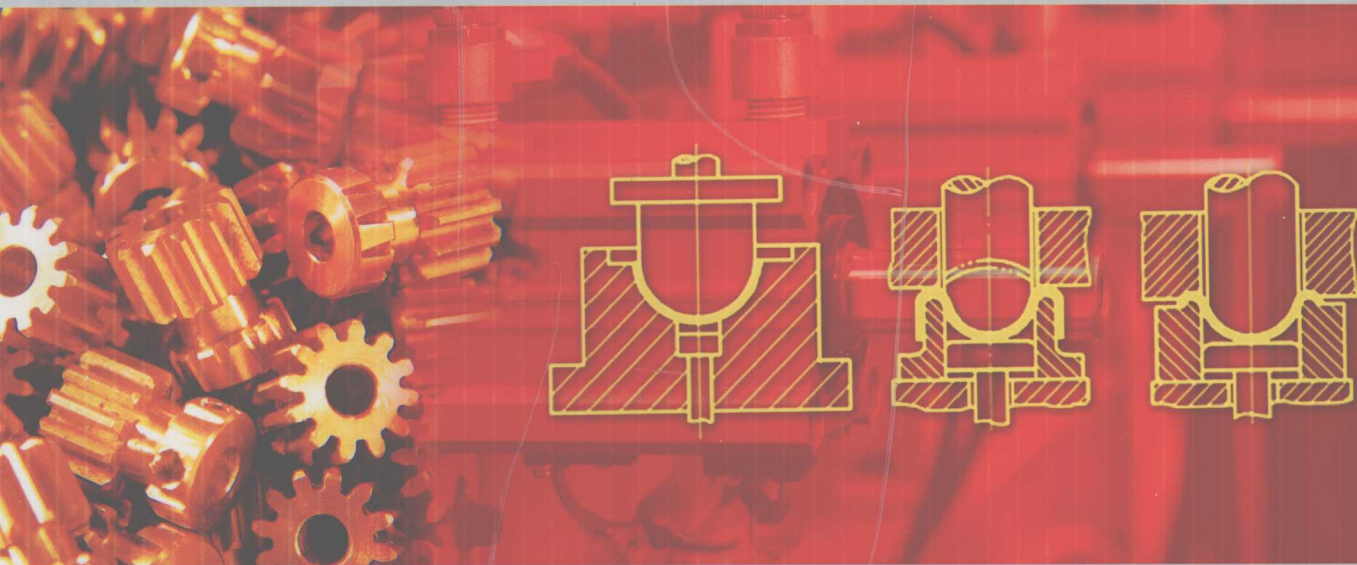


21

21 世纪全国高校应用人才培养机电类规划教材



冲压工艺 与模具设计

余银柱 主编
赵跃文 副主编



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

要 點 客 內

21 世纪全国高校应用人才培养机电类规划教材

本书以应用型人才为培养对象，以应用为目的，以必需、够用为原则，注重培养学生的实践能力和创新意识。全书共分 8 章，主要介绍冲压工艺与模具设计的基本理论、基本知识和基本技能。本书可作为高等院校机电类专业及相关专业的教材，也可供从事冲压工艺与模具设计工作的工程技术人员参考。

冲压工艺与模具设计

余银柱 主编

赵跃文 副主编



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

2005 年 11 月第 1 版 2005 年 11 月第 1 次印刷

25.00 元

内 容 提 要

本书共 8 章：概述、冲压成形的基本理论、冲裁、弯曲、拉深、其他成形工艺、冲压工艺规程设计、模具的安装与调整等，并附有冲模设计的参考资料。

根据应用人才的教育特点，本书以培养学生从事实际工作的基本职业能力和技术应用为目的，理论知识以必需、够用为度，按少而精的原则选取，重点突出实践能力的培养。全书对冲压工艺与模具设计的基本原理、方法、步骤有较系统、全面的介绍，内容通俗易懂，图文并茂，实用性强，每章均附有思考题，重点章节附有设计实例，以方便学生学习。

