

中等职业教育规划教材

冲压模具技术

范玖红 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

中等职业教育规划教材

冲压模具技术

主编 范玖红

参编 张 艳



机械工业出版社

本教材是为适应中等职业教育教学改革的需要编写的。全书共分 6 章,分别为:认识冲压、冲裁、弯曲、拉深、其他冲压方法和冲压模具钳工实训。

本书可作为中等职业学校模具专业及数控技术应用专业的教材,也可作为中等职业学校机械类专业教材及机械工人岗位培训教材和自学用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

冲压模具技术/范玖红主编. —北京:机械工业出版社, 2006.9
中等职业教育规划教材
ISBN 7-111-19928-6

I. 冲... II. 范... III. 冲模 - 专业学校 - 教材 IV. TG385.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 112225 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:王海峰 责任编辑:王海峰 版式设计:张世琴
责任校对:李秋荣 封面设计:陈 沛 责任印制:杨 曦
北京机工印刷厂印刷
2007 年 1 月第 1 版第 1 次印刷
184mm × 260mm · 8 印张 · 195 千字
0 001—4 000 册
定价:13.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68326294
编辑热线电话 (010) 68354423
封面无防伪标均为盗版

前 言

随着我国国民经济的高速发展以及发达国家制造业不断向我国的转移,使得与产品开发、制造密切相关的模具工业得到迅速的发展,也使得中等职业技术学校对模具人才的培养任务变得越来越艰巨。为贯彻党的第十六次全国代表大会“全面推进素质教育,造就数以亿计的高素质劳动者、数以千万计的专门人才和一大批拔尖创新人才”的精神,我们编写本书时的宗旨为:以突出应用型、技能型人才的培养为目的,教材内容图文并茂、浅显易懂、理论联系实际,在通用性和实用性的基础上强化了模具典型结构的分析,增加了冲压模具钳工实训等章节。

本书由范玖红、张艳编写,范玖红编写第一章、第五章、第六章及第二章的第七、八节、第三章的第五节,其余部分由张艳编写。

由于编者水平有限,如有不妥之处,恳切希望广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第一章 认识冲压	1
第一节 冲压概述	1
第二节 冲压加工的基本工序	2
第二章 冲裁	9
第一节 冲裁变形过程	9
第二节 冲裁间隙	10
第三节 冲裁力的计算	14
第四节 凸模与凹模刃口尺寸的确定	15
第五节 冲裁件的工艺性分析	20
第六节 排样与搭边	22
第七节 冲裁模的典型结构	24
第八节 冲裁模具各部件的结构设计及选用	32
第三章 弯曲	46
第一节 弯曲变形的特点	46
第二节 弯曲卸载后的回弹	48
第三节 弯曲件的工艺性分析	51
第四节 弯曲件展开长度及弯曲力的计算	53
第五节 弯曲模的典型结构	55
第四章 拉深	66
第一节 圆筒形件拉深变形分析	67
第二节 拉深件坯料尺寸的计算	71
第三节 压边力与拉深力	74
第四节 无凸缘圆筒形件的拉深	76
第五节 有凸缘圆筒形件的拉深	80
第六节 拉深模的典型结构	84
第七节 其他形件拉深	89
第五章 其他冲压方法	94
第一节 胀形	94
第二节 翻孔与翻边	96
第三节 缩口	98
第四节 旋压	98
第五节 校形	99
第六章 冲压模具钳工实训	101

第一节	模具钳工基础	101
第二节	冲压模具材料及热处理	107
第三节	典型冷冲模装配	110
第四节	冲压设备	113
第五节	冲裁模的调试及试冲分析	119

第一章 认识冲压

第一节 冲压概述

一、冲压基本概念

冷冲压是利用安装在压力机上的冲压模具对材料施加压力，使其产生分离或塑性变形，从而获得所需要工件（俗称冲压件或冲件）的一种压力加工方法，因为它通常是在室温下进行的，所以称为冷冲压。又因为它主要是用板料加工成工件，所以又称为板料冲压。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。

