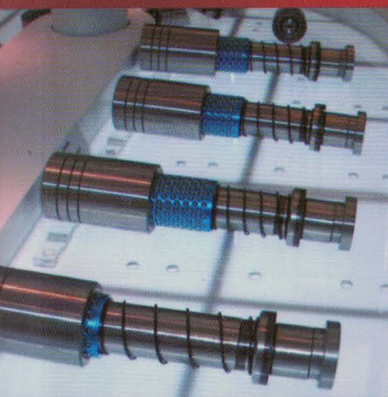




普通高等教育“十三五”规划教材
“十二五”江苏省高等学校重点教材



Stamping Process and Design of Mould

冲压工艺与模具设计

第 2 版

柯旭贵 张荣清 © 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十三五”规划教材
“十二五”江苏省高等学校重点教材

冲压工艺与模具设计

第2版

主 编 柯旭贵 张荣清
参 编 邢 昌 孟玉喜 张 俊
 满长江 王鹏程 许伟兴
主 审 贾俐俐



机械工业出版社

全书分3篇共11章。第1篇主要介绍冲压成形的基础知识,为即将进行全书学习做铺垫。第2篇主要介绍传统的冲压工艺与模具设计,系统地介绍了冲裁、弯曲、拉深三种基本冲压工艺、模具的典型结构、模具的设计方法及冲压件的质量控制;对翻孔、翻边、胀形、缩口、扩口、压筋、压印等成形工艺与模具做了简介。第3篇主要介绍先进冲压工艺与模具设计,较为详细地介绍了多工位级进冲压工艺与模具设计和汽车覆盖件成形的主要工艺,对精密冲压和数控冲压做了简要介绍。

本书为“十二五”江苏省高等学校重点教材(编号:2015-1-061),获中国机械工业科学技术奖三等奖。本书可供高等院校材料成形及控制工程、模具设计与制造、机械制造及其自动化等专业的本科及高职高专、成人教育和助学自考等学生使用,也可供从事冲压生产和科研工作的工程技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

冲压工艺与模具设计/柯旭贵,张荣清主编.—2版.—北京:机械工业出版社,2016.12(2018.1重印)

普通高等教育“十三五”规划教材 “十二五”江苏省高等学校重点教材

ISBN 978-7-111-55580-3

I. ①冲… II. ①柯… ②张… III. ①冲压-生产工艺-高等学校-教材
②冲模-设计-高等学校-教材 IV. ①TG38

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第294808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 丁昕祯 责任编辑 丁昕祯 杨璇
责任校对:刘怡丹 封面设计 张静
责任印制:张博

三河市宏达印刷有限公司印刷
2018年1月第2版第2次印刷
184mm×260mm·24印张·585千字
标准书号:ISBN 978-7-111-55580-3
定价:54.80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

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

第2版前言

FOREWORD

模具是工业生产的基础工艺装备，被称为“工业之母”。没有高水平的模具就没有高水平的工业产品。现在，模具的工业水平既是衡量一个国家制造业水平高低的重要标志，也是一个国家工业产品保持国际竞争力的重要保证之一。

此次修订保留了第1版的体系和特点，但更加突出其工程应用性，为此在编写人员和内容上做了调整，主要有：

- 1) 先进冲压部分全部邀请了企业生产一线人员参与编写，使内容更加符合生产实际。
- 2) 在内容上进行了精简和调整，所有模具结构尽量与实际生产吻合。书中的模具以实际工程应用中的主流结构为主，对经典但又不常用的结构和知识只进行简介，如强化了钢板模架、弹性卸料装置、分别制造法、下模具刃口尺寸的计算方法、级进冲压方法等。对模具结构、冲裁模刃口尺寸的计算、第3章和第7章的设计举例及第8章等做了较大的改动。
- 3) 更新了模具标准，保证所有标准为最新国家标准。
- 4) 对模具行业的最新技术做了简介，如高强度钢板的热冲压技术、快速经济模具和快速成形技术等。
- 5) 配套了电子课件。

本书由南京工程学院柯旭贵和张荣清担任主编。柯旭贵统稿并编写了第1章中的第1.3~1.6节，第2、3、7章，与南通开放大学孟玉喜（原南通友星线束有限公司产品高级专员）合编了第8章，与上海千缘汽车车身模具有限公司的满长江合编了第9章。张荣清编写了第4章中的第4.1~4.5节，与无锡曙光模具有限公司的许伟兴合编了第10章，与无锡领丰钣金有限公司的王鹏程合编了第11章。安徽工程大学的邢昌编写了第5章。宿迁学院的张俊编写了第1章中的第1.1~1.2节，第4章中的第4.6节和第6章。

本书由贾俐俐教授担任主审，她对本书的编写提出了宝贵意见，在此表示衷心的感谢。由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