本书适用于各类高职高专、二类本科院校机械类专业学生学习使用，也可作为从事模具设计与制造工程技术人员的参考用书或自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

冲压工艺与模具设计/余银柱主编. —北京：北京大学出版社，2005.11

(21 世纪全国高校应用人才培养机电类规划教材)

ISBN 7-301-09133-8

I. 冲… II. 余… III. ①冲压—工艺—高等学校：技术学校—教材 ②冲模—设计—高等学校：技术学校—教材 IV. TG38

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 069429 号

书 名：冲压工艺与模具设计

著作责任者：余银柱 主编

责任编辑：韩玲玲

标准书号：ISBN 7-301-09133-8/TH·0026

出 版 者：北京大学出版社

地 址：北京市海淀区成府路 205 号 100871

电 话：邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62765013

网 址：<http://cbs.pku.edu.cn>

电子信箱：xxjs@pup.pku.edu.cn

印 刷 者：河北滦县鑫华书刊印刷厂

发 行 者：北京大学出版社

经 销 者：新华书店

787 毫米×980 毫米 16 开本 17 印张 350 千字

2005 年 11 月第 1 版 2005 年 11 月第 1 次印刷

定 价：25.00 元

前 言

本书是《21世纪全国高校应用人才培养机电类规划教材》之一，适合于应用型普通本科院校、高等专科院校、高等职业学校、成人高校的模具设计与制造专业使用，也可作为从事模具设计与制造工程技术人员的参考用书。本书教学参考时数为60~80学时。

冷冲压在机械制造、电子电器、航空航天、汽车工业及日常生活中都占有十分重要的地位，应用非常广泛。本书以培养学生从事冷冲压实际工作的基本职业能力和技术应用为目的，以培养服务第一线的高等技术应用型专门人才为根本任务。全书讲述了冲压成形的基本理论及冲裁、弯曲、拉深和其他成形工艺的基本理论、工艺特点、工艺计算等内容，还介绍了相应工艺的典型模具结构与设计实例，其中以冲裁、弯曲、拉深的成形工艺和模具设计为重点。在内容编排上以“应用”为主旨，注重知识面的宽广和实践能力的培养，并力求理论知识与模具设计及冲压生产的实践相结合，既侧重各工艺方法的特点，又注意它们之间的内在联系以及在工艺设计和模具设计中带有共性的问题。

本书由中北大学分校余银柱、赵跃文任主编。全书共8章，其中第2、3、5、6、7、8章及附录由余银柱编写，第1、4章由中北大学分校赵跃文编写。本书在编写过程得到北大出版社、兄弟院校有关老师、工厂技术人员的大力支持和帮助，参考了众多专家学者的研究成果，在此一并表示深深的感谢。

由于编者水平有限，不当之处在所难免，望读者批评指正。

作 者

2005年3月

目 录

33	.....	.....	3.3
33	.....	.....	3.3
33	.....	.....	3.3
33	.....	.....	3.4
33	.....	.....	3.4
33	.....	.....	3.4
33	.....	.....	3.3
第 1 章 概述	.....	.....	1
1.1	冲压加工的特点	.....	1
1.2	冲压加工的作用与地位	.....	1
1.3	冲压工序的基本类型	.....	2
1.4	冲压模具的分类与基本结构组成	.....	6
1.5	冲压技术的发展趋势	.....	9
1.6	思考题	.....	10
第 2 章 冲压成形的基本理论	.....	.....	11
2.1	塑性、塑性变形、变形抗力的概念	.....	11
2.1.1	塑性与塑性变形	.....	11
2.1.2	变形抗力	.....	11
2.2	影响塑性变形的的主要因素	.....	12
2.3	常用冲压材料	.....	15
2.3.1	冲压工艺对材料的基本要求	.....	15
2.3.2	常用冲压材料	.....	15
2.3.3	常用金属冲压材料的规格	.....	16
2.4	思考题	.....	17
第 3 章 冲裁	.....	.....	18
3.1	冲裁变形过程分析	.....	18
3.1.1	冲裁变形过程	.....	18
3.1.2	冲裁力—凸模行程曲线	.....	19
3.1.3	冲裁件断面分析	.....	19
3.2	冲裁件质量	.....	20
3.2.1	尺寸精度	.....	20
3.2.2	断面质量	.....	21
3.2.3	毛刺	.....	22