（一）冲压模具

冲压模具是将材料加工成所需冲件的一种工艺装备。冲模在冷冲压生产中至关重要，没有符合要求的冲模，冷冲压就无法进行。

如图 1-1 所示为简单冲裁模具，上模部分由模柄 1、凸模 4 等组成，下模部分由凹模 6、下模座 7 等组成。上模部分通过模柄安装在压力机的滑块上，随滑块作上下运动。下模部分通过下模座固定在压力机工作台上，模具的工作零件是凸模和凹模，凸、凹模工作部分的外形轮廓为封闭曲线。将板料置于凹模上，当凸模随滑块向下运动时，便冲穿条料进入凹模，使板料相互分离而完成冲裁工序。

（二）冲压材料

冲压所用的材料，不仅要满足冲压件的使用要求，还应满足冲压工艺的要求和后续加工的要求（如切削加工、电镀、焊接等）。冲压工艺对材料的基本要求主要有如下几个方面：

1. 有良好的冲压成形性能

对于成形工序，为了有利于冲压变形和冲压件质量的提高，材料应具有良好的冲压成形性能，即具有良好的塑性（均匀伸长率 δ_1 高），屈服比 σ_s/σ_b 和屈弹比 σ_s/E 小，板厚方向性系数 r 大，板平面方向性系数 Δr 小。

对于分离工序，只要求材料有一定的塑性，而对材料的其他成形性能指标没有严格的要求。

2. 具有较高的表面质量

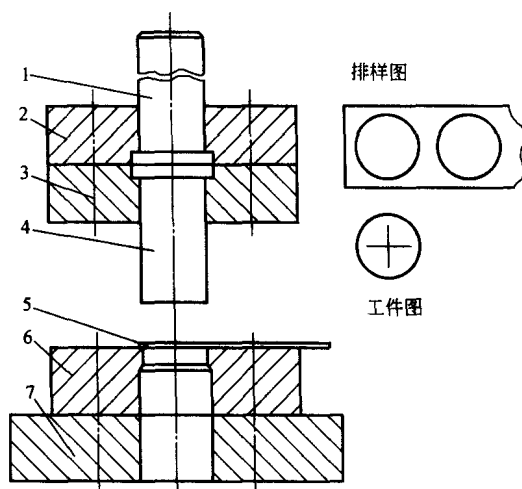


图 1-1 简单冲裁模

1—模柄 2—上模座 3—凸模固定板 4—凸模
5—条料 6—凹模 7—下模座

材料的表面应光洁平整，无氧化皮、裂纹、锈斑、划伤、分层等缺陷。因为表面质量好的材料，成形时不易破裂，不易擦伤模具，冲件的表面质量也好。

3. 材料的厚度公差要符合国家标准

因为一定的模具间隙适用于一定厚度的材料，若材料的厚度公差太大，不仅直接影响冲件的质量，还可能导致模具或压力机的损坏。

冲压生产常用的材料有：金属板料和非金属板料。常用冲压板料见表 1-1。

表 1-1 冲压用板料

金属板料		非金属板料
钢铁材料	非铁金属	
碳素结构钢（如 Q235） 优质碳素结构钢 （如 08F、10） 低合金高强度结构钢 （如 Q345（16Mn）） 电工硅钢板 （如 D12、D41） 不锈钢板 （如 1Cr18Ni9Ti、1Cr13）	纯铜板（如 T1、T2） 黄铜板（如 H62、H68） 铝板 （如 1050A（L3）、1035（L4）） 钛合金板 镍铜合金板	绝缘胶木板 纸板 纤维板 塑料板 橡胶板 有机玻璃层压板 毛毡

二、冲压成形的特点

模具是工业生产中应用极为广泛的重要工艺装备，是当代工业生产的重要手段和工艺发展方向，许多现代工业的发展和技术水平的提高，在很大程度上取决于模具工业的发展水平。冷冲压是依靠冲压模具来进行生产的，它与其他加工方法相比，具有独到的优缺点。它是工业产品提高生产率、提高质量、降低成本的必要保证，所以在工业生产中，特别是在汽车、电子、电器、仪表、航天及日用品生产中得到了广泛应用，表 1-2 列出了其主要特点。

