

本书分冲裁、弯曲、拉深、局部成形、汽车覆盖件成形和冲压模具设计共 7 章。分别介绍各工艺的工艺方法的选择、工艺参数的确定、原材料的计算、模具的设计方法、加工中容易出现的问题及解决办法等。第 7 章给出了冲压模具设计的常用资料。本书的特点在于注重实用性、可查性。

本书适合从事冲压工艺及模具专业的技术人员查阅、参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

冲压成形工艺及模具 / 邓明, 吕琳等编著. — 北京: 化学工业出版社, 2004

材料成形技术手册

Ⅰ. 邓... Ⅱ. 吕... Ⅲ. 冲压工艺—技术手册

Ⅰ. 邓... Ⅱ. 吕... Ⅲ. 冲压工艺—技术手册  
Ⅳ. TP616.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 123456 号

材料成形技术手册  
冲压成形工艺及模具  
邓明 吕琳等编著  
责任编辑: 王苏平  
文字编辑: 张燕文  
责任校对: 洪雅姝  
封面设计: 张辉

\*

化学工业出版社出版发行  
(北京市东城区青年湖南街 16 号 邮编 100045)

购书咨询: (010) 63906440

购书传真: (010) 63906440

售后服务: (010) 63906440

网址: [www.cip.com.cn](http://www.cip.com.cn)

\*

新华书店北京发行所经销  
北京永鑫印刷有限责任公司印刷  
三河市万龙印装有限公司装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 12.5 字数 320 千字  
2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-122-01234-5

定价: 25.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

# 丛书前言

材料、能源、信息和生物技术是 21 世纪中国国民经济的支柱产业，其中，后三个方面的发展，在一定程度上依赖于材料科学的进步。目前，材料成形（加工）领域成为了全世界工业领域发展的热门领域，各种新的材料成形技术不断涌现，经过技术革新和改造，各种传统的材料成形技术焕发了新的活力。《材料成形技术手册》丛书正是在这种背景下与读者见面了。该丛书由许洪斌教授担任主编，邓明教授担任副主编，分《冲压成形工艺及模具》、《塑料注射成型工艺及模具》、《金属体积成形工艺及模具》、《压铸成形工艺及模具》和《模具制造技术》缘部，以各种材料成形工艺设计、模具设计、设备应用及制件质量控制等为主线，分别介绍了各种材料的成形工艺及模具技术。在总结以往各种成形模具手册的基础上，本丛书增加了作者及同行多年来的研究成果和生产实践经验，在每一种工艺中均增加了该工艺生产中常见问题、产品质量控制及解决措施等内容，并且增加了一些有特色的、新的模具结构图。突出了“实用、简明、方便”和“新工艺、新技术、工程化”的特色。为汽车、摩托车、轻工产品、电器、家电、兵器制造等行业的工程技术人员和专业学生提供了一套好的技术参考资料。但愿这套丛书能为我国的材料加工的现代化和发展起到积极的推动作用。

编著者

2002 年 6 月

# 目 录

第 1 章 冲裁工艺及冲裁模具 .....	1
1.1 冲裁工艺设计 .....	1
1.1.1 冲裁变形过程及断面分析 .....	1
1.1.2 冲裁变形过程 .....	1
1.1.3 冲裁断面分析 .....	2
1.1.4 冲裁件的工艺性 .....	2
1.1.5 冲裁件的形状和尺寸 .....	2
1.1.6 冲裁件的精度 .....	2
1.1.7 搭边 .....	2
1.2 冲裁力的计算与降低冲裁力的方法 .....	2
1.2.1 刃口冲裁力 .....	2
1.2.2 卸料力、推件力和顶件力 .....	2
1.2.3 降低冲裁力的方法 .....	2
1.3 冲裁间隙 .....	2
1.3.1 冲裁间隙对冲件质量的影响 .....	2
1.3.2 间隙大小的确定 .....	2
1.4 冲裁模刃口尺寸的确定 .....	2
1.4.1 刃口尺寸确定的原则 .....	2
1.4.2 刃口尺寸的计算公式 .....	2
1.5 冲裁模具设计 .....	2
1.5.1 冲裁模的分类 .....	2
1.5.2 冲裁模典型结构 .....	2
1.5.3 单工序模 .....	2
1.5.4 复合模 .....	2
1.5.5 级进模 .....	2