3.3	冲裁间隙	22
3.3.1	冲裁间隙对冲裁工艺的影响	22
3.3.2	冲裁间隙的选择	23
3.4	冲裁模刃口尺寸计算	27
3.4.1	凸、凹模刃口尺寸计算原则	27
3.4.2	凸、凹模刃口尺寸计算	28
3.5	冲压力及压力中心计算	32
3.5.1	冲压力	32
3.5.2	减小冲裁力的措施	33
3.5.3	压力中心计算	34
3.6	冲裁件的工艺性	35
3.6.1	冲裁件的公差等级和断面粗糙度	35
3.6.2	冲裁件的结构形状与尺寸精度	37
3.6.3	冲裁件的尺寸基准	38
3.7	冲裁件的排样	38
3.7.1	材料利用率	39
3.7.2	排样方法	39
3.7.3	搭边与条料宽度	40
3.8	冲裁模典型结构	44
3.8.1	单工序冲裁模	45
3.8.2	复合冲裁模	50
3.8.3	连续冲裁模	52
3.9	冲裁模主要零件的设计与标准的选用	55
3.9.1	工作零件	56
3.9.2	卸料、顶件、推件零件	61
3.9.3	弹簧和橡胶选择	63
3.9.4	定位零件	65
3.9.5	标准模架与导向零件	72
3.9.6	模柄及支撑、固定零件	75
3.9.7	模具闭合高度及各主要零部件关系	76
3.10	冲裁模设计实例	77
3.11	思考题	90
第4章	弯曲	91
4.1	弯曲过程分析	92

131	4.1.1 弯曲变形过程.....	92
131	4.1.2 弯曲变形特征.....	93
133	4.1.3 弯曲变形时的应力应变状态.....	93
134	4.2 弯曲件的质量分析.....	95
135	4.2.1 弯裂.....	95
136	4.2.2 回弹.....	96
139	4.2.3 偏移.....	102
137	4.3 弯曲件展开尺寸计算.....	103
137	4.3.1 应变中性层位置的确定.....	103
137	4.3.2 弯曲件毛坯长度计算.....	104
138	4.4 弯曲力、顶件力、压料力.....	106
138	4.4.1 自由弯曲时的弯曲力.....	106
141	4.4.2 校正弯曲时的弯曲力.....	107
140	4.4.3 顶件力和压料力.....	107
141	4.4.4 弯曲时压力机吨位的确定.....	108
141	4.5 弯曲件的工艺性.....	108
141	4.5.1 弯曲件的精度.....	108
141	4.5.2 弯曲件的结构工艺性.....	109
140	4.6 弯曲件的工序安排.....	112
141	4.7 弯曲模典型结构.....	113
140	4.7.1 V形件弯曲模.....	114
140	4.7.2 U形件弯曲模.....	116
141	4.7.3 四角形件弯曲模.....	118
141	4.7.4 圆形件弯曲模.....	118
143	4.7.5 级进弯曲模.....	120
140	4.8 弯曲模工作部分尺寸的确定.....	120
140	4.8.1 弯曲凸、凹模的圆角半径及凹模的工作深度.....	120
140	4.8.2 弯曲凸模和凹模之间的间隙.....	122
140	4.8.3 U形件弯曲模凸、凹模工作部分尺寸的计算.....	123
142	4.9 弯曲模设计实例.....	124
142	4.10 思考题.....	128
148	第5章 拉深.....	129
180	5.1 拉深过程分析.....	129
181	5.1.1 拉深变形过程.....	129

