



模具设计与制造专业职业教育规划教材

冲压工艺 与模具设计

◎ 主编 张光荣 ◎ 主审 莫 虎

本书配有电子教学参考资料包



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

模具设计与制造专业职业教育规划教材

冲压工艺与模具设计

主编 张光荣
主审 莫 虎

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书为模具设计与制造专业职业教育规划教材之一,是针对模具设计与制造专业人才培养而编写的。

本书内容打破知识体系的完整性,由浅入深,主要介绍冲裁工艺及设备、冲模设计、弯曲模设计、拉深模设计、成型模设计、多工序冲裁模的设计、模具寿命、模具材料及热处理等。

本书可作为职业院校模具制造技术、模具设计与制造等专业的教学和培训用书,也可作为工程技术人员的自学参考书。

本书还配有电子教学参考资料包,详见前言。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

冲压工艺与模具设计/张光荣主编. —北京:电子工业出版社,2009.9

模具设计与制造专业职业教育规划教材

ISBN 978-7-121-09475-0

I. 冲… II. 张… III. ① 冲压—工艺—专业学校—教材 ② 冲模—设计—专业学校—教材
IV. TG38

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 157284 号

策划编辑:白楠

责任编辑:李影 白楠 特约编辑:王纲

印刷:北京民族印务有限责任公司

装订:北京民族印务有限责任公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开本:787×1092 1/16 印张:20.25 字数:518.4 千字

印次:2009 年 9 月第 1 次印刷

印数:4 000 册 定价:31.50 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

随着科学技术的进步和工业生产的迅猛发展, 冲压、拉深等技术的应用越来越广泛, 模具成型工艺已成为当代工业生产的重要技术。模具成型加工又是原料及设备的“效益放大器”, 日本称模具工业是“工业之母”, 是国民经济的基础工业。模具生产水平的高低, 已成为衡量一个国家制造水平高低的重要标志。由于模具技术的快速发展, 模具设计与制造已成为一个行业, 越来越受到人们的重视。

编者多年从事制造和设计模具的工作, 并长期在中等职业技术学校进行模具设计与制造专业课的教学, 拥有多年的教学实践经验。本书按照中等职业教育重在实践的特点编写而成。书中针对模具设计顺序的每一个环节均安排了相关内容, 力图使学习过程成为学生参与实践活动的认识和把握过程。本书根据学习者循序渐进的认知心理, 从易至难、由简到繁地讲解专业课教学问题, 同时通过模拟真实的生产环境, 进行实际产品案例分析, 使学生了解每一环节的基础要求, 掌握整个设计过程的重点和难点, 把握设计工作的思路与方法, 从而对学生的决策能力、设计能力、专业能力、社会能力与职业行为能力进行真实意义上的职业熏陶与训练。

本书在编写过程中遵循以下两个原则: 一是坚持高技能复合型人才的培养方针, 以理论够用、适用为度, 从企业需求和职业(岗位)教育出发, 强调教材的实用性, 注重理论联系实际; 二是结合目前该专业学生的文化水平, 适应行业技术发展趋势, 所列各种计算数据、图表资料着重于应用, 在内容上全部根据目前初、高中毕业生的现有文化基础进行选材举例, 使学生接受快, 记得牢, 能学以致用, 使教材易教、易学。

本书在编写过程中得到了许多同行及有关方面的专家的指导和鼓励, 在此一并表示由衷的感谢, 同时向对此书的出版予以帮助的人深表感谢。

本书由张光荣担任主编, 第一章、第二章至第六章由张光荣编写, 第七章、第八章由王文玲编写, 第九章由宋联友编写。在本书的编写过程中, 莫虎提出了很多建设性意见, 并在百忙之中抽出时间审核。

由于编者水平有限, 时间仓促, 错误之处在所难免, 恳请广大读者批评指正。

为了方便教师教学, 本书还配有教学指南、冲压模具设计程序、冷冲压模具图集、模具钢的分类及选用、各种常用标准、弹簧、冲模模架标准等, 请有此需要的教师登录华信教育资源网(www.hxedu.com.cn)免费注册后再进行下载, 遇到问题时请在网站留言或与电子工业出版社联系(E-mail: hxedu@phei.com.cn)。