摇摇圆圆圆圆圆冲模闭合高度和压力机的装模高度 .....	猿
摇摇圆圆圆圆圆冲模的压力中心 .....	猿
摇摇圆圆圆圆圆确定冲模压力中心的目的 .....	猿
摇摇圆圆圆圆圆确定冲模压力中心的方法 .....	猿
摇摇圆圆圆圆圆冲裁模典型零件的结构设计 .....	猿
摇摇圆圆圆圆圆凸模 .....	猿
摇摇圆圆圆圆圆凹模 .....	猿
摇摇圆圆圆圆圆精冲工艺及模具 .....	源
摇摇圆圆圆圆圆精冲概述 .....	源
摇摇圆圆圆圆圆精冲工艺 .....	源
摇摇圆圆圆圆圆精冲工艺过程 .....	源
摇摇圆圆圆圆圆精冲件的质量及控制 .....	源
摇摇圆圆圆圆圆精冲力的计算 .....	源
摇摇圆圆圆圆圆精冲件的材料 .....	源
摇摇圆圆圆圆圆复合精冲工艺 .....	源
摇摇圆圆圆圆圆精冲模具 .....	源
摇摇圆圆圆圆圆模具的总体结构 .....	源
摇摇圆圆圆圆圆精冲的模具间隙 .....	源
摇摇圆圆圆圆圆刃口圆角的确定 .....	源
摇摇圆圆圆圆圆齿圈压边装置 .....	缘
摇摇圆圆圆圆圆精冲模具的材料及热处理 .....	缘
摇摇圆圆圆圆圆精冲设备 .....	缘
摇摇圆圆圆圆圆经济型精冲技术 .....	缘
摇摇圆圆圆圆圆传统弹性元件式精冲模具 .....	缘
摇摇圆圆圆圆圆液压式精冲模架 .....	缘
摇摇圆圆圆圆圆氮气弹簧式精冲系统 .....	缘
摇摇圆圆圆圆圆冲裁加工中常见的问题及解决措施 .....	远
摇摇圆圆圆圆圆冲裁毛刺及其消除方法 .....	远
摇摇圆圆圆圆圆冲裁毛刺的产生及其预防措施 .....	远
摇摇圆圆圆圆圆对冲裁件上已产生的毛刺的去除 .....	远
摇摇圆圆圆圆圆防止冲裁件断面粗糙的措施 .....	远

摇摇摇摇落料件产生挠曲及其预防措施 .....	远
摇摇摇摇冲模间隙原因产生的挠曲 .....	远
摇摇摇摇制件形状原因产生的挠曲 .....	远
摇摇摇摇材料内部应力原因产生的挠曲 .....	远
摇摇摇摇油、空气原因产生的挠曲 .....	远
摇摇摇摇冲小孔时应注意的问题 .....	远
摇摇摇摇凸模结构 .....	远
摇摇摇摇凸模寿命 .....	远
摇摇摇摇获得精密外轮廓件的方法 .....	远
摇摇摇摇冲模结构 .....	远
摇摇摇摇设计复合整修模具应考虑的问题 .....	远
摇摇摇摇冲细长孔的问题 .....	远
摇摇摇摇冲细长孔出现的问题 .....	远
摇摇摇摇采取的措施 .....	远
摇摇摇摇冲孔凸模的脱落和折断 .....	苑
摇摇摇摇凸模脱落 .....	苑
摇摇摇摇凸模折断 .....	苑
摇摇摇摇防止废料上升和堵塞的措施 .....	苑
摇摇摇摇废料上升的原因及防止措施 .....	苑
摇摇摇摇废料堵塞的原因及防止措施 .....	苑
摇摇摇摇冲制接近边缘孔的方法 .....	苑
摇摇摇摇冲制接近曲线附近的孔 .....	苑
摇摇摇摇先冲外形后冲孔 .....	苑
摇摇摇摇先冲孔后冲外形 .....	苑
第 圆章 摇摇弯曲变形及弯曲模具 .....	苑
摇摇摇摇弯曲变形过程的特点 .....	苑
摇摇摇摇中性层的内移 .....	苑
摇摇摇摇变形区内板料的变薄和增长 .....	苑
摇摇摇摇变形区板料剖面的畸变、翘曲和破裂 .....	苑
摇摇摇摇最小弯曲半径 .....	苑
摇摇摇摇最小弯曲半径的概念及其影响因素 .....	苑

