

模具职业技能培训系列教程

冲压模具制造工

CHONGYA MUJU ZHIZHAOGONG



(中级)

郑展 王秀凤 郭洁民 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



模具职业技能培训系列教程

冲压模具制造工

(中 级)

郑 展 王秀凤 郭洁民 编著

州大字图书馆
藏书章



机械工业出版社

本书是依据《国家职业标准》对中级模具制造工的知识要求和技能要求,按照职业院校和企业岗位培训需要的原则编写的。本书主要内容包括:模具的基础知识,模具零件的加工,模具的装配、试模与调整。本书以大量企业生产实例介绍模具零件加工和模具装配全过程,并附有模具制造技能训练实例。书末附有与之配套的试题库和答案,以便于考核鉴定和读者自测自查。

本书主要用作职业院校、企业培训部门、职业技能鉴定培训机构,再就业和农民工培训机构的教材,也可作为中等专业学校、模具培训短训班的教学用书,还可供初中以上文化程度人员自学。

图书在版编目(CIP)数据

冲压模具制造工:中级/郑展,王秀凤,郭洁民编者. —北京:机械工业出版社,2009.9

(模具职业技能培训系列教程)

ISBN 978-7-111-28295-2

I. 冲… II. ①郑…②王…③郭… III. 冲模—制模工艺—技术培训—教材 IV. TG385.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 163984 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:王英杰 责任编辑:吴天培

版式设计:霍永明 责任校对:刘志文

封面设计:鞠 杨 责任印制:李 妍

北京汇林印务有限公司印刷

2010 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·10.25 印张·253 千字

0001—4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-28295-2

定价:19.00 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

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821 封面无防伪标均为盗版

模具是制造各种零件和制品的重要工艺装备,模具技术水平反映了一个国家制造业的能力和工业产品的水平。改革开放以来,我国模具工业迅速发展,已成为模具制造大国,模具制造业的发展,需要高素质的模具制造工,而我国模具制造工的培养远远滞后于市场的需求,致使模具制造工尤其是高级模具制造工和技师、高级技师人才的严重短缺。近几年来,全国各地各企业岗位培训机构、技工学校、职业院校都为培养模具制造工做了大量的工作。要培养出高素质的模具人才,必须有先进的教材相配套,为此,以国家职业标准为依据,我们编写了中级模具制造工、高级模具制造工、模具制造、技师和高级技师需要的教材。本书以中级模具制造工所需知识为主线,以坚持职业院校和企业岗位培训为原则,以满足有真才实学的模具制造工的迫切需要为目标,将企业生产实践和院校教学实践有机地结合起来,使内容实用、够用、通俗易懂,突出内容新,做到“知识新、工艺新、技术新、标准新”。

本书主要内容包括:冲模的基础知识,模具零件的加工,模具的装配、试模与调整,还有模具制造技能训练实例,所有内容均符合企业生产实际。

本书由郑展、王秀凤、郭洁民编著。全书的 CAD 图由孟鹏飞、叶春利、周禄兵、李凯、蔡友贵、郭晓丽、杨清凤和刘亚奇绘制完成。

由于时间和编者的水平有限,书中难免存在缺点和错误,敬请广大读者对本书提出宝贵的意见。

编者

目 录

前 言

第一章 概述	1
一、模具在现代化工业生产中的地位	1
二、模具的分类	1
三、模具工的主要任务	2
四、模具工应具备的基本操作技能	2
五、模具工的安全技术	3
六、冲模的基础知识	3
第二章 冲裁	7
第一节 冲裁变形过程	7
第二节 冲裁间隙与冲裁件质量	8
一、间隙对冲裁件质量、模具寿命的影响	8
二、间隙的确定	10
第三节 排样与搭边	11
一、排样时应考虑的因素	11
二、搭边	12
三、排样方法	12
四、排样举例	14
五、条料宽度与导料板之间距离的计算	17
第四节 冲裁模凸、凹模尺寸与公差	20
一、确定凸、凹模工作部分尺寸的原则	20
二、凸、凹模尺寸的计算方法	20
第五节 冲裁力	23
第六节 冲裁模零件的选用与加工	24
一、工作零件的选用与加工	24
二、定位零件的选用与加工	30
三、卸料零件的选用与加工	31
四、模架零件的选用与加工	31
五、其他零件的选用与加工	35