编 者
2009 年 6 月

目 录

绪论	1
一、冷冲压模具概述	1
二、冷冲压基本工序的分类	1
三、学习要求和学习方法	5
第一章 冲裁模设计	6
第一节 冲裁过程变形分析	6
一、冲裁过程	6
二、变形过程力学分析	7
第二节 冲裁间隙	8
一、间隙的影响	9
二、间隙的确定	11
第三节 冲裁力	15
一、冲裁力的计算	15
二、卸料力、推件力和顶件力	16
第四节 材料的经济利用	18
一、材料的利用率	18
二、排样方法	19
三、搭边及条料宽度	20
第五节 冲裁件的工艺性	23
一、冲裁件的形状和尺寸	23
二、冲裁件的精度与粗糙度	26
第六节 冲模刃口尺寸的计算	27
一、尺寸计算原则	27
二、尺寸计算方法	27
第七节 精密冲裁方法	33
一、精密冲裁的几种工艺	33
二、精冲（齿圈压板冲裁）	34
第二章 冲压工艺与模具设计实例	45
第一节 冲压工艺与模具设计的内容及步骤	45
第二节 实例	46
一、摩托车侧盖前支承冲压工艺设计	46
二、微型汽车水泵叶轮冲压工艺与模具设计	53

第三章 弯曲模设计	65
第一节 弯曲变形的特点	65
第二节 弯曲件毛坯长度计算	67
一、应变中性层的确定	67
二、毛坯展开长度的计算	68
第三节 弯曲件的回弹	71
一、影响回弹的主要因素	71
二、回弹角的确定	72
第四节 弯曲件的工艺性	73
一、弯曲精度	73
二、最小弯曲半径	74
三、直边高度	76
四、孔边距	77
五、形状与尺寸的对称性	77
六、其他工艺性要求	77
第五节 弯曲力的计算	78
第六节 弯曲模工作部分的设计	79
一、凸、凹模的圆角半径与凹模的深度	79
二、凸、凹模间隙	80
第七节 提高弯曲件质量的工艺措施	81
一、弯曲件的常见缺陷及解决办法	81
二、提高弯曲件质量的要点	84
第四章 拉深模设计	86
第一节 拉深的基本原理	86
一、拉深变形过程、特点及拉深分类	86
二、拉深过程中毛坯的应力和应变状态	87
三、拉深时凸缘变形区的应力分布和起皱	89
四、拉深时筒壁传力区的受力情况与拉断	91
第二节 旋转体拉深件毛坯尺寸的确定	93
一、计算法	94
二、解析法	95
三、图解法	96
第三节 圆筒形件的拉深系数	96
一、拉深变形程度的表示方法——拉深系数	96
二、影响拉深系数的因数	97
三、极限拉深系数的确定	98
第四节 圆筒形件的拉深次数及工序尺寸的确定	99
一、拉深次数的确定	99

二、不带凸缘的圆筒形件拉深工序尺寸计算	99
三、带凸缘的圆筒形件工序尺寸计算	100
第五节 圆筒形件拉深的压边力与拉深力	107
一、拉深的起皱与防皱措施	107
二、压边力的计算	108
三、压边装置的种类及其选择	109
四、拉深力的计算	109
五、拉深压力机选用	110
六、拉深功的计算	111
第六节 阶梯形零件的拉深方法	111
一、拉深次数的判断	112
二、阶梯形零件多次拉深的方法	112
第七节 盒形件的拉深	112
一、盒形件拉深变形的特点	112
二、盒形件拉深毛坯形状和尺寸的确定	113
三、盒形件拉深变形程度	116
四、盒形件的多工序拉深方法及工序尺寸的确定	117
五、盒形件拉深力的计算	119
第八节 轴对称曲面形状零件的拉深	120
一、轴对称曲面形状零件拉深的特点	120
二、球形件的拉深方法	122
三、抛物线形件的拉深方法	123
四、锥形件拉深	123
第九节 拉深件的工艺性	125
一、拉深件的公差	125
二、拉深件的结构工艺性	125
第十节 拉深模	126
一、拉深模分类及典型拉深模结构	126
二、拉深模工作部分结构和尺寸设计	128
第五章 成型模设计	133
第一节 胀形	133
一、圆柱形空心坯料的胀形	133
二、起伏成型	137
第二节 旋压	139
一、普通旋压	139
二、变薄旋压	142
第三节 翻边	144
一、翻孔	144