表 1-2 冷冲压生产的主要特点

优 点				缺 点			
效率高	材料利用率高	质量稳定；能保证工件的均一性和互换性；对操作人员技术要求不高	壁薄、刚度好	成本高、周期长	工作条件差	不能制造出精度要求极高的制件	
产生原因	产品依靠冲模与冲压设备完成加工	无（少）切削加工	产品质量靠模具质量保证	原材料是质量好的带材、板材	模具成本高，产品批量大时，才有较高的经济效益	压力机噪声大，有不安全因素	成形机理的限制

第二节 冲压加工的基本工序

冲压加工的工件，由于其形状、尺寸、精度要求、生产批量、原材料性能等各不相同，

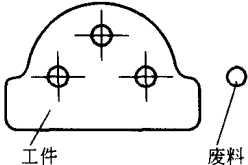
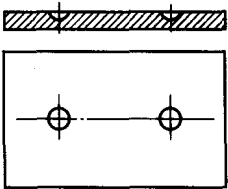
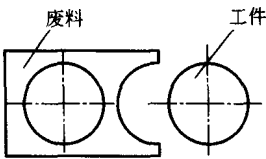
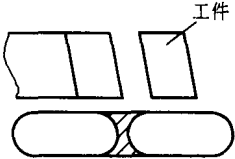
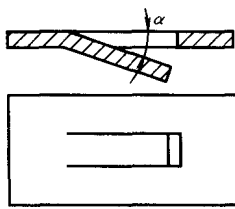
因此生产中所采用的冷冲压工序是多种多样的，有的冲压件需要几道工序才能生产出来，因此掌握冲压工序的分类、冲压工序的性质至关重要。

冲压工序的分类概括起来可分为分离工序、成形工序。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件的工序。

一、冲压加工的基本工序

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 1-3、表 1-4、表 1-5。

表 1-3 分离工序

工序名称	工序简图	工序含义
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
冲中心孔		冲中心孔是在工序件表面形成浅凹中心孔的一种冲压工序，背面材料并无相应凸起
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工件或工序件
切断		切断是将材料沿敞开轮廓分离的一种冲压工序
切舌		切舌是将材料沿敞开轮廓局部而不是完全分离的一种冲压工序。被局部分离的材料，具有工件所要求的一定位置

(续)

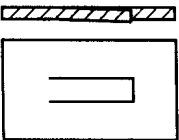
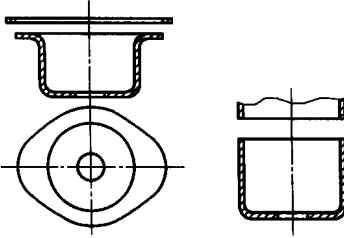
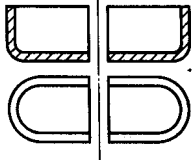
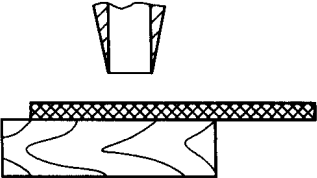
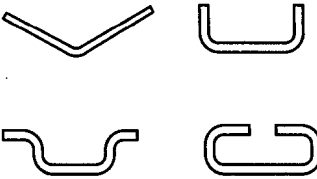
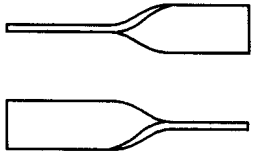
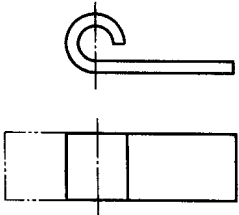
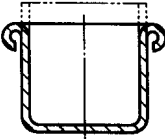
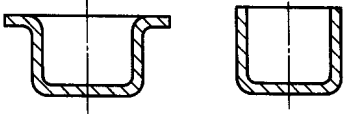
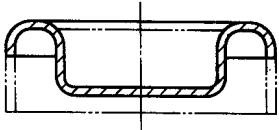
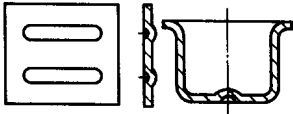
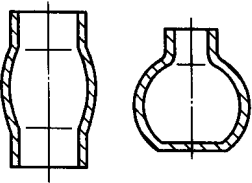
工序名称	工序简图	工序含义
切开		切开是将材料沿敞开轮廓局部而不是完全分离的一种冲压工序。被切开而分离的材料位于或基本位于分离前所处的平面上
切边		切边是利用冲模修切成形工序件的边缘，使之具有一定直径、一定高度或一定形状的一种冲压工序
剖切		剖切是将成形工序件一分为二的一种冲压工序
凿切		凿切是利用尖刃的凿切模进行的落料或冲孔工序。凿切并无下模，垫在材料下面的只是平板，被冲材料绝大多数是非金属