第七节 冲裁模	36
一、冲裁模的分类	37
二、单工序冲裁模	37
三、级进模	39
四、复合模	40
五、冲模闭合高度和压力机有关参数的校核	43
第三章 弯曲	44
第一节 弯曲变形过程与最小弯曲半径	44
一、弯曲变形过程	44
二、最小弯曲半径	45
第二节 弯曲件的回弹	46
一、回弹现象	46
二、影响回弹的主要因素	46
三、模具设计与制造减小回弹的措施	46
第三节 弯曲件毛坯长度的确定	47
一、弯曲中性层位置的确定	47
二、弯曲件毛坯展开长度的确定	48
第四节 U形弯曲件凸、凹模尺寸与公差	49
一、凸模的圆角半径	49
二、凹模尺寸的确定	49
三、凸、凹模的间隙	51
四、U形弯曲件凸、凹模工作部分的尺寸及公差	52
第五节 弯曲模	52
一、V形件弯曲模	52
二、U形件弯曲模	54
第四章 拉深	60
第一节 拉深过程分析	60
一、拉深变形过程	60
二、拉深时的起皱与拉裂	61
第二节 旋转体拉深件毛坯尺寸的确定	62
一、旋转体拉深件毛坯尺寸确定的依据	62
二、简单旋转体拉深件毛坯尺寸的确定	62
第三节 拉深系数与拉深工序	63
一、拉深系数	63
二、影响极限拉深系数的因素	64
三、极限拉深系数的确定	64
四、无凸缘圆筒形件的拉深系数及工序件尺寸的确定	65

第四节 拉深模凸、凹模尺寸及公差	68
一、凸、凹模圆角半径	68
二、拉深模凸、凹模之间的间隙	68
三、拉深模凸、凹模尺寸与公差的确定	69
第五节 拉深模	70
一、拉深模的分类	70
二、拉深模的结构和工作原理	70
第五章 模具零件的加工	73
第一节 车削加工	73
一、概述	73
二、车削加工的工艺知识	75
三、车刀的几何参数与切削性能的关系	77
第二节 铣削加工	82
一、概述	82
二、铣削加工的应用	82
第三节 刨削加工	83
一、概述	83
二、刨削加工工艺	84
第四节 磨削加工	85
一、概述	85
二、砂轮	86
三、磨削加工工艺	88
四、成形磨削	89
第五节 特种加工简介	90
一、电火花穿孔、成形加工	90
二、电火花线切割加工	90
第六章 冲模的装配	92
第一节 冲模装配的技术要求	92
一、冲模装配对零件的技术要求	92
二、冲模装配对模架的技术要求	93
三、冲模装配对冲模的技术要求	94
第二节 冲模的模架及组件的装配	95
一、模架的装配	95
二、组件的装配	97
第三节 冲模的装配	99
一、简单级进模的装配	99
二、简单复合模的装配	102

三、简单弯曲模的装配	105
四、简单拉深模的装配	106
五、试模和调整	107
六、冲模的维护与修理	108
第七章 冲模制作实训	111
第一节 落料模的制作	111
一、生产实习零件图样	112
二、落料模的结构和技术要求	112
三、落料模零件的加工	112
四、落料模的装配、调整与试模	112
五、成绩评定	114
第二节 冲孔模的制作	115
一、生产实习制件图样	116
二、冲孔模的结构和技术要求	116
三、冲孔模零件的加工	116
四、冲孔模的装配、调整与试模	116
五、成绩评定	118
第三节 级进模的制作	119
一、生产实习制件图样	119
二、级进模的结构和技术要求	119
三、级进模零件的加工	120
四、级进模的装配、调整与试模	120
五、成绩评定	122
第四节 复合模的制作	123
一、生产实习制件图样	124
二、复合模的结构和技术要求	124
三、复合模零件的加工	124
四、复合模的装配、调整与试模	124
五、成绩评定	128
第五节 V形弯曲模的制作	128
一、生产实习制件图样	128
二、V形弯曲模的结构和技术要求	128
三、弯曲模零件的加工	129
四、弯曲模的装配、调整与试模	129
五、成绩评定	131
第六节 U形弯曲模的制作	132
一、生产实习制件图样	132
二、U形弯曲模的结构和技术要求	132