50	5.1.2	拉深变形中毛坯的应力应变	131
50	5.2	拉深件的质量	132
50	5.2.1	起皱	133
50	5.2.2	拉裂	134
50	5.2.3	拉深凸耳	135
50	5.2.4	回弹	136
50	5.2.5	时效开裂	136
50	5.3	拉深件的工艺性	137
50	5.3.1	拉深件公差	137
50	5.3.2	拉深件的结构工艺性	137
50	5.4	直壁旋转体件的拉深	138
50	5.4.1	毛坯尺寸计算	138
50	5.4.2	拉深系数	144
50	5.4.3	无凸缘筒形件的拉深次数与工序尺寸计算	146
50	5.4.4	有凸缘筒形件的拉深次数与工序尺寸计算	148
50	5.5	拉深模工作部分设计	151
50	5.5.1	拉深凸、凹模结构	151
50	5.5.2	凸、凹模圆角半径	155
50	5.5.3	凸、凹模间隙	156
50	5.5.4	凸、凹模工作部分尺寸及公差	157
50	5.6	非直壁旋转体件的拉深	159
50	5.6.1	阶梯圆筒形零件的拉深	159
50	5.6.2	球面形状的拉深	161
50	5.6.3	锥形零件的拉深	162
50	5.7	盒形件的拉深	163
50	5.7.1	盒形件的拉深变形程度	163
50	5.7.2	盒形件毛坯形状与尺寸确定	165
50	5.7.3	盒形件多次拉深及工序尺寸确定	167
50	5.7.4	盒形件拉深模工作部分形状和尺寸确定	170
50	5.8	其他拉深方法	172
50	5.8.1	变薄拉深	172
50	5.8.2	软模拉深	177
50	5.8.3	带料连续拉深	178
50	5.9	拉深力、压边力及压边装置的选择	180
50	5.9.1	压边力	180

5.9.2	压边装置的选择	181
5.9.3	拉深力与压力机吨位的选择	185
5.10	拉深辅助工序	187
5.10.1	润滑	187
5.10.2	热处理	187
5.10.3	酸洗	188
5.11	拉深模典型结构	188
5.11.1	无压边装置的首次拉深模	189
5.11.2	有压边装置的首次拉深模	189
5.11.3	以后各次拉深模	190
5.11.4	落料拉深复合模	192
5.11.5	双动压力机用拉深模	192
5.12	拉深模设计实例	193
5.13	思考题	201
第 6 章	其他成形工艺	202
6.1	翻边	202
6.1.1	内孔翻边	202
6.1.2	外缘翻边	205
6.1.3	变薄翻边	206
6.1.4	翻边模设计	206
6.2	校平与整形	208
6.2.1	校平	208
6.2.2	整形	209
6.3	缩口	210
6.3.1	缩口成形的特点与变形程度	211
6.3.2	缩口工艺计算	212
6.3.3	缩口模结构	213
6.4	胀形	214
6.4.1	胀形成形的特点与变形程度	214
6.4.2	胀形工艺计算	215
6.4.3	胀形模结构	216
6.5	起伏成形	217
6.5.1	起伏成形的变形程度	218
6.5.2	起伏成形的冲压力计算	219

181	6.6 旋压.....	219
281	6.6.1 普通旋压.....	220
781	6.6.2 变薄旋压.....	221
781	6.7 思考题.....	221
881	第7章 冲压工艺规程设计	222
881	7.1 冲压工艺规程编制的主要内容和步骤.....	222
881	7.1.1 设计准备工作.....	222
881	7.1.2 零件的工艺性分析.....	223
881	7.1.3 确定冲压件生产的工艺方案.....	224
881	7.1.4 确定模具类型及结构形式.....	229
881	7.1.5 选择冲压设备.....	229
881	7.1.6 编写冲压工艺卡及设计计算说明书.....	231
1081	7.2 冲压工艺规程编制实例.....	231
1081	7.2.1 冲压件的工艺性分析.....	232
1081	7.2.2 工艺方案的分析和确定.....	232
1081	7.2.3 主要工艺参数的计算.....	234
1081	7.2.4 编写冲压工艺卡.....	236
1081	7.3 思考题.....	237
1081	第8章 模具的安装与调整	238
1081	8.1 安装和调整冲压模具的一般步骤.....	238
1081	8.2 冲裁模的安装与调整.....	239
1081	8.3 弯曲模的安装与调整.....	243
1081	8.4 拉深模的安装与调整.....	246
1081	8.5 思考题.....	249
1081	附录	250
1081	附录A 常用冲压材料的性能和规格.....	250
1081	附录B 常用冲压设备规格.....	255
1081	附录C 常用冲模材料及热处理要求.....	257
1081	附录D 冲模零件常用公差配合及表面粗糙度.....	259
1081	参考文献	261