第1版前言

FOREWORD

模具是工业生产中极其重要而又不可或缺的特殊的基础工艺装备,工业要发展,模具须先行。没有高水平的模具,就没有高水平的工业产品。现在,模具工业水平既是衡量一个国家制造业水平高低的重要标志,也是一个国家工业产品保持国际竞争力的重要保证之一。

冲压模具是模具的重要组成部分,在模具中所占比例为40%左右。目前,我国冲压模具在数量、质量、技术和能力等方面都有了很大的发展,但与国民经济需求和世界先进水平相比,差距仍很大。造成这种差距的主要原因与人才的匮乏、标准化程度低有密切关系,因此培养适应国民经济发展需要的专门人才,提高模具标准化程度,将是促进冲压模具发展的有力措施。

为适应冲压模具市场及与国际接轨的需要,我国对冲压模具标准在2008年进行了较大范围的修订和完善,对不少标准中的数据进行了更改和调整,因此,作为培养专门模具人才的教学用书也应进行及时的更新。本书采用了最新的冲压模具标准,将传统冲压工艺与先进冲压工艺融合在一起进行编写,既满足传统知识的传授,又能满足现代模具市场对冲压模具人才的需求。

本书的主要特点是:

1) 首次将传统冲压工艺与模具同先进冲压工艺与模具合在一起,并采用最新冲压模具标准和规范,充分体现本书的基础性和先进性。

2) 注重与实际生产密切贴合。在本书的编写过程中,特别注重与实际生产的衔接,为此邀请企业人员参与,并到相关企业进行调研,力争使书中内容能反映实际生产,体现本书的实用性。

3) 编写形式活泼,图例典型。本书以较为形象的剪贴画的形式引出每章的“能力要求”,并以“扩展阅读”的形式插入与书中内容相关联的课外阅读知识,既可丰富学生的课外知识,又能引导学生自己查阅对“扩展阅读”感兴趣的相关资料和文献,扩大学生的视野。书中配有大量典型结构的模具图形和实物图片,体现本书的可读性。

4) 注重“即学即用”与学习方法的传授,满足应用型人才的培养需要。除第6章外,在第2篇的每章后面均附有一个设计实例,较为详细地介绍了各类模具的设计流程与设计方法,同时附有较为完整的模具总装配图和模具零件图,在每章的最后均附有相关的思考题,便于学生进行练习,体现本书的实战性。

本书由南京工程学院柯旭贵和张荣清担任主编。柯旭贵统稿并编写了第1章中的第1.3~1.5节,第2、3、7、9章,第8章中的第8.1节。张荣清编写了第4章中的第4.1~4.5节,第10章和第11章。南京长江电子模具有限公司的徐小俊编写了第8章中的第8.2~

8.4节。安徽工程大学的邢昌编写了第1章中的第1.6节和第5章。宿迁学院的张俊编写了第1章的第1.1、1.2节，第4章中的第4.6节和第6章。

本书由贾俐俐教授担任主审，她对本书的编写提供了宝贵意见，在此表示衷心的感谢。书中引用了大量的参考文献，对这些文献的作者表示感谢。特别感谢对本书编写提供许多宝贵而实用意见的江苏昆山华富电子有限公司殷黎明先生、北京机电研究所精冲技术中心赵彦启先生和江苏瑞普车业有限公司的张传忠先生。

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者



目 录

CONTENTS

第 2 版前言

第 1 版前言

第 1 篇 冲压工艺概述

第 1 章 冲压工艺基础知识	2	1.5.2 冲模常用标准简介	20
1.1 冲压工艺特点及应用	2	1.6 冲模的现状与发展趋势	22
1.1.1 冲压的概念	2	1.6.1 冲模的现状	22
1.1.2 冲压的特点及应用	3	1.6.2 冲模的发展趋势	23
1.2 冲压工艺的分类	4	思考题	24
1.3 冲压材料	8	第 2 章 冲压工艺基础理论	25
1.3.1 冲压材料的工艺要求	8	2.1 塑性成形基本概念	25
1.3.2 常用冲压材料及下料方法	11	2.2 塑性成形力学基础	26
1.4 冲压设备	14	2.3 塑性成形基本规律	28
1.5 冲模常用标准	20	思考题	30
1.5.1 冲模标准化意义	20		

第 2 篇 冲压工艺与模具设计

第 3 章 冲裁工艺与模具设计	32	3.4.2 冲裁工艺方案确定	60
3.1 冲裁变形过程分析	34	3.5 冲裁模总体结构设计	62
3.1.1 冲裁过程板料受力情况分析	34	3.5.1 冲模的分类	62
3.1.2 冲裁变形过程	34	3.5.2 冲裁模的典型结构	63
3.1.3 冲裁变形区位置	36	3.5.3 冲裁模的类型选择	75
3.2 冲裁件质量分析及控制	36	3.5.4 冲裁模零件结构形式的确定	75
3.2.1 冲裁件断面特征及其影响因素	36	3.6 模具主要零件的设计与标准的选用	76
3.2.2 冲裁件尺寸精度及其影响因素	39	3.6.1 工作零件的设计与标准的选用	76
3.2.3 冲裁件形状误差及其影响因素	40	3.6.2 定位零件的设计与标准的选用	91
3.2.4 冲裁件质量控制	40	3.6.3 压料、卸料、送料零件的设计与标准的选用	102
3.3 冲裁工艺计算	41	3.6.4 导向零件的设计与标准的选用	110
3.3.1 排样设计	41	3.7 冲裁设备的选用与校核	118
3.3.2 冲裁工艺力与压力中心的计算	50	3.8 冲裁模设计举例	120
3.4 冲裁工艺设计	55	思考题	127
3.4.1 冲裁件工艺性分析	55		