摇摇摇	愿愿愿	愿愿愿	愿愿愿	最小弯曲半径的概念	愿愿愿
摇摇摇	愿愿愿	愿愿愿	愿愿愿	最小弯曲半径的影响因素	愿愿愿
摇摇	愿愿	愿愿	愿愿	最小弯曲半径的值	愿愿愿
摇	愿	愿	愿	弯曲回弹	愿愿愿
摇摇	愿愿	愿愿	愿愿	影响弯曲回弹的因素	愿愿愿
摇摇	愿愿	愿愿	愿愿	减小弯曲回弹的措施	愿愿愿
摇摇摇	愿愿愿	愿愿愿	愿愿愿	改进弯曲件的设计	愿愿愿
摇摇摇	愿愿愿	愿愿愿	愿愿愿	采取适当的弯曲工艺	愿愿愿
摇摇摇	愿愿愿	愿愿愿	愿愿愿	合理设计弯曲模具	愿愿愿
摇	愿	愿	愿	弯曲件坯料长度的计算	愿愿愿
摇摇	愿愿	愿愿	愿愿	弯曲角为 $\alpha$ 的弯曲件	愿愿愿
摇摇	愿愿	愿愿	愿愿	圆角半径则 $r \geq r_{min}$ 的弯曲件	愿愿愿
摇摇	愿愿	愿愿	愿愿	圆角半径则 $r \leq r_{max}$ 的弯曲件	愿愿愿
摇摇	愿愿	愿愿	愿愿	铰链式弯曲	愿愿愿
摇	愿	愿	愿	弯曲力的计算	愿愿愿
摇摇	愿愿	愿愿	愿愿	自由弯曲力	愿愿愿
摇摇	愿愿	愿愿	愿愿	校正弯曲力	愿愿愿
摇	愿	愿	愿	弯曲模具的设计	愿愿愿
摇摇	愿愿	愿愿	愿愿	工作部分尺寸的确定	愿愿愿
摇摇	愿愿	愿愿	愿愿	弯曲模具的主要结构	愿愿愿
摇摇摇	愿愿愿	愿愿愿	愿愿愿	单角弯曲模	愿愿愿
摇摇摇	愿愿愿	愿愿愿	愿愿愿	双角弯曲模	愿愿愿
摇摇摇	愿愿愿	愿愿愿	愿愿愿	卷圆模	愿愿愿
摇	愿	愿	愿	弯曲成形中常见的问题及解决措施	愿愿愿
摇摇	愿愿	愿愿	愿愿	减小弯曲回弹的方法	愿愿愿
摇摇	愿愿	愿愿	愿愿	控制弯曲件精度的方法	愿愿愿
摇摇摇	愿愿愿	愿愿愿	愿愿愿	弯曲件高度不够的问题	愿愿愿
摇摇摇	愿愿愿	愿愿愿	愿愿愿	弯曲件角度精度的控制	愿愿愿
摇摇摇	愿愿愿	愿愿愿	愿愿愿	裁形弯曲时的形状控制	愿愿愿
摇摇摇	愿愿愿	愿愿愿	愿愿愿	在形弯曲时的形状控制	愿愿愿
摇	愿	愿	愿	弯曲件孔的位置精度及控制	愿愿愿