第1章 概述

1.1 冲压加工的特点

冲压加工是利用安装在冲压设备上的冲模对材料施加压力,使其产生分离或塑性变形,从而获得一定尺寸、形状和性能的零件加工方法。

材料、模具和冲压设备是冲压加工的三要素。

由于冲压加工通常是在室温下进行的,所以被称为冷冲压。冲压加工不仅可以加工金属板料、棒料和带料,而且也可以加工非金属材料 and 复合材料。由于冲压加工的原材料一般为板料,所以也被称为板料冲压。冲压加工是压力加工方法的一种,隶属于材料成形工程技术,是机械制造中先进的加工方法之一。本书主要介绍金属的板料冲压。

冲压加工与其他加工方法相比,具有以下特点。

- (1) 操作简单,易于实现自动化,并且具有较高的生产效率。
- (2) 冲压加工可以获得其他加工方法不能或难以制造的形状复杂、精度一致的制件,而且可以保证互换性。
- (3) 冲压过程耗能少、材料利用率高,加工成本低。冲压加工不像切削加工那样需要消耗很多能量、把大量金属切成碎屑后获得零件,材料的利用率一般可达 70%~85%。
- (4) 冲压件刚性好、强度高、重量轻、表面质量好。冲压加工过程中,材料表面不易遭受破坏,而且通过塑性变形还可以使制件的机械性能有所提高。
- (5) 冲压加工中所用的模具结构一般比较复杂、制造周期长、生产成本低,因此在小批量生产中受到限制。
- (6) 冲压件的精度主要取决于模具精度,如果零件的精度要求过高,用冲压生产的方法就难以达到。

1.2 冲压加工的作用与地位

由于冲压加工具有许多突出的优点,因此在工业生产中,尤其是大批量生产中得到广

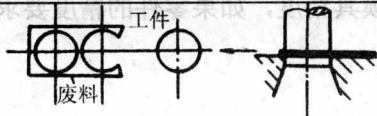

泛应用。从精细的电子元件、仪表指针到汽车的覆盖件、高压容器封头以及航空航天器的蒙皮、机身等均需冲压加工。据粗略统计,在汽车制造业中,有 60%~70%的零件是采用冲压工艺制成的,冷冲压生产所占的劳动量为整个汽车工业劳动量的 25%~30%。在机电及仪器、仪表生产中有 60%~70%的零件是采用冷冲压工艺来完成的。在电子产品中,冲压件的数量约占零件总数的 85%以上。在飞机、导弹、各种枪弹与炮弹的生产中,冲压件所占的比例也相当大。人们日常生活中所用的金属制品,冲压件所占的比例更大,如铝锅、不锈钢餐具、搪瓷盆等都是冲压产品。占世界钢产量 60%~70%以上的板材、管材及型材,其中大部分是通过冲压制成成品的。在许多先进的工业国家里,冲压生产和模具工业得到高度的重视,例如美国和日本,模具工业的产值已超过机床工业,模具工业已成为重要的产业部门,而冲压生产则成为生产优质先进机电产品的重要手段。随着工业产品的不断发展和生产技术水平的不断提高,不少过去用铸造、锻造、切削加工方法制造的零件,已被质量轻、刚度好的冲压件所代替。可以说,冲压加工已成为现代工业生产的重要手段和发展方向,是提高生产率、提高产品质量、降低生产成本、进行产品更新换代的重要保证。