表 1-4 成形工序

工序名称	工序简图	工序含义
弯曲		弯曲是利用压力使材料产生塑性变形，从而被弯成具有一定曲率、一定角度形状的一种冲压工序
拉弯		拉弯是在拉力与弯矩共同作用下实现弯曲变形，使整个弯曲横断面全部受拉应力作用的一种冲压工序

(续)

工序名称	工序简图	工序含义
扭弯		扭弯是将平直或局部平直工序件的一部分相对另一部分扭转一定角度的冲压工序
卷圆		卷圆是将工序件边缘卷成接近封闭圆形的一种冲压工序。 卷圆圆形的轴线呈直线形
卷缘		卷缘是将空心件上口边缘卷成接近封闭圆形的一种冲压工序。卷边圆形的轴线呈曲线
拉深		拉深是把平直毛坯或工序件变为空心件, 或把空心件进一步改变形状和尺寸的一种冲压工序。拉深时空心件主要依靠位于凸模底部以外的材料流入凹模而成形
反拉深		反拉深是把空心工序件内壁外翻的一种拉深工序
起伏成形		起伏成形是依靠材料的延伸使工序件形成局部凹陷或凸起的冲压工序。厚度的少量改变是变形过程中自然形成的, 不是设计指定的要求
胀形		胀形是将平板局部向外扩张, 或将空心、管状件沿径向向外扩张的一种冲压工序

(续)

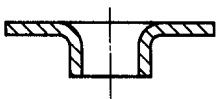
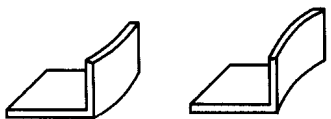
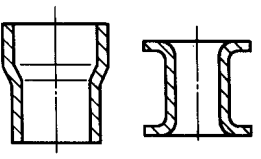
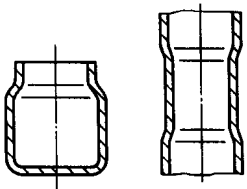
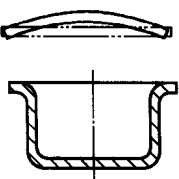
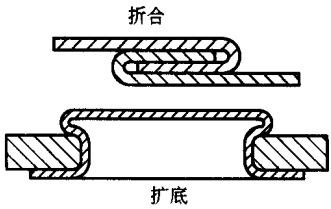
工序名称	工序简图	工序含义
翻孔		翻孔是沿内孔周围将材料翻成侧立凸缘的一种冲压工序
翻边		翻边是沿外形曲线将材料翻成侧立短边的一种冲压工序
扩口		扩口是将空心件或管状件敞开处向外扩张的一种冲压工序
缩口缩径		缩口是将空心件或管状件敞口处加压使其缩小的一种压工序
校平整形		校平是提高局部或整体平面型工件平直度的一种冲压工序 整形是依靠材料流动,少量改变工序件形状和尺寸,以保证工件精度的一种冲压工序