摇摇猿猿猿猿猿拉深系数和极限拉深系数	员怨
摇摇猿猿猿猿猿影响极限拉深系数的因素	员起
摇摇猿猿猿猿猿拉深系数和拉深次数的确定	员源
摇摇猿猿猿猿猿首次拉深与以后各次拉深的变形特点	员缘
摇摇猿猿猿猿猿带凸缘筒形件的拉深	员缘
摇摇猿猿猿猿猿变形特点	员缘
摇摇猿猿猿猿猿拉深极限及拉深次数的确定	员起
摇摇猿猿猿猿猿拉深极限	员起
摇摇猿猿猿猿猿多次拉深的各次直径及次数	员苑
摇摇猿猿猿猿猿拉深方法	员苑
摇摇猿猿猿猿猿其他形状零件的拉深	员起
摇摇猿猿猿猿猿阶梯形件拉深	员起
摇摇猿猿猿猿猿由大阶梯到小阶梯的拉深	员起
摇摇猿猿猿猿猿由小阶梯到大阶梯的拉深	员源
摇摇猿猿猿猿猿浅阶梯形件的拉深	员源
摇摇猿猿猿猿猿注意事项	员源
摇摇猿猿猿猿猿锥形、球形件的拉深	员源
摇摇猿猿猿猿猿锥形件的拉深	员源
摇摇猿猿猿猿猿球形件的拉深	员缘
摇摇猿猿猿猿猿抛物面件的拉深	员起
摇摇猿猿猿猿猿盒形件的拉深	员苑
摇摇猿猿猿猿猿盒形件的成形特点	员苑
摇摇猿猿猿猿猿毛坯形状和尺寸的确定	员愿
摇摇猿猿猿猿猿低盒形件拉深的成形极限	员怨
摇摇猿猿猿猿猿高盒形件的拉深	员起
摇摇猿猿猿猿猿拉深工艺设计实例	员起
摇摇猿猿猿猿猿汽车启动电机壳的成形工艺设计	员起
摇摇猿猿猿猿猿结构特点	员起
摇摇猿猿猿猿猿毛坯尺寸	员猿
摇摇猿猿猿猿猿主要成形工艺路线	员起
摇摇猿猿猿猿猿升降器外壳冲压工艺设计	员起

摇摇摇拉深模具设计要点	员愿
摇摇摇拉深模工作部分参数确定	员愿
摇摇摇拉深模圆角半径	员愿
摇摇摇拉深模间隙	员愿
摇摇摇凸、凹模工作部分尺寸的确定	员怨
摇摇摇确定原则	员怨
摇摇摇凸、凹模制造公差	员园
摇摇摇不用压边圈的工作模结构	员园
摇摇摇采用压边圈的工作模结构	员园
摇摇摇压边圈的应用范围	员园
摇摇摇压边圈的结构	员员
摇摇摇压料限位装置	员员
摇摇摇锥形压边圈	员圆
摇摇摇拉深力、压边力和拉深功	员圆
摇摇摇拉深力	员圆
摇摇摇压边力	员猿
摇摇摇拉深功	员猿
摇摇摇选择压力机的原则	员猿
摇摇摇各种典型拉深模具的结构实例	员源
摇摇摇变薄拉深	员苑
摇摇摇概述	员苑
摇摇摇变薄拉深工艺计算	员愿
摇摇摇坯料计算	员愿
摇摇摇变形程度和变薄系数	员愿
摇摇摇变薄拉深次数	员愿
摇摇摇各次毛坯的壁厚、直径和高度	员愿
摇摇摇变薄拉深模具设计要点	员怨
摇摇摇主要工作零件材料	员怨
摇摇摇模具结构	员怨
摇摇摇凹模设计	员怨
摇摇摇凸模设计	员怨