1.3 冲压工序的基本类型

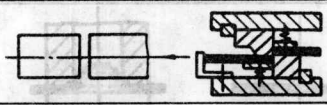

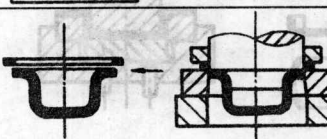
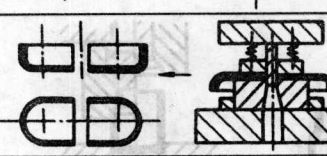
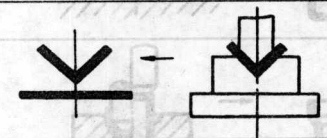
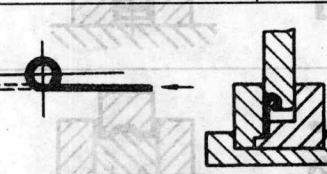
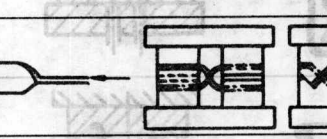
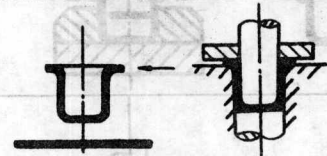
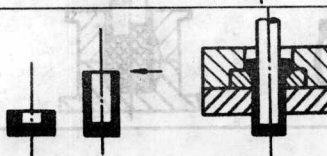
冲压加工因制件的形状、尺寸和精度的不同,所采用的工序也不同。但是,概括起来可分为分离工序和成形工序两大类。分离工序是将冲压件或毛坯沿一定的轮廓相互分离,其特点是变形部分材料的应力达到强度极限以后,使材料发生断裂而分离。成形工序是在材料不产生破坏的前提下使毛坯发生塑性变形,形成所需要的形状及尺寸的制件,其特点是变形部分材料的应力达到屈服极限,但未达到强度极限,使材料产生塑性变形。

上述两类工序,按冲压方式的不同又可分为很多基本工序,表 1-1 列出了常用冲压基本工序的分类和性质。

表 1-1 冲压基本工序

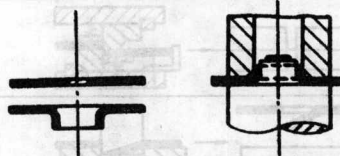
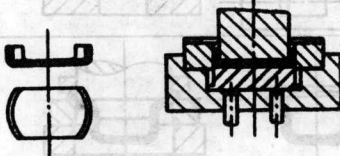
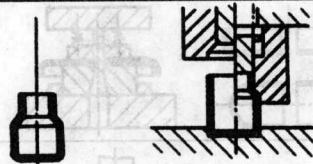
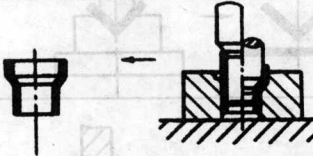
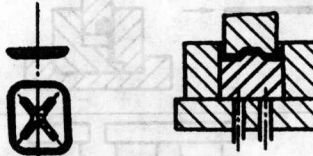
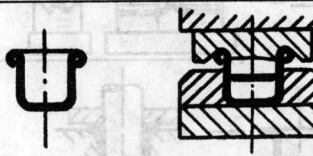
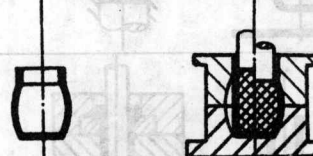
类别	工序	图例	工序性质
分离	落料		将板料沿封闭线分离,冲下的部分为工件,其余部分为废料
	冲孔		将板料沿封闭线分离,冲下的部分为废料

(续表)