表 1-5 装配工序

装配工序		将两件以上的冲压工件按一定的工装方法冲压在一起
------	---	-------------------------

二、冲压工序的应用

学习冲压工序的分类和性质有利于我们制订各类工件的冲压工艺,并依据工艺设计模具。表 1-6 所示为冲压件炉盘的冲压工艺规程,它反映了该产品的冲压工艺过程。

表 1-6 冲压工艺规程卡片

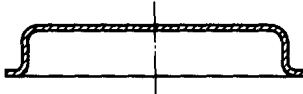
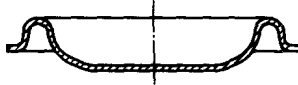
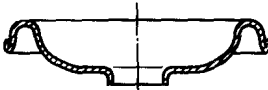
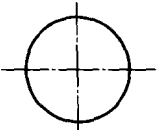
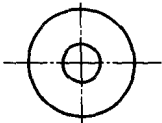
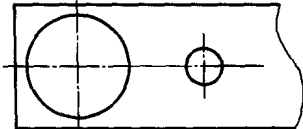
(厂名)		产 品 名 称		材 料 牌 号		材 料 规 格/mm × mm × mm		共 页			
		炉 盘		08 带钢		0.3 × 280 × 10000		第 页			
工序号	工序名称	工 序 内 容		加 工 简 图			设 备		工 艺 装 备		
1	落料拉深	落料与首次拉深复合					J23-40		落料拉深复合模		
2	反拉深	反拉深					J23-25		反拉深模		
3	卷 缘	凸缘卷缘					专用设备		卷缘模		
4	冲孔翻孔	冲孔与翻孔复合					J23-16		冲孔翻孔复合模		
5	检 验	按产品工件图检验									
编制		年 月 日		审核	年 月 日			会签		月 日	

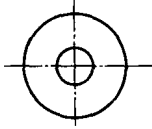
表 1-7 所示为垫圈的三种冲压生产方案，我们可以根据实际生产情况，来确定用哪一种方案比较理想。

表 1-7 垫圈的三种冲压生产方案

	工序名称	工序简图	工艺装备	特点及应用
方案一	落料		单工序 落料模具	模具结构简单，成本低，但工件精度不高。 适于小批量生产
	冲孔		单工序 冲孔模具	
方案二	冲孔落料		冲孔落料 连续模	模具结构较复杂，成本较高，但工件精度高。适于大批量的生产

冲压模具技术

(续)

	工序名称	工序简图	工艺装备	特点及应用
方案三	落料冲孔		落料冲孔复合模	模具结构复杂，成本较高，但工件精度极高。适于大批量生产

第二章 冲 裁

冲裁是利用模具使板料产生分离的冲压工序，包括落料、冲孔、切断、剖切、修边等。但一般来说，冲裁主要是指落料和冲孔工序。若使材料沿封闭曲线相互分离，封闭曲线以内的部分作为冲裁件时，称为落料；封闭曲线以外的部分作为冲裁件时，称为冲孔。

冲裁是冲压生产中的主要工序之一，它既可以直接冲制成品工件，又可以为弯曲、拉深、成形等工序制备毛坯。

第一节 冲裁变形过程

一、冲裁变形过程

冲裁时板料的变形具有明显的阶段性，可分为如下三个阶段：如图 2-1 所示。

1. 弹性变形阶段

冲裁开始，在凸模压力下，材料产生弯曲变形、弹性压缩、拉伸，凸模稍许挤入板料上部，板料的下部则略挤入凹模孔口，刃口处的材料所受的应力逐渐增大，直至达到弹性极限。若使凸模回升，变形将完全消失。

2. 塑性变形阶段

凸模继续下压，塑性变形便从刃口附近开始。随着凸凹模切刃的挤入，板料的整个厚度方向上产生塑性变形，变形区的一部分相对于另一部分移动，随凸模挤入板料深度的增大，塑性变形程度增大，变形区材料硬化加剧，冲裁力不断增大，直至刃口附近的材料由于拉应力的作用出现微裂纹时，冲裁力达到最大值，塑性变形阶段结束。