摇摇摇摇摇摇摇摇卸件装置 .....	员怨
摇摇摇摇摇摇拉深成形中的润滑和退火 .....	员园
摇摇摇摇摇摇润滑 .....	员园
摇摇摇摇摇摇退火 .....	员员
摇摇摇摇摇摇拉深成形中常见的问题及解决措施 .....	员猿
摇摇摇摇摇摇拉深裂纹产生的原因及其防止措施 .....	员猿
摇摇摇摇摇摇防止拉深起皱的方法 .....	员猿
摇摇摇摇摇摇球形件的拉深皱纹及其防止措施 .....	员源
摇摇摇摇摇摇产生的原因 .....	员源
摇摇摇摇摇摇解决方法 .....	员缘
摇摇摇摇摇摇盒形件拉深时的侧壁回弹 .....	员远
摇摇摇摇摇摇现象和原因 .....	员远
摇摇摇摇摇摇解决方法 .....	员远
摇摇摇摇摇摇盒形件侧壁凹陷 .....	员远
摇摇摇摇摇摇拉深件底部鼓起或塌陷 .....	员苑
摇摇摇摇摇摇底部鼓起 .....	员苑
摇摇摇摇摇摇底部塌陷 .....	员苑
摇摇摇摇摇摇拉深模的磨损问题 .....	员愿
摇摇摇摇摇摇拉深时的摩擦高温黏结 .....	员怨
摇摇摇摇摇摇浅盒形件拉深出现的问题 .....	员园
摇摇摇摇摇摇浅盒形件底部变形 .....	员园
摇摇摇摇摇摇浅盒形件壁部松弛 .....	员员
摇摇摇摇摇摇不锈钢的拉深问题 .....	员员
摇摇摇摇摇摇不锈钢的力学性能对拉深成形的影响 .....	员员
摇摇摇摇摇摇不锈钢拉深过程中常见问题及其原因 .....	员圆
摇摇摇摇摇摇不锈钢常见拉深缺陷的预防措施 .....	员猿
第 源章摇摇局部成形 .....	员远
摇摇摇摇摇摇胀形 .....	员远
摇摇摇摇摇摇起伏成形 .....	员远
摇摇摇摇摇摇管形凸肚 .....	员愿
摇摇摇摇摇摇胀形变形程度 .....	员愿

坯料尺寸计算	102
胀形力	102
翻边	103
内孔翻边	103
圆孔翻边	103
变薄翻孔	103
非圆孔翻边	103
外缘翻边	103
内凹曲线翻边	103
外凸曲线翻边	103
翻边模结构	103
缩口与扩口	104
缩口	104
扩口	104
整形与压印	104
局部成形的常见问题	104
胀形时产生裂纹的原因及其预防措施	104
翻边时边缘产生裂纹的原因及其预防措施	104
第 7 章 汽车覆盖件成形	105
概述	105
汽车覆盖件的定义	105
覆盖件成形的特点	105
对覆盖件的要求	105
覆盖件冲模的分类	105
拉深模	105
修边模	105
翻边模	105
覆盖件拉深成形模具设计	105
拉深件的冲压方向	105
工艺补充部分设计	105
确定工艺补充部分的原则	105

摇摇缘缘缘缘缘确定工艺补充部分要考虑定位可靠	圆缘
摇摇缘缘缘缘缘确定工艺补充部分要考虑拉深条件	圆远
摇摇缘缘缘缘缘工艺补充部分的类型	圆远
摇摇缘缘缘缘缘压料面的确定	圆苑
摇摇缘缘缘缘缘工艺孔及工艺切口	圆怨
摇摇缘缘缘缘缘导向	圆员
摇摇缘缘缘缘缘压边圈和凹模的导向	圆员
摇摇缘缘缘缘缘凸模和压边圈的导向	圆远
摇摇缘缘缘缘缘拉深筋和拉深槛	圆远
摇摇缘缘缘缘缘作用	圆苑
摇摇缘缘缘缘缘布置	圆愿
摇摇缘缘缘缘缘结构	圆远
摇摇缘缘缘缘缘坯料定位	圆退
摇摇缘缘缘缘缘通气孔	圆猿
摇摇缘缘缘缘缘作用	圆猿
摇摇缘缘缘缘缘尺寸及布置	圆猿
摇摇缘缘缘缘缘到位标志器	圆源
摇摇缘缘缘缘缘覆盖件切边模设计	圆源
摇摇缘缘缘缘缘切边模的分类	圆源
摇摇缘缘缘缘缘设计切边模应考虑的问题	圆源
摇摇缘缘缘缘缘拉深件在切边时的定位	圆源
摇摇缘缘缘缘缘冲压方向及其他要求	圆缘
摇摇缘缘缘缘缘废料的排除	圆缘
摇摇缘缘缘缘缘切边刃口的结构形式	圆缘
摇摇缘缘缘缘缘整体式	圆缘
摇摇缘缘缘缘缘镶块式	圆远
摇摇缘缘缘缘缘纵向切边	圆远
摇摇缘缘缘缘缘废料切刀	圆远
摇摇缘缘缘缘缘典型零件工艺实例	圆苑
摇摇缘缘缘缘缘发动机罩外板	圆苑
摇摇缘缘缘缘缘顶盖	圆愿