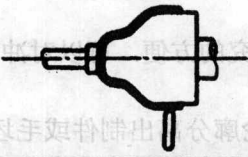
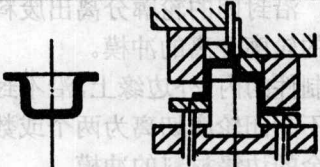
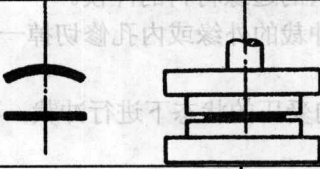
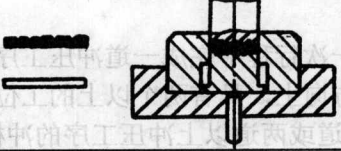
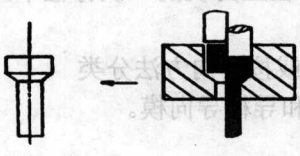
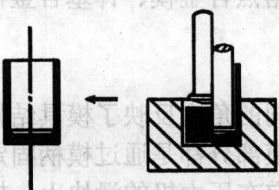
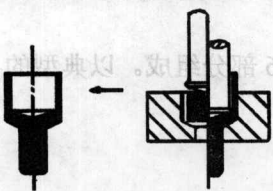
类别	工序	图例	工序性质
分离	剪切		用剪刀或模具切断板料，且断线不封闭
	切口		在坯料上将材料的一部分切开，切口部分发生弯曲
	切边		将拉深或成形后的半成品边缘部分的多余材料切掉
成形	剖切		将半成品切开成两个或几个工件，常用于成双冲压
	弯曲		将材料沿弯曲线弯成各种角度与形状
	卷圆		将板料端部卷圆
成形	扭曲		将平板毛坯的一部分相对于另一部分扭转一个角度
	拉深		将板料压制空心工件，壁厚基本不变
	变薄拉深		用减小直径与壁厚、增加工件高度的方法改变空心件尺寸，得到要求的底部厚、壁部薄的工件

(续表)

(续表)

类别	工序	图例	工序性质
翻边	孔的翻边		将板料或工件上有孔的边缘翻成竖立边缘
	外缘翻边		将工件的外缘翻成圆弧或曲线状的竖立边缘
成形	缩口		将空心件的口部缩小
	扩口		将空心件的口部扩大
	起伏		在板料或工件的表面上压出各种形状的凸起或凹陷,起伏处材料在整个厚度上都有变形
	卷边		将空心件的边缘卷成一定的形状
	胀形		使空心件(或管料)的一部分沿径向扩张,呈凸肚形

(续表)

类别	工序	图例	工序性质	
成形	旋压		利用赶棒或滚轮将板料毛坯赶压成一定形状(分变薄和不变薄两种)	
	整形		把形状不太准确的工件校正成形	
	校平		将毛坯或工件不平的面予以压平	
	压印		改变工件厚度,在工件表面上压出文字或花纹(只在制件厚度的一个平面上有变形)	
	挤压	正挤压		凹模腔内的金属毛坯在凸模压力的作用下,处于塑性变形状态,使其由凹模孔挤出,金属流动的方向与凸模运动方向相同
		反挤压		金属挤压过程中,沿凸模与凹模的间隙塑流,其流动方向与凸模运动方向相反
		复合挤压		正挤与反挤的结合

1.4 冲压模具的分类与基本结构组成

冲裁模的结构型式很多,为了研究的方便,可以对冲裁模按以下特征进行分类。

(1) 按工序的性质分类

- ① **落料模** 在板料上沿封闭的轮廓分离出制件或毛坯的冲模。
- ② **冲孔模** 在板料或毛坯上,沿封闭的轮廓分离出废料,得到带孔制件的冲模。
- ③ **切断模** 将板料沿不封闭的轮廓分离的冲模。
- ④ **切口模** 从毛坯或半成品制件的内、外边缘上,沿不封闭的轮廓分离出废料的冲模。
- ⑤ **剖切模** 将半成品制件沿不封闭轮廓切离为两个或数个制件的冲模。
- ⑥ **切边模** 切去成形制件多余的边缘材料的冲模。
- ⑦ **整修模** 沿半成品制件被冲裁的外缘或内孔修切掉一层材料,以提高制件尺寸精度和断面粗糙度的冲模。
- ⑧ **精冲模** 使板料在处于三向受压的状态下进行冲裁,冲制出冲切面无裂纹和撕裂、尺寸精度高的制件的冲模。