三、U 形件弯曲模零件的加工	133
四、弯曲模的装配、调整与试模	133
五、成绩评定	136
试题库	137
知识要求试题	137
一、判断题 试题 (137) 答案 (147)	
二、选择题 试题 (140) 答案 (147)	
三、填空题 试题 (143) 答案 (147)	
四、问答题 试题 (146) 答案 (149)	
五、计算题 试题 (146) 答案 (150)	
技能要求试题	150
一、导料板和侧刃挡板的装配	150
二、弯曲凸模和模柄的装配	151
三、凸模和固定板的配合	152
四、凹模和凸模的配合	153
五、弯曲模凸、凹模制作	153
参考文献	155

概 述

培训学习目的 了解模具的基本知识，了解模具工的工作内容、特点及其重要性，了解模具工的基本操作技能和安全要求，了解冲压工序的分类及常用的冲压设备。

一、模具在现代化工业生产中的地位

在工业生产中，用各种压力成形机械（如压力机、塑料注塑机、压铸机等）和装在其上的专用工艺装备，通过压力机把金属或非金属材料制成所需形状的零件或制品，这种专用工艺装备称为模具。

模具是制造各种零件和制品的重要工艺装备，现代零件和制品生产中，由于模具的加工效率高、互换性好、节约原材料，零件和制品的成本低，所以从航天、航空、汽车、拖拉机、电器、仪表、电子、家用电器、医疗器械乃至人们的日常用品，几乎各行各业都有模具生产的制品和零部件。模具工业已成为国民经济发展的主要支柱，现代工业发达国家对模具工业都十分重视。模具技术水平的高低反映了一个国家制造业的能力和工业产品的水平的高低。

随着机床工业和计算机软、硬件及数字化技术的飞速发展，我国模具工业发展很快，从20世纪80年代开始，模具制造业逐渐开始走产业化发展道路，如我国第一汽车集团公司（以下简称“一汽”）模具制造有限公司，踏着全球经济一体化的步伐，正迈出国门，走向世界，不但成为国内众多汽车制造厂的合作伙伴，而且日本丰田公司、德国大众公司、英国CP公司也成为一汽的客户，一汽模具的产品已走向亚洲、欧洲、非洲、美洲。还有浙江黄岩地区是我国重要的模具制造基地。我国已成为模具制造大国，不久的将来一定会成为模具制造强国，为各行各业的发展提供有力的模具支撑。

二、模具的分类

由于我国模具工业的快速发展，已经形成门类齐全的模具工业。我国模具行业推荐按成形加工的工艺性质和使用功能的分类方法，可将模具分为以下十大类：

1. 冲压模具
2. 塑料成型模具
3. 压铸模
4. 锻造成型模具

5. 铸造用金属模具
6. 粉末冶金模具
7. 玻璃制品用模具
8. 橡胶制品用模具
9. 陶瓷模具
10. 简易模具

三、模具工的主要任务

模具工的主要任务是：掌握和运用各类模具生产工艺装备及加工方法来实现模具零件的加工和模具的装配、试模、调试和维修。采用先进制模技术和工艺装备，提高模具加工质量和制造水平，缩短模具制造周期，大力发展精密、复杂、长寿命及大型模具，推广使用模具制造新工艺、新技术、新材料，为我国工业现代化提供有力的模具支撑。

四、模具工应具备的基本操作技能

为了能熟练地掌握模具制造技术，模具工必须掌握下述各项基本操作技能，并能熟练地应用。

1. 划线

划线作为模具零件加工的主要工序，对模具零件的加工质量至关重要。模具工在划线时首先应熟悉图样，合理使用划线工具，按照划线步骤划出模具零件的加工界限，作为零件的加工依据。

2. 锯削

锯削用来分割材料或在零件上锯出沟槽。锯削时，必须根据零件的材料性质和形状，正确选用锯条和锯削方法，从而使锯削操作能顺利地进行并达到规定的技术要求。

3. 錾削

錾削是模具工的最基本操作。它利用锤子打击錾子对零件进行切削加工或切断。主要用于不便于机械加工的场合，熟练地锤击技术在模具装配、维修中也是一项必不可少的基本功。

4. 锉削

用各种锉刀对模具零件进行锉削、修整、修配，是模具工的主要操作。20 世纪 80 年代前，模具质量的好与坏主要取决于模具工的锉削技术的高低。今天，锉削技术仍然是模具工必须熟练掌握的技术。