摇摇摇缘随随随左、右翼子板	圆怨
摇摇摇缘随随随左、右侧围外板	圆怨
第 远章摇摇冲压模具设计常用资料	圆源
摇摇摇摇模具常用公差与配合	圆源
摇摇摇摇公差等级的选用	圆源
摇摇摇摇选用的一般原则	圆源
摇摇摇摇各公差等级的应用范围	圆源
摇摇摇摇公差等级与加工方法的关系	圆源
摇摇摇摇基孔制与基轴制极限偏差和配合	圆缘
摇摇摇摇模具零件表面粗糙度	圆缘
摇摇摇摇模具设计常用模架	圆缘
摇摇摇摇后侧导柱模架	圆缘
摇摇摇摇中间导柱圆形模架	圆源
摇摇摇摇对角导柱模架	圆缘
摇摇摇摇常用成形设备	圆缘
摇摇摇摇压力机的选择	圆缘
摇摇摇摇压力机类型的选择	圆缘
摇摇摇摇初选设备	圆缘
摇摇摇摇设备做功校核	圆缘
摇摇摇摇常用金属塑性成形设备的分类、型号及规格	圆缘
摇摇摇摇机械压力机	圆愿
摇摇摇摇液压机	圆愿
摇摇摇摇冲压模具材料及热处理	圆愿
摇摇摇摇冲压模具材料的选取原则	圆愿
摇摇摇摇常用的冲压模具材料及热处理	圆怨
摇摇摇摇碳素工具钢	圆怨
摇摇摇摇高碳低合金冷作模具钢	圆员
摇摇摇摇冷作模具高速钢	圆员
参考文献	圆怨

# 第 1 章 冲裁工艺及冲裁模具

## 1.1 冲裁工艺设计

冲裁是利用冲模对板料进行分离加工的一种工艺，它的主要形式是落料（内部为工件，外部为废料）和冲孔（外部为工件，内部为废料），其他的还有切断、切边、切口等。

### 1.1.1 冲裁变形过程及断面分析

#### 1.1.1.1 冲裁变形过程

冲裁变形过程大致可分为如下三个阶段。

##### (1) 弹性变形阶段

凸模开始接触板料并下压，板料发生弹性压缩与弯曲，并略微挤入凹模型孔里，这时材料内的应力没有超过屈服点，若凸模卸除压力，材料恢复原状。如图 1-1(a) 所示。

##### (2) 塑性变形阶段

凸模继续加压时，部分材料被挤入凹模型孔内，使材料产生塑

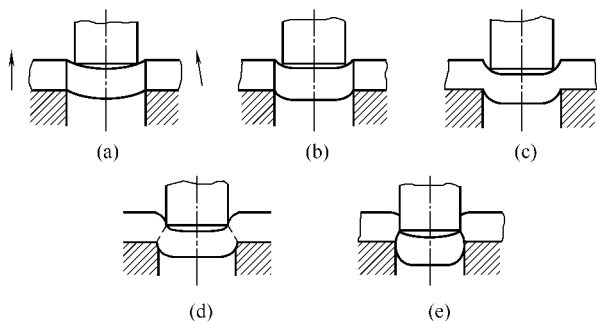


图 1-1 冲裁变形过程

性剪切变形，直至产生裂纹为止。凸、凹模之间的间隙越小，这个阶段越长。如图 1-1(b) 所示。

### (3) 断裂分离阶段

凸模继续下行，凸、凹模刃口部分材料的微细裂纹不断向材料内部扩展。当凸模与凹模之间具有合理间隙时，上、下裂纹能相互重合，从而使零件与板料分离，完成整个冲裁过程。如图 1-1(c)、(d)、(e) 所示。