二、外缘翻边	149
三、变薄翻边	153
第四节 缩口与扩口	154
一、缩口	154
二、扩口	157
第五节 校平、整形与压印	159
一、校平	159
二、整形	160
三、校平或整形力	161
四、压印	161
第六节 覆盖件的成型	162
一、覆盖件成型特点	162
二、覆盖件常用材料及要求	163
三、覆盖件成型工艺	164
四、覆盖件冲压成型性能、主要质量问题及解决办法	171
第六章 模具结构及设计	174
第一节 冲模及冲模零件的分类	174
一、冲模的分类	174
二、冲模零件的分类	177
第二节 冲模主要零件设计	178
一、工作零件	178
二、定位零件	189
三、卸料、推件零件	196
四、导向零件	203
五、固定零件	206
六、冲模零件的配合要求和表面粗糙度	209
第三节 复合模	213
一、最小壁厚	213
二、复合模正装和倒装的比较	214
三、出件机构	216
四、复合模的典型结构	218
第四节 级进模	221
一、工序件携带方式	222
二、工序安排的原则	222
三、冲压工序顺序安排的原则	223
四、排样布局	223
五、级进模的典型结构	224
第五节 大型覆盖件成型模	228

一、拉深模的典型结构	228
二、凸模、凹模及压边圈的结构尺寸	230
三、拉深肋（拉深槛）	231
第六节 冲模设计要点	233
一、冲模设计应具备的技术资料	233
二、冲模设计一般程序与内容	234
三、模具总体结构形式的确定	234
四、冲模设计应把保证人身安全放在首位	236
五、冲模压力中心	237
六、冲模闭合高度及冲模与压力机尺寸的配合关系	238
七、绘制模具总图及模具零件图	240
第七章 冲压工艺规程的编制	241
第一节 冲压工艺规程编制的主要内容和步骤	241
一、分析冲压件的工艺性	241
二、确定冲压件的成型工艺方案	241
三、确定冲压模具的结构形式	245
四、选择冲压设备	245
五、冲压工艺文件的编写	247
第二节 典型冲压件冲压工艺设计实例	248
一、冲压件的工艺分析	248
二、冲压件冲压工艺过程的确 定	249
三、冲压工艺过程卡的编写	253
第八章 冲压安全技术	255
第一节 概述	255
第二节 压力机安全装置及手工具	255
一、压力机安全装置的作用及功能	255
二、安全保护装置	256
三、安全保护控制装置	259
四、安全装置在压力机上安装时的安全距离	261
五、手工具	262
第三节 冲压模具安全技术	264
一、冲压模具安全技术措施	264
二、冲模安装、搬运和存放的安全技术	270
第四节 自动保护装置	273
一、装置	273
二、典型线路	279
第九章 压力机	283
第一节 常用压力机的分类及规格	283

一、分类	283
二、规格	286
第二节 现代精密压力机	295
一、高速精密冲裁压力机	295
二、数控冲切及步冲压力机	296
三、BEAT 系列高速压力机	297
四、A2 系列高速压力机	297
五、BSTA 与 FP 系列高速压力机	298
六、SP 系列高速压力机	298
七、脉冲星型（普尔萨型）超高速精密压力机	299
八、多工位自动传递压力机	299
第三节 压力机的选择	300
一、压力机类型的选择	300
二、压力机规格的确定	301
附录	307
附录 A 几种常用的冲压设备规格	307
附录 B 冲压模具零件的常用公差配合及表面粗糙度	309
附录 C 中外主要模具用材料对照表	310
参考文献	312



绪 论

一、冷冲压模具概述

将冲裁模装在各种压力机上,把金属或非金属材料制造出人们需要的形状和制品的专用工具统称为冲模,因为通常是在室温下进行加工的,所以称为冷冲压。

冷冲压生产过程的主要特征是依靠冲模等冲压设备完成加工,模具是工业生产的基础工艺设备,也是实现和发展少、无切削技术不可缺少的工具,如汽车、拖拉机、电器、仪表仪器、航空航天等行业有 60% ~ 80% 的零件需要模具加工,轻工制品生产中应用模具更多。利用模具加工制品及零件主要有如下特点:

(1) 生产效率高,操作简单,容易实现生产的自动化及半自动化,使用于大批量零件与制品的加工与制造。

(2) 节约原材料,材料的利用率很高。

(3) 冲压零件表面光洁、尺寸精度高、质量稳定、互换性好、成本低、经济效益高。

(4) 可加工形状复杂的薄壁零件及制品。

(5) 一般不需要进一步加工,可一次成型。

因此,模具是工业生产中使用极为广泛的工艺装备。冲压工艺和模具工业得到了世界各国的重视,日本称模具是“工业之母”,英国称模具为“经济效益放大器”。

二、冷冲压基本工序的分类

由于冷冲压加工的零件的形状、尺寸、精度要求、生产批量等各不相同,因此生产中所采用的冷冲压工艺方法也是多种多样的,概括起来可分成两大类,即分离工序和成型工序。分离工序是指使板料按一定的轮廓线分离而获得一定形状、尺寸和切断面质量的冲压件(俗称冲裁件)的工序;成型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件的工序。