5. 钻孔、扩孔、铰孔和铰孔

钻孔、扩孔、铰孔和铰孔是模具工对孔进行粗加工和精加工的主要方法。钻、扩、铰一般是在钻床上进行，对模具工来说铰孔大多是手工铰削，且配钻、配铰居多，钻孔、扩孔、铰孔和铰孔是模具工天天应用的基本功。

6. 攻螺纹和套螺纹

用丝锥在零件孔切削出内螺纹的加工方法称为攻螺纹，用板牙在圆杆零件上切出外螺纹的加工方法称为套螺纹。模具工所加工的螺纹，一般直径都较小，尤以 3~12mm 居多，模具工应对各部分尺寸关系，以及切削螺纹刀具要熟悉，掌握螺纹加工操作要点。

7. 刮削和研磨及抛光技术

刮削和研磨及抛光技术是模具工对模具零件进行精加工的主要方法,要获得高质量的模具,研磨及抛光是模具工应掌握的基本功。

五、模具工的安全技术

模具零件主要是通过切削加工、电加工及其他特种加工方法完成的。在切削加工过程中,旋转着的零件或刀具一旦与人接触,就会导致人身伤害事故,电加工时可能发生电击,模具装配及试模时也极易产生伤害事故。总之,模具在生产过程中存在着各种不安全的因素,如不能及时识别并采取措施加以控制和消除,就有可能发生工伤事故,损害工人健康,危及工人生命。因此,模具工上岗前必须认真学习安全知识,树立安全第一的思想,重视生产现场的劳动保护,严格遵守各项安全操作规程,做到安全文明生产。

安全操作规程是保证安全生产,对工人进行劳动保护的安全技术文件。它是人们在长期的劳动生产过程和从无数血的教训中总结出来的保护工人生产安全和身体健康的安全技术规范。

模具工为确保自身安全,必须做到以下几点:

- 1) 工作场地要经常保持整齐清洁,搞好环境卫生,使用的工具和加工的零件、毛坯和原材料等的放置要有序,并且要整齐稳固,以保证操作中的安全和方便。
- 2) 使用设备及工具之前,必须熟悉其性能和安全操作方法,不得擅自使用不熟悉的机床设备及工具。
- 3) 清除切屑要用刷子,严禁用手清除或用嘴吹切屑。
- 4) 手动风动工具是常用的打磨、抛光模具的工具。在使用时,要求接头牢固可靠,风动砂轮要有完整的罩壳装置,并正确选用砂轮。
- 5) 使用手提式电动工具时,电源插头必须完好,外壳有接地保护,绝缘可靠,调换砂轮及钻头时,必须首先切断电源。发生故障应立即停止使用。
- 6) 禁止在行车吊起的零件或模具下进行操作和逗留。
- 7) 使用的照明用灯的电压必须在 36V 以下。
- 8) 随机检查模具时,必须切断机床电源后方可检查。

六、冲模的基础知识

1. 冲压加工与冲模

冷冲压是在常温下利用安装在压力机上的冲模对材料施加压力,使其产生分离、成形或接合,从而得到所需要制件的一种压力加工方法,是机械制造中先进的加工方法之一。冷冲压不但可以加工金属材料,而且还可以加工非金属材料。

在冷冲压生产中,冲模是冲压加工中所用的工艺装备,加压将金属或非金属材料分离、成形或接合而得到制件的工艺装备叫冲模。

冷冲压生产过程的主要特征是依靠冲模和冲压设备完成加工,便于实现自动化,因此,生产效率高、操作简便。对于普通压力机,每分钟可生产几十件或上百件制件,对于超高速压力机,一天产量就可达七百万件,生产率之高,是其他加工方法无法达到的。

冷冲压加工大多数采用薄板材料加工,冲压成形的制件质量轻、刚性好,可加工形状非

常复杂的制件。

冷冲压加工的制件是靠冲模完成的，制件公差是靠模具保证的，虽然精度不很高，但一致性好，制件尺寸稳定，互换性好，完全适应现代化大生产量的需要。

冷冲压加工一般不需要加热毛坯，也不像切削加工那样大量切削金属，所以，它不但节能，而且节约金属，尤其在拉深和冷挤压中，材料利用率很高，因而成本低。

所以，冲压工艺在现代化工业生产中被广泛采用，在汽车、电机、电子、电器、仪表、航空、军工及日常生活用品中占据十分重要的地位。

2. 冲压工序分类

在工厂中，人们常把冷冲压分为五个基本工序。

- (1) 冲裁 使材料分离得到一定形状和尺寸的冲压工序。
- (2) 弯曲 将毛坯或半成品沿弯曲线弯成一定的形状和角度的冲压工序。
- (3) 拉深 把毛坯拉压成空心体，或者把空心体拉深成外形更小的空心体的冲压工序。
- (4) 成形 用各种不同形式的局部变形来改变毛坯形状和尺寸的冲压工序。
- (5) 冷挤压 在室温下，使金属材料产生体积转移而得到制件的冲压工序。