由于凸、凹模间有间隙，该阶段冲裁区还伴随着金属的弯曲和拉深，间隙越大，弯曲和拉深也越大。

3. 断裂分离阶段

当刃口附近的材料达到极限应变与应力时，材料裂纹便产生。裂纹先在凹模刃口附近的侧面开始产生，然后才在凸模刃口附近的侧面产生。已形成的上下微裂纹随凸模继续压入，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。

由于凸、凹模之间存在间隙，无论是落料件还是冲孔件都是带有锥度的，其小端尺寸取决于凸模尺寸，大端尺寸取决于凹模尺寸。

冲裁后，剪切面周围变形区域的材料产生加工硬化，随着加工硬化的加剧，材料的强

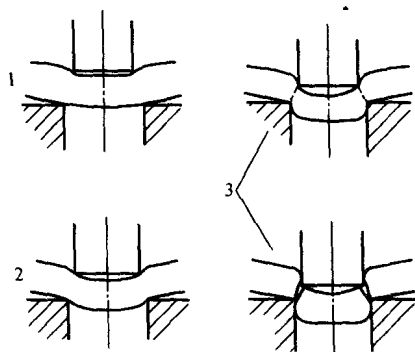


图 2-1 冲裁变形过程

1—弹性变形阶段 2—塑性变形阶段

3—断裂分离阶段

度、硬度上升，而塑性和韧性下降。

二、冲裁断面分析

由于冲裁变形的特点，使冲出的工件断面明显地分成四个部分，即塌角、光亮带、断裂带和毛刺，如图 2-2 所示。

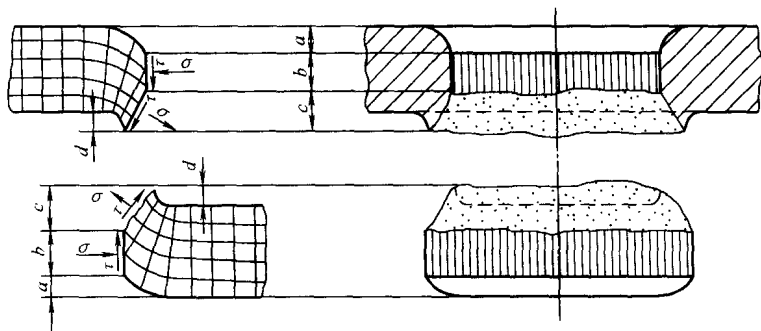


图 2-2 冲裁区应力、变形情况及冲裁断面状况

a—塌角 b—光亮带 c—断裂带 d—毛刺 σ —正压力 τ —切应力

塌角：也叫圆角带，是刃口刚压入材料时，刃口附近的材料被牵连拉入产生弯曲和伸长变形的结果。材料的塑性越好，模具间隙越大，塌角将越大。

光亮带：是紧挨塌角并与板平面垂直的光亮部分，它是在塑性变形过程中凸模或凹模挤压切入材料，使其受到切应力和挤压应力的作用而形成的。光亮带是最理想的冲裁断面。

断裂带：是表面粗糙且带有锥度的部分，它是由于刃口处的微裂纹在拉应力作用下不断扩展撕裂而形成的。

毛刺：是在断裂带周边上形成的不规则的撕裂毛边，当凸模继续下行时，使已形成的毛刺拉长并残留在冲裁件上，间隙合适时，毛刺的高度小而根部细，易于去除。

塌角、光亮带、断裂带和毛刺这四部分在冲裁断面上所占的比例随材料的力学性能、料厚、刃口锐钝、模具结构、凸凹模间隙等不同而变化。塑性差的材料，断裂倾向严重，断裂带增宽，光亮带、塌角所占比例较小，毛刺也较小，塑性好的材料则相反。

