁减薄, 高度增大, 以获得底部厚度大于侧壁的零件
翻孔		沿内孔周围将材料翻成竖边, 其直径比原内孔大
翻边		沿外形曲线周围翻成侧立短边
胀形		将空心工序件或管状件沿径向往外扩张, 形成局部直径较大的零件
缩口、扩口		将空心工序件或管状件口部或中部加压, 使其直径缩小, 形成口部或中部直径较小的零件。或将空心工序件或管状件敞开处向外扩张, 形成口部直径较大的零件
整形		整形是依靠材料的局部变形, 少量改变工序件形状和尺寸, 以保证工件的精度
旋压		用旋轮使旋转状态下的坯料逐步成形为各种旋转体空心件

三、冲裁成形工艺

冲裁是利用冲压模具使一部分材料与另一部分材料实现分离的冲压工艺方法, 是冲压加工方法中的基础工序, 应用广泛。该工序既可以直接冲压出所需的零件, 又可以为其他冲压工序制备毛坯。

冲裁分为普通冲裁和精密冲裁。普通冲裁是常见的冲裁工艺, 材料在分离时由于受到冲裁力的作用, 在凸、凹模刃口之间的材料, 除了受剪切变形之外, 还存在着拉、弯、横向挤压等变形, 材料最终是以撕裂形式实现分离的。所以, 普通冲裁工件的断面比较粗糙, 而且有一定的锥度, 精度比较低。精密冲裁则采用特殊结构的冲模, 使凸、凹模刃口处的材料受三向压应力的作用, 形成很大的静水压效应, 抑制材料的断裂, 以塑性剪切变形状态使材料

分离。精密冲裁零件的断面光洁，与板面垂直，精密度较高。由于现代工业对冲压件质量的要求越来越严格，精密冲裁的应用也越来越广泛。

1. 冲裁工艺及模具分类

(1) 冲裁工序分类

1) 落料。指从材料上沿封闭轮廓分离出工件，冲裁的目的是为获取具有一定外形轮廓和尺寸的工件。

2) 冲孔。指从工件上沿封闭轮廓分离出废料，冲裁的目的是为了获取一定形状和尺寸的内孔。冲落部分成为废料，带孔部分即为工件。

3) 切断。指从材料上沿不封闭的轮廓分离出工件的工序。

4) 冲槽、冲缺口。指从工件外围周边上分离出废料，获得工件需要的形状的工序。

5) 切舌。指从工件上沿敞开的轮廓局部分离材料，被分离的材料不再在分离前的平面上的工序。

6) 切边（修边）。即将成形后的零件周边边缘与中间零件分离，使之达到一定尺寸或形状要求的工件。特别是一些复杂成形的零件，在成形后周边边缘的变形和偏移量很大、很不规则，所以需要进行切边以达到产品的要求。