概括起来可分为两大类：即分离工序和成形工序。分离工序是指板料按一定的轮廓线分离而获得的一定形状、尺寸和切断面质量的冲压工序。成形工序是指坯料在不破裂的条件下产生塑性变形而获得一定形状和尺寸的冲压工序。

3. 常用冷冲压设备

在冷冲压生产中，为了适应不同的冲压工作需要，采用各种不同类型的压力机。压力机的种类很多，按传动方式的不同，主要有机械压力机和液压压力机两大类。其中机械压力机在冷冲压中应用最广。

常用的机械压力机有曲柄压力机与摩擦压力机等，但以曲柄压力机应用最广。

(1) 曲柄压力机的基本组成 图 1-1 所示为曲柄压力机的结构简图，它由下列各部分组成：

1) 床身：床身是压力机的骨架，承受全部冲压力，并将压力机所有的零件连接起来，保证压力机所要求的精度、强度和刚性。床身上固定有工作台垫板 1，用于安装下模。

2) 工作机构：即曲柄连杆机构。由曲轴 9、连杆 10、滑块 11 组成。电动机 5 通过带轮把能量传给带轮 4，通过传动轴经小齿轮 6、大齿轮 7 传给曲轴 9，并经连杆 10 把曲轴 9 的旋转运动变成滑块 11 的往复直线运动。上模通过模柄固定在滑块上。带轮 4 兼起飞轮作用，使压力机在整个工作周期里负荷均匀，能量得以充分利用。

3) 传动系统：包括带轮传动、齿轮传动等机构。

4) 操作系统：由制动器 3、离合器 8 等组成。离合器是用来启动和停止压力机动作的

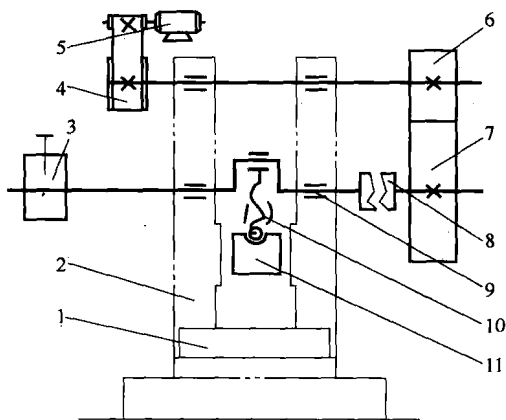


图 1-1 曲柄压力机的结构简图

- 1—垫板 2—床身 3—制动器 4—带轮 5—电动机
6、7—齿轮 8—离合器 9—曲轴 10—连杆 11—滑块

冲 裁

培训学习目的 了解冲裁工艺的基本原理，熟悉冲裁模零件的选用与加工，掌握冲裁模工作原理、结构及零部件的功能。

利用冲模使板料相互分离的冲压工序叫冲裁，冲裁工艺的种类很多，常用的有落料、冲孔、切边、修边和整修等。冲裁所得的制件可以直接作为零件使用，也可以作为弯曲、拉深、冷挤压、成形等其他工序的毛坯。

冲裁工艺可分为普通冲裁和精密冲裁两大类，这里主要介绍的是普通冲裁工艺。

第一节 冲裁变形过程

冲裁过程如图 2-1 所示。上模是凸模 1，装在压力机的滑块上，叫活动部分，也叫上模。下模是凹模 3，固定在压力机工作台上，是固定部分，也叫下模。凸模和凹模之间有间隙，被冲材料放在凹模刃口上面，当压力机滑块下行时，凸模穿过材料进入凹模洞口 0.5~1.0mm，使制件与材料分离而完成冲裁工作。如果冲模间隙正常，冲裁变形过程大致可分为如下三个阶段，如图 2-2 所示。