上述两类工序,按冲压方式不同又具体分为很多基本工序,见表 0-1、表 0-2 和表 0-3。

表 0-1 分离工序

工序名称	工序简图	特点及应用范围
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



续表

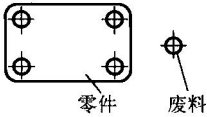
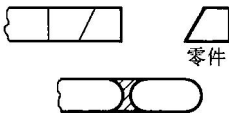
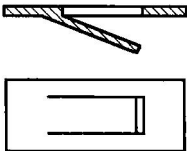
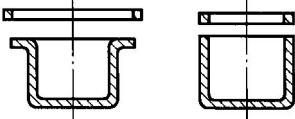
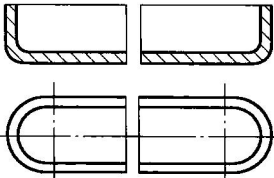
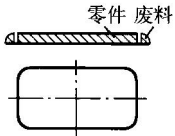
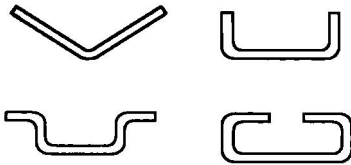
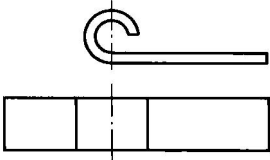
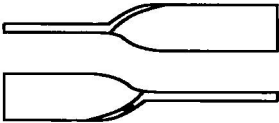
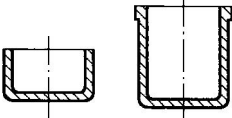
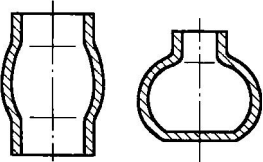
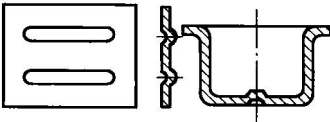
工序名称	工序简图	特点及应用范围
冲孔		将废料沿封闭轮廓从材料或工序件上分离下来，从而在材料或工序件上获得需要的孔
切断		将材料沿敞开轮廓分离，被分离的材料成为工件或工序件
切舌		将材料局部而不是完全分离，并将局部分离的部分达到工件要求的一定位置，不再位于分离前所处的平面上
切边		利用冲裁模切成型工序的边缘，使之具有一定形状和尺寸
剖切		用剖切模将成型工件一分为二，主要用于不对称零件的成双或成组冲压成型之后的分离
整修		沿外形或内形轮廓切去少量材料，从而降低断面粗糙度，提高断面垂直度和零件尺寸精度
精冲		用精冲模冲出尺寸精度高，断面光洁且垂直的零件

表 0-2 成型工序

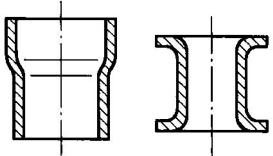
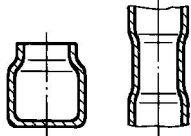
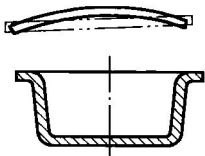
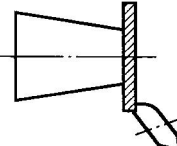
工序名称	工序简图	特点及应用范围
弯曲		用弯曲模使材料产生塑性变形，从而弯成一定曲率、角度的零件，它可以加工各种复杂的弯曲件

续表

工序名称	工序简图	特点及应用范围
卷边		将工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, 使坯料的整个弯曲模断面全都变成拉应力作用, 从而提高弯曲件精度
扭弯		将平直或局部平直工件的一部分相对另一部分扭转一定角度
拉深		将平板形的坯料或工件变成开口空心件, 或把开口空心工件进一步改变形状和尺寸, 加工成开口空心件
变薄拉深		将拉深后的空心工件进一步拉深, 使其侧壁减薄, 高度增大, 以获得底部厚度大于侧壁厚度的零件
翻孔		沿内孔周围将材料翻成竖边, 其直径比原内孔大
翻边		沿外形曲线翻成侧立短边
卷缘		将空心件口部边缘卷成接近封闭圆形, 用于加工类似牙杯的零件
胀形		将空心工件或管状件沿径向往外扩张, 形成局部直径较大的零件
起伏		依靠材料的伸长变形使工件局部形成凹陷或凸起