第二节 冲裁间隙

冲裁间隙是指凸、凹模刃口之间的间隙。凸模与凹模每侧的间隙称为单面间隙，两侧间隙之和称为双面间隙。如无特殊说明，冲裁间隙就是指双面间隙。间隙对冲裁件的质量、冲裁力、模具寿命的影响很大，是冲裁工艺与模具设计中的一个极其重要的问题。

一、间隙对冲裁件质量的影响

冲裁件质量主要通过切断面质量、尺寸精度和形状误差来判断。在影响冲裁件质量的诸多因素中，间隙的大小和均匀程度是主要因素。

1. 间隙对断面质量的影响

如图 2-3 所示, 冲裁时, 上、下裂纹是否重合与凸、凹模间隙值的大小有关, 只有凸、凹模间隙适当时, 裂纹才重合, 此时工件断面斜度很小, 并且比较平直光滑, 毛刺小, 无裂纹分层。

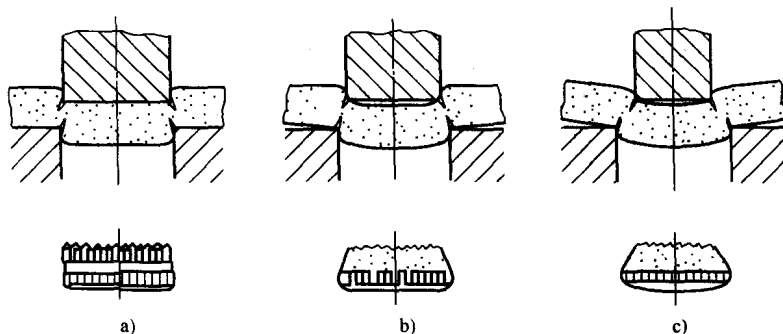


图 2-3 间隙对断面质量的影响

a) 间隙过小 b) 间隙合适 c) 间隙过大

当间隙过小时, 凸模刃口附近的裂纹比正常间隙时向外错开一段距离, 上、下裂纹产生后不重合。当凸模继续下压时, 上下裂纹之间的材料将产生第二次剪切, 出现第二光亮带。在两个光亮带之间形成断裂带, 在端面出现挤长的毛刺, 毛刺虽有所增长, 但容易去除, 而且工件翘曲小, 断面斜度和塌角小, 只要中间撕裂不是很深, 仍可使用。

当间隙过大时, 凸模刃口处的裂纹较正常间隙时向里错开一段距离, 上下裂纹也不重合; 材料的弯曲与拉伸增大, 拉应力增大, 材料易被撕裂, 致使光亮带减小, 塌角和斜度增大, 形成厚而大的拉长毛刺, 且难以去除。同时工件翘曲现象严重。

当间隙不均匀时, 在间隙不合理处将出现毛刺, 断面质量差。因此模具设计制造与安装时, 必须保证间隙均匀。

2. 间隙对尺寸精度的影响

冲裁件的尺寸精度是指冲裁件的实际尺寸与基本尺寸的差值, 差值越小, 则精度越高。影响尺寸精度的因素有两个方面: 一是模具的制造偏差; 二是冲裁件相对于凸模或凹模尺寸的偏差。

冲裁件相对于凸模或凹模尺寸的偏差, 主要是由于工件脱离模具时, 在冲裁中所受的挤压变形、纤维伸长、翘曲变形都要产生弹性回复造成的。

当间隙较大时, 材料所受的拉伸作用增大, 冲裁后因材料的弹性回复使落料件尺寸小于凹模尺寸, 冲孔件孔径大于凸模直径。当间隙较小时, 由于材料受凸、凹模侧向挤压力大, 冲裁后材料的弹性回复使落料件尺寸增大, 冲孔件孔径变小。

上述因素的影响是在模具制造精度一定的前提下讨论的。若冲模的制造精度低, 则冲裁出的工件精度也就无法保证。所以, 凸、凹模的制造公差要按工件的尺寸要求来决定。冲模制造精度应高于冲裁件精度。

二、间隙对冲裁力的影响

间隙增大, 材料所受的拉应力增大, 易断裂分离, 冲裁力有一定程度的降低, 但并不很