1. 弹性变形阶段（图 2-2a）

在凸模压力作用下，材料产生弹性压缩、拉深和弯曲变形，凸模下的材料略有挤入凹模洞口，且略有弯曲。凹模上的材料则向上翘，但材料内的应力未超过材料的弹性极限。

2. 塑性变形阶段（图 2-2b）

凸模沿环形带继续加压，当材料内的应力达到屈服极限时便开始进入塑性变形阶段。凸模挤入材料上部，同时材料下部被挤入凹模洞口，在材料剪切面的边缘由于拉深、弯曲等作用形成塌角，同时由于塑性剪切变形在切断面上形成一小段光亮且与材料表面垂直的直边，即光亮带。随着凸模挤入材料深度的加大，塑性变形程度增大，直到材料的应力达到强度极限时，塑性变形阶段结束。

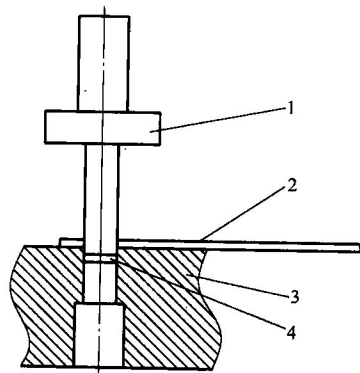


图 2-1 冲裁过程

1—凸模 2—条料 3—凹模 4—制件

垫板上平面的高度。调节压力机连杆的长度，可以调节装模高度的大小。冲模的闭合高度应在压力机的最大与最小装模高度之间。

5) 压力机工作台面尺寸：压力机工作台面尺寸应大于冲模下模座的尺寸，一般每边最小应大 50 ~ 70mm，便于安装固定下模用的压板和螺栓。

6) 漏料孔尺寸：当工件或废料需要下落，或冲模下模座上需要安装弹顶装置时，它们的尺寸必须小于工作台中间的漏料孔尺寸。

7) 模柄孔尺寸：大多数情况下，冲模的模柄尺寸都小于模柄孔尺寸，一般采用加衬套把上模固定在压力机滑块上。

8) 压力机电动机功率：必须保证压力机的电动机功率大于冲压时所需的功率。

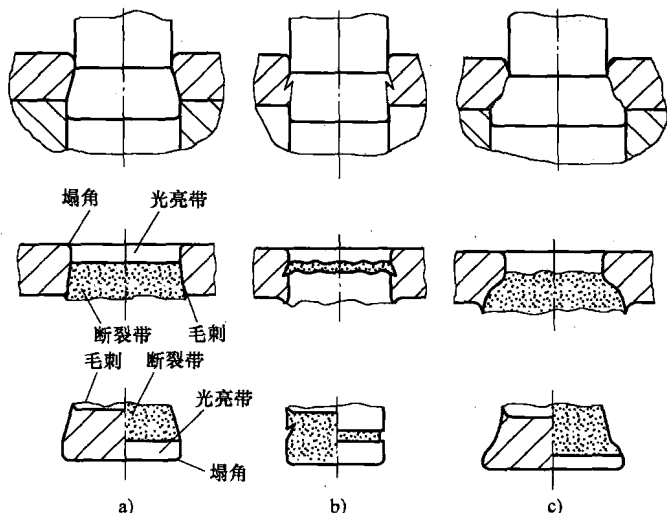


图 2-4 间隙对冲裁件断面质量的影响

毛刺，紧挨着断裂带，是由于产生的微裂纹不是正对着凸、凹模刃口，而是靠近凸、凹模刃口的侧面。因此：当凸模下行时，已形成的毛刺拉长并残留在冲裁件上，普通冲裁中毛刺是不可避免的。

当凸、凹模间隙合适时，由于凸、凹模刃口附近沿最大切应力方向产生的裂纹将互相重合，此时冲出的冲件断面虽有一定斜度，但比较平坦光洁，塌角和毛刺也较小，有一定的光亮带，完全可以满足一般冲裁件的要求，如图 2-4a 所示。

当凸、凹模之间的间隙过小，由凸模刃口附近产生的裂纹比合适的间隙向外错开一段距离，随着凸模的下压，上、下裂纹将不重合，因而产生第二次剪切，产生上、下二个光亮带，中间有撕裂带，但断面的斜度和塌角小，弯曲也小，只要撕裂带不深，仍可使用，如图 2-4b 所示。

当凸、凹模之间的间隙过大时，则凸模刃口附近产生的裂纹比合适的间隙向内错开一段距离，冲裁件光亮带小，塌角与斜度增大，弯曲大，毛刺大且难以去除，冲裁件质量不理想，如图 2-4c 所示。