续表

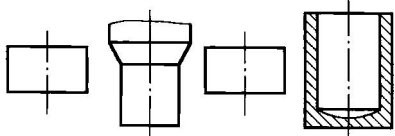
工序名称	工序简图	特点及应用范围
扩口		将空心工序件或管状件口部或中部向外扩张, 形成口部直径扩大的零件
缩口缩径		对空心工序件或管状件口部或中部加压使其直径缩小, 形成口部直径较小的零件
校平整形		校平是将有拱弯或翘曲的平板形零件压平以提高其平直度; 整形是依靠材料的局部变形, 少量改变工序件形状和尺寸, 以保证工件的精度
旋压		用旋轮使旋转状态下的坯料逐步成型为各类旋转空心件

在实际生产中, 当生产坯料大时, 如果仅以表中所列的基本工序组成冲压工艺工程, 则生产率可能很低, 不能满足生产需要。因此, 一般采用组合工序, 即把两个以上的单独工序组成一道工序, 构成所谓复合、级进、复合一级进的组合工序。

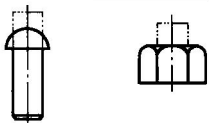
为了进一步提高生产率, 充分发挥冷冲压的优点, 还可应用冷冲压方法进行产品的某些装配工作。视实际需要, 可以安排单独的装配工序, 也可把装配工序组合在级进组合工序中, 如微型电机转子铁芯的冲压与叠装。

上述冲压成型的分类方法比较直观, 真实地反映出各类零件的实际成型过程和工艺特点, 便于制订各类零件的冲压工艺并进行冲模设计, 在实际生产中得到了广泛的应用。但是, 冲压成型时, 材料受力情况和变形性质很复杂, 要分析和解决每一种成型的实际问题, 应把各种成型按其成型时变形区的应力和应变特点加以归类, 找出每一类成型工艺的共同规律和产生问题的原因及解决问题的方法。表 0-3 是压缩类变形, 它能充分反映出各类成型变形区的受力与变形特点, 反映出同类成型的共同规律, 对解决问题具有很大的实际意义。

表 0-3 压缩类变形工序

工序名称	工序简图	特点及应用范围
冷挤压		对放在模腔内的冷态金属坯料施加强大压力, 使其产生塑性变形, 并将其从凹模孔或凸、凹模之间的缝隙挤出, 以获得空心件或横截面积较小的空心件

续表

工序名称	工序简图	特点及应用范围
冷镦		用冷镦模使坯料产生轴向压缩,使其横截面积增大,从而获得如螺钉、螺母等零件
压花		压花是强行局部排挤材料,在工序件表面形成浅凹花纹、图案、文字或符号,但在压花表面的背面无对应的凸起

三、学习要求和学习方法

学生学完冲压工艺及冲模设计之后,应掌握冷冲压成型的基本原理;掌握冲压工艺过程设计和冲模设计的基本方法;具有设计比较复杂的冲压件的工艺过程和比较复杂的冲模的能力;能够运用已学习的基本知识,分析和创造性地解决生产中常见的产品质量、工艺及模具方面的技术问题;能够合理选用冲压设备和设计自动送料和自动出件装置;了解冲压成型新工艺、新模具及其发展动向。

由于冲压工艺及冲模设计是一门实践性和实用性很强的学科,并且它又以金属学与热处理、塑性力学等许多工程技术基础学科为基础,与冲压设备、模具制造工艺性密切联系,因而在学习时必须注意理论联系实际,认真参加实验、实习、设计等重要教学环节,注意综合运用基础学科的基本知识。



第一章

冲裁模设计

冲裁是利用模具使板料分离的一种冲压工艺。它包括切断、落料、冲孔、修边、切口等多种工序,其中又以落料、冲孔应用最为广泛。从料板上冲出所需形状的零件(或毛坯)称为落料,在工件上冲出所需的孔(冲去的为废料)叫冲孔。冲裁既可以得到平板零件,也可以为弯曲、拉深、成型等工序准备毛坯。

第一节 冲裁过程变形分析

一、冲裁过程

冲裁变形过程可分为三个阶段:

(1) 弹性变形阶段

如图 1-1 所示,凸模与材料接触后,先将材料压平,继而凸模及凹模刃口压入材料中,由于弯矩 M 的作用,材料不仅产生弹性压缩且略有弯曲,随着凸模的继续压入,材料中刃口部分所受到应力逐渐增大,直到 h_1 深度时,材料内应力达到弹性极限。此为材料的弹性变形阶段。