(2) 按工序的组合方式分类

- ① **单工序模** 在压力机的一次行程中完成一道冲压工序的冲模。
- ② **连续模** 在条料的送料方向上,具有两个以上的工位,并在压力机的一次行程中,依次在几个不同的工位上完成两道或两道以上冲压工序的冲模。
- ③ **复合模** 只有一个工位,并在压力机的一次行程中,完成两道或两道以上冲压工序的冲模。

(3) 按上、下模有无导向装置或按导向方法分类

可分为无导向模、导板导向模和导柱导向模。

(4) 按工作零件所用材料分类

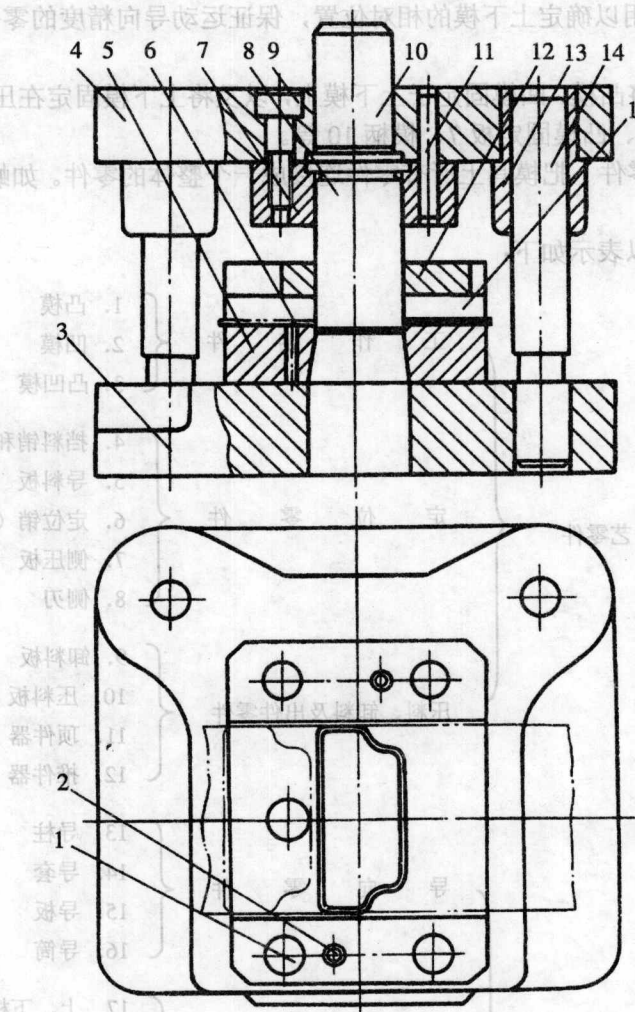
可分为橡胶冲模、钢带模、低熔点合金模、锌基合金模、硬质合金模等。

(5) 按凸、凹模的布置方法

可分为正装模和倒装模。

上述各种不同的分类方法从不同的角度反映了模具结构的特点。但模具都可分为上模部分和下模部分。中小型冲模的上模部分都是通过模柄固定在压力机滑块上的,对于大型冲模则可用螺钉、压板将上模座固定在压力机的滑块上。模具的下模部分用压板与工作台连接。

冲模零件按其作用大致由以下 6 部分组成。以典型的导柱导套冲裁模为例,其基本结构组成如图 1-1 所示。



1—螺钉 2—圆柱销 3—下模座 4—上模座 5—凹模 6—挡料销 7—凸模固定板 8—凸模
9—螺钉 10—模柄 11—圆柱销 12—卸料板 13—导套 14—导柱 15—导料板

图 1-1 导柱式简单冲裁模

- (1) 工作零件 直接对坯料进行冲压加工的冲模零件。如凸模 8、凹模 5。
- (2) 定位零件 确定坯料在冲模中正确位置的零件。如挡料销 6、导料板 15。
- (3) 压料、卸料及出件零件 将冲切后的零件或废料从模具中卸下的零件。如卸料板