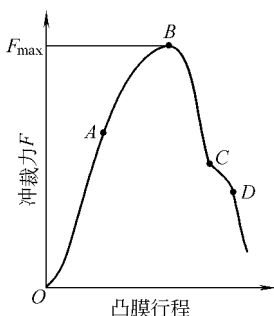


图 1-2 冲裁力-凸模行程曲线

从图 1-2 所示冲裁力-凸模行程曲线可明显看出冲裁变形过程的三个阶段。图中  $OA$  段是冲裁的弹性变形阶段； $AB$  段是塑性变形阶段， $B$  点为冲裁力的最大值，在此点材料开始断裂； $BC$  段为微裂纹扩展直至材料分离的断裂阶段； $CD$  段主要是

用于克服摩擦力将冲裁件推出凹模孔口时所需的力。

## 1.1.1.2 冲裁断面分析

### (1) 冲裁断面

由于冲裁变形的特点，冲裁件的断面明显地分成四个特征区，即圆角带、光亮带、断裂带与毛刺区，如图 1-3 所示。

① 圆角带 该区域的形成是当凸模刃口压入材料时，刃口附近的材料产生弯曲和伸长变形，材料被拉入间隙的结果。材料的塑性越好，凸模与凹模的间隙越大，圆角带越大。

② 光亮带 该区域发生在塑性变形阶段，当刃口切入材料后，

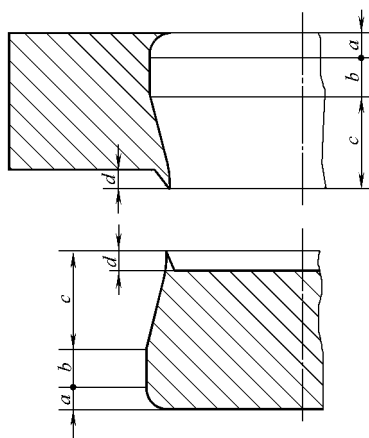


图 1-3 冲裁件断面的形状  
a—圆角带；b—光亮带；c—断裂带；d—毛刺区

材料被凸、凹模切刃的侧表面挤压而形成光亮垂直的断面，通常占全断面的  $1/3 \sim 1/2$ 。间隙越小，材料的塑性越好，光亮带就越宽。

③ 断裂带 该区域在断裂阶段形成。断面粗糙，且略带有斜度。塑性差的材料撕裂倾向严重，断裂带所占比例也大。

④ 毛刺区 毛刺的形成是在模具侧面距刃尖不远的地方，在拉应力的作用下，裂纹开始生长，材料断裂而产生的，裂纹的产生点和刃口尖的距离成为毛刺的高度。冲裁间隙越小，毛刺的高度越小。在普通冲裁中毛刺是不可避免的，普通冲裁允许的毛刺高度见表 1-1。

表 1-1 普通冲裁毛刺的允许高度 单位：mm

料厚	约 0.3	$>0.3 \sim 0.5$	$>0.5 \sim 1.0$	$>1.0 \sim 1.5$	$>1.5 \sim 2$
生产时	$\leq 0.05$	$\leq 0.08$	$\leq 0.10$	$\leq 0.13$	$\leq 0.15$
试模时	$\leq 0.015$	$\leq 0.02$	$\leq 0.03$	$\leq 0.04$	$\leq 0.05$