2. 间隙对尺寸精度的影响

间隙对冲裁件尺寸精度的影响如图 2-5 所示。 δ 为冲裁件相对于凸、凹模的尺寸偏差，当 $\delta=0$ 时，表示冲裁件尺寸和凸、凹模尺寸完全一致。

当间隙较大时，材料所受的拉伸作用大，冲裁后因材料的弹性回复使落料件的尺寸小于凹模尺寸，冲孔件的尺寸大于凸模尺寸。间隙较小时，由于材料受凸、凹模侧向挤压力大，故冲裁后材料的弹性回复使落料件的尺寸大于凹模尺寸，冲孔件的尺寸小于凸模尺寸。

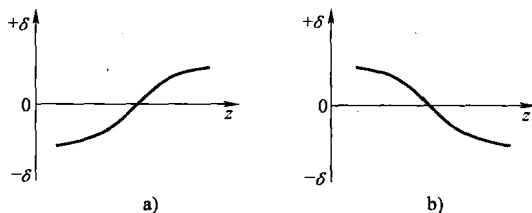


图 2-5 间隙对冲裁件尺寸精度的影响

a) 冲孔 b) 落料

3. 断裂分离阶段（图 2-2c）

材料在凹模刃口附近的侧面首先产生裂纹，接着在凸模刃口附近的侧面产生裂纹，已形成的上、下裂纹随着凸模的继续下压，不断向材料内部扩展。当上、下裂纹重合时材料便被剪断分离。随后，凸模将分离的材料推入凹模洞口，冲裁过程结束。

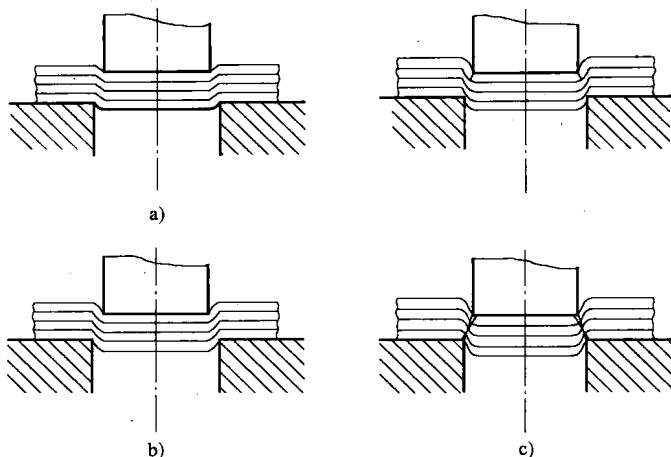


图 2-2 冲裁变形过程

a) 弹性变形阶段 b) 塑性变形阶段 c) 断裂分离阶段

第二节 冲裁间隙与冲裁件质量

所谓间隙是指凹模工作部分尺寸与凸模工作部分尺寸之差，如图 2-3 所示， $Z = D_d - D_p$ 。

一、间隙对冲裁件质量、模具寿命的影响

冲裁件的质量是指冲裁件的断面状况、尺寸公差、形位公差等。理想的情况是：冲裁件的断面应平直、光洁、尺寸及形位公差满足冲裁件的要求，表面应平直。

1. 间隙对冲裁件断面质量的影响

冲裁件的断面质量如图 2-4a 所示。它由塌角、光亮带、断裂带和毛刺四个部分组成。

塌角又称圆角，是由于冲裁过程中凸、凹模刃口附近的材料受弯曲和拉深作用而形成的。

光亮带又称光亮面，紧挨着塌角，是与材料表面垂直的光亮部分，它是在塑性变形过程中凸模挤压切入材料，材料受挤压进入凹模洞口时产生塑性剪切而形成的。

断裂带又称断裂面，紧挨着光亮带，是断面粗糙且带锥度的部分，是由于凹模和凸模刃口处产生的裂纹随着凸模的下行不断扩展而形成的。

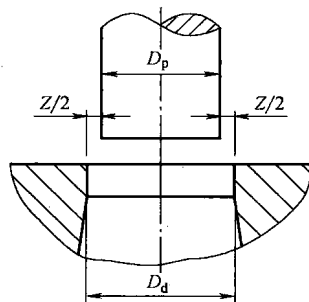


图 2-3 冲裁模间隙