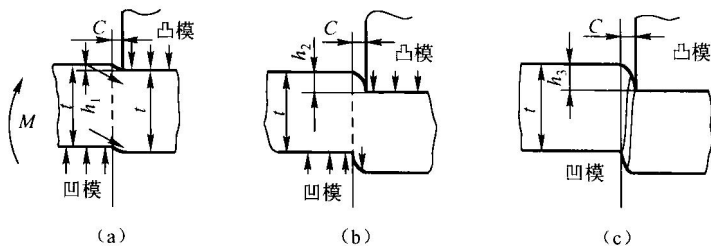


图 1-1 冲裁变形过程

(2) 塑性变形阶段

凸模继续压入,压力增加,材料的内应力达到屈服点,产生塑性变形。随着塑性变形程度增大,材料内部的拉力和弯矩随之增大,变形区材料硬化加剧,当压力深度达到 h_2 时,刃口附近的应力值达到最大。此为塑性变形阶段。

(3) 断裂阶段

凸模压入深度达到 h_3 时,先后在凸模、凹模刃口侧面产生裂纹,裂纹产生后沿最大切口应力方向向材料内层发展,当凸模、凹模口处的裂纹相遇重合时,材料便被切断分离。

冲裁变形的三个阶段,可以在剪切曲线图中得到验证,如图 1-2 所示。料厚

为 4.8mm。

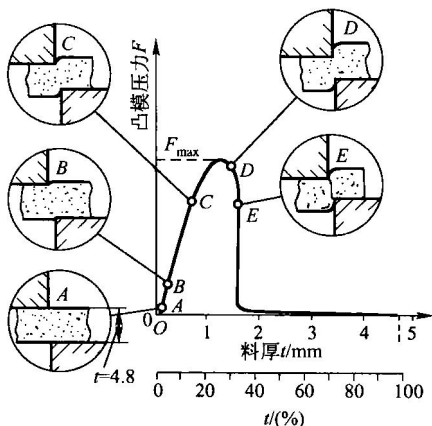


图 1-2 凸模压力与冲裁过程

A—压平材料之应力；OC—弹性区域；B—材料弹性变形之应力；CD—塑性区域；

C—屈服应力；E—整个板厚被切断；D—材料最大强度

板料切断后，冲裁件与孔断面的形状如图 1-3 所示。现将切断面各部分加以说明。

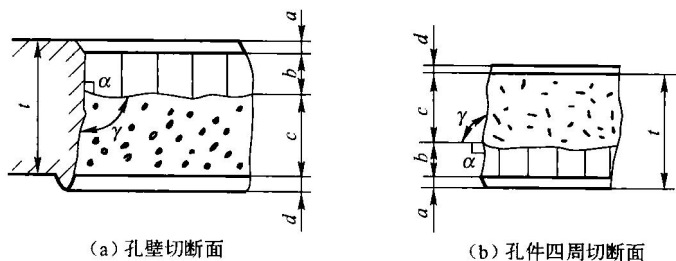


图 1-3 冲裁时孔壁和冲件切断面

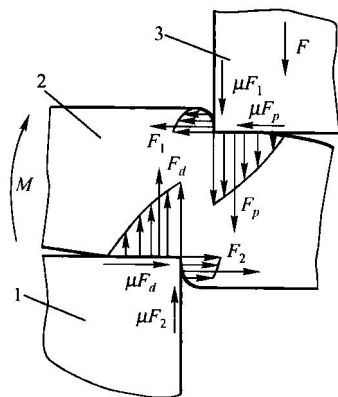
图 1-3 中的 a 塌角约为 $5\%t$ ， t 为板料厚度。它是凸模压入材料时，刃口附近的材料被牵连拉入变形的结果。 b 为光亮带，约为 $1/3t$ ，其表面光滑，断面质量最佳； c 为断裂带，约为 $62\%t$ ，表面倾斜且粗糙； d 为毛刺，其高度约为 $(5\% \sim 10\%)t$ ，它是在出现裂纹时形成的。

二、变形过程力学分析

在冲裁压边装置时，材料所受外力如图 1-4 所示。主要包括：

F_p 、 F_d ——凸模、凹模对板料的垂直作用力。

F_1 、 F_2 ——凸模、凹模对板料的侧压力。



1—凹模刃口；2—板材；3—凸模刃口
图 1-4 模具刃口作用于板材上