7) 剖切。即将成形后的空心工序件分离成两个或两个以上的工件的工序。

(2) 冲裁模具分类

1) 按冲裁工序组合程度分类，可分为单工序模、复合模、连续模（级进模）、组合冲模等。

2) 按模具具有无导向装置分类，可分为无导向（敞开式）冲裁模和有导向冲裁模。

3) 按冲裁过程变形机理的不同，可分为普通冲裁模、精密冲裁模、光洁冲裁模等。

4) 按模具材料分类，可分为一般钢结构冲裁模、硬质合金冲裁模、聚氨酯和橡胶冲裁模、锌合金冲裁模等。

2. 冲裁过程分析及冲裁断面特征

(1) 冲裁过程分析 图 1-9 所示是无压料板装置时金属板料的冲裁变形过程，当凸、凹模间隙正常时，其冲裁过程大致可以分为三个阶段。

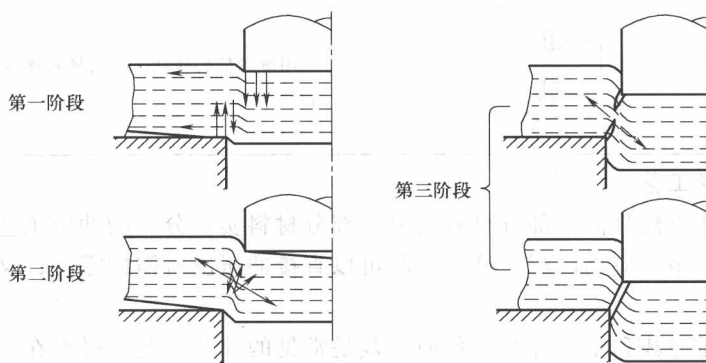


图 1-9 冲裁变形过程

1) 弹性变形阶段。凸模的压力作用使材料产生弹性压缩、弯曲和拉伸等变形，并略被挤入凹模型孔内，此时，凸模下的材料略呈拱形，凹模上的材料略有上翘，间隙越大，拱形

和上翘越严重。在这一阶段中,因材料内部的应力没有超过弹性极限,处于弹性变形状态,当凸模卸载后,材料即恢复原状。

2) 塑性变形阶段。凸模继续下压,材料内的应力达到屈服强度,材料开始产生塑性剪切变形,凸模挤入板料,板料挤入凹模,形成光亮的剪切断面。同时,因凸、凹模间存在间隙,故伴随有材料的弯曲与拉伸变形(间隙越大,变形越大)。随着凸模的不断压入,材料变形抗力不断增加,硬化加剧,刃口附近产生应力集中,达到材料抗拉强度时,塑性变形阶段结束。

3) 断裂分离阶段。当刃口附近应力达到材料破坏应力时,凸、凹模间的材料先后在靠近凹、凸模刃口侧面产生裂纹,并沿最大切应力方向向材料内层扩展,使材料分离。

(2) 冲裁断面特征 对普通冲裁零件的断面作进一步的分析,可以发现这样的规律:零件的断面与零件平面并非完全垂直,而是带有一定的锥度;除光亮带以外,其余均粗糙无光泽,并有毛刺和塌角,如图 1-10 所示。观察所有普通冲裁零件的断面都具有明显的区域性特征,所不同的是各个区域的大小占整个断面的比例不同而已。冲裁断面上各区域分别为:

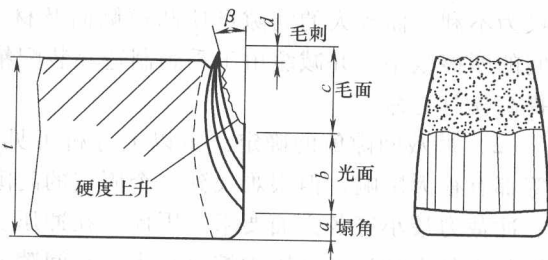


图 1-10 冲裁断面特征

1) 塌角带(又称塌角)。其大小与材料塑性和模具间隙有关。

2) 光亮带(又称光面)。光亮且垂直于端面,普通冲裁光面占整个断面的 1/3 以上。光面是制件测量的基准。

3) 断裂带(又称毛面)。毛面粗糙且有锥度。

4) 毛刺。呈竖直状,是模具拉挤板材的结果。

对于同一种材料来说,塌角带、光亮带、断裂带和毛刺这四个部分在断面上所占的比例也不是固定不变的,它与材料本身的厚度、冲裁间隙、模具结构、冲裁速度及刃口锋利程度等因素有关。其中影响最大的因素是冲裁间隙。

3. 冲裁间隙

冲裁间隙 Z 是指冲裁模中凹模刃口尺寸 D_A 与凸模刃口尺寸 d_T 的差值,即

$$Z = D_A - d_T$$

如图 1-11 所示, Z 表示双面间隙,单面间隙用 $Z/2$ 表示,如无特殊说明,冲裁间隙就是指双面间隙。 Z 值可为正,也可为负,但在普通冲裁中均为正值。

(1) 冲裁间隙对冲裁工艺的影响 冲裁间隙对冲裁件质量、冲裁力和模具寿命均有很大影响,是冲裁工艺与冲裁模设计中的一个非常重要的工艺参数。

1) 冲裁间隙对冲裁件质量的影响。冲裁间隙是影响冲裁件质量的主要因素之一,详见前面“冲裁变形过程分析”部分的内容。

2) 冲裁间隙对冲裁力的影响。随着间隙的增大,材料所受的拉应力增大,材料容易断裂分离,因此冲裁力减小。通常冲裁力的降低并不显著,当单边间隙为材料厚度的 5% ~ 20% 时,冲裁力的降低不超过 5% ~ 10%。间隙对卸料力、推件力的影响比较显著。间隙增大后,从凸模上卸料和从凹模里推出零件都省力。当单边间隙达到材料厚度的 15% ~ 25%