## (2) 影响冲裁断面质量的因素

① 材料性能的影响 材料塑性好，冲裁时裂纹出现得较迟，材料被剪切的深度较大，所得断面光亮带所占的比例就大。塑性差的材料，容易拉断，材料被剪切不久就出现裂纹，使断面光亮带所占的比例小。

② 模具间隙的影响 冲裁时，断裂面上、下裂纹是否重合，与凸、凹模间隙的大小有关。当凸、凹模间隙合适时，凸、凹模刃口附近沿最大切应力方向产生的裂纹在冲裁过程中能会合，制件的断面质量较好 [图 1-4(b)]。

当间隙减小时，变形区内弯矩小、压应力成分高。由凹模刃口附近产生的裂纹进入凸模下表面的压应力区而停止发展；由凸模刃口附近产生的裂纹进入凹模上表面的压应力区也停止发展。上、下裂纹不重合。在两条裂纹之间的材料将被第二次剪切。当上裂纹压入凹模时，受到凹模壁的挤压，产生第二光亮带，同时部分材料被挤出，在表面形成薄而高的毛刺 [图 1-4(a)]。当间隙过小时，虽然塌角小、拱弯小，但断面质量也有缺陷。

当间隙过大时，因为弯矩大，拉应力成分高，材料在凸、凹模刃口附近产生的裂纹也不重合。由于塌角大、拱弯大、光亮带小、

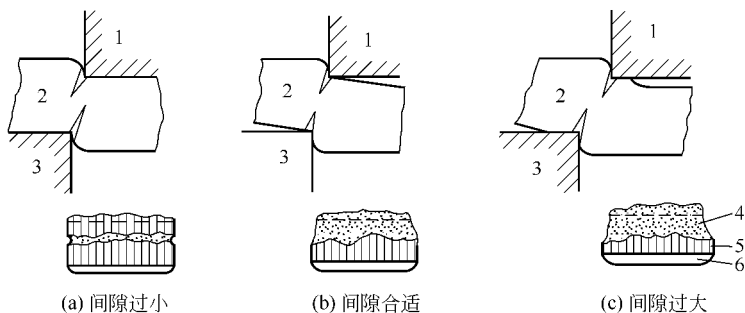


图 1-4 间隙大小对制件断面质量的影响

1—凸模；2—材料；3—凹模；4—断裂带；5—光亮带；6—圆角带

毛刺又高又厚，冲裁件质量下降 [图 1-4(c)]。因此，模具间隙应保持在一个合理的范围内。另外，当模具装配间隙调整得不均匀时，模具会出现部分间隙过大和过小的现象。模具设计、制造与安装时必须保证间隙均匀。

③ 模具刃口状态的影响 模具刃口状态对冲裁过程中的应力状态及制件的断面质量有较大影响。当刃口磨损成圆角时，挤压作用增大，所以制件塌角带和光亮带增大。同时，材料中减少了应力集中现象而增大了变形区域，产生的裂纹偏离刃口，凸、凹模间金属在剪裂前有很大的拉伸，这就使冲裁断面上产生明显的毛刺。当凸、凹刃口磨损后，裂纹的产生点离刃口平面距离大，即使间隙合理也会产生毛刺。如图 1-5 所示，当凸模刃口磨损时，则会在落料件上端产生毛刺 [图(b)]；当凹模刃口磨损时，则会在冲孔件的孔口下端产生毛刺 [图(a)]；当凸、凹模刃口同时磨损时，则冲裁

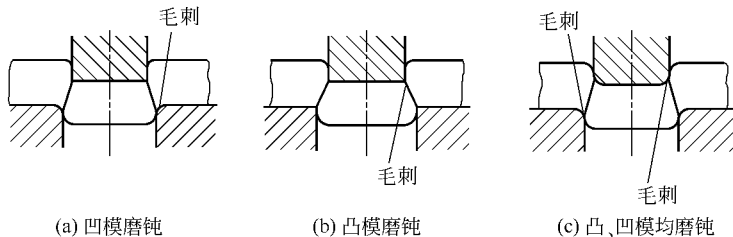


图 1-5 凸、凹模刃口磨损时毛刺的形成情况