第4章 弯曲工艺与模具设计 129

4.1 弯曲变形过程分析 131

4.1.1 弯曲变形过程 131

4.1.2 弯曲变形特点 132

4.1.3 弯曲变形区的应力应变状态 133

4.2 弯曲件质量分析及控制 134

4.2.1 弯裂 134

4.2.2 回弹 137

4.2.3 偏移 139

4.2.4 板料横截面的畸变和翘曲变形 140

4.2.5 变形区变薄和弯曲长度增加 141

4.3 弯曲工艺计算 141

4.3.1 弯曲件毛坯尺寸的计算 141

4.3.2 弯曲工艺力的计算及设备选用 144

4.4 弯曲工艺设计 146

4.4.1 弯曲件工艺性分析 146

4.4.2 弯曲工艺方案确定 148

4.5 弯曲模设计 149

4.5.1 弯曲模类型及结构 149

4.5.2 弯曲模具零件设计 158

4.6 弯曲模设计举例 162

思考题 166

第5章 拉深工艺与模具设计 167

5.1 拉深变形过程分析 168

5.1.1 拉深变形过程及特点 168

5.1.2 拉深过程中毛坯应力应变状态及分布 170

5.2 拉深件质量分析及控制 172

5.2.1 起皱 172

5.2.2 拉裂 174

5.3 拉深工艺计算 175

5.3.1 直壁旋转体零件的拉深工艺计算 175

5.3.2 非直壁旋转体零件的拉深工艺计算 190

5.3.3 无凸缘椭圆形件的拉深工艺计算 195

5.3.4 无凸缘盒形件的拉深工艺计算 197

5.3.5 拉深工艺力计算及设备选用 200

5.4 拉深工艺设计 203

5.4.1 拉深件工艺性分析 203

5.4.2 拉深工艺方案确定 205

5.5 拉深模具设计 206

5.5.1 拉深模具类型及典型结构 206

5.5.2 拉深模具零件设计 212

5.6 拉深模设计举例 216

思考题 221

第6章 成形工艺与模具设计 222

6.1 翻孔 222

6.1.1 翻圆孔 222

6.1.2 翻非圆孔 228

6.2 翻边 229

6.2.1 外缘的内曲翻边 229

6.2.2 外缘的外曲翻边 229

6.2.3 外缘翻边方法 229

6.3 缩口与扩口 231

6.3.1 缩口 231

6.3.2 扩口 234

6.4 胀形 235

6.4.1 胀形变形特点 236

6.4.2 胀形变形程度 236

6.4.3 胀形工艺设计 236

6.4.4 胀形方法及胀形模具结构 237

6.5 压筋、压凸包与压印 239

6.5.1 压筋、压凸包 239

6.5.2 压印 240

思考题 241

第7章 冲压工艺与模具设计方法 242

7.1 设计前的准备工作 242

7.2 冲压工艺设计的主要内容及步骤 242

7.3 冲压模具设计方法与步骤 246

7.3.1 模具类型及结构形式的确定 246

7.3.2 模具零件的设计及标准的选用 246

7.3.3 模具图样的绘制 247

7.4 冲压模具材料及热处理 249

7.5 冲压工艺与模具设计实例 251

思考题 258

第3篇 先进冲压工艺与模具设计

第8章 多工位级进冲压工艺与模具

设计 260

8.1 多工位级进冲压排样设计	262
8.1.1 排样设计的内容	263
8.1.2 毛坯排样	264
8.1.3 冲切刃口外形设计	264
8.1.4 工序排样	269
8.2 多工位级进模典型结构	284
8.3 多工位级进模零件设计	291
8.3.1 工作零件设计	291
8.3.2 定位零件设计	297
8.3.3 卸料零件设计	302
8.3.4 固定零件设计	304
8.3.5 导向零件设计	305
8.3.6 冲压方向转换机构设计	305
8.3.7 安全检测机构设计	306
8.4 多工位级进模的图样绘制	307
8.4.1 总装配图的绘制要求	307
8.4.2 零件图的绘制要求	307
思考题	310

第9章 汽车覆盖件成形工艺与

模具 312

9.1 覆盖件的工艺数学模型	314
9.2 覆盖件拉延工艺与模具	318
9.2.1 覆盖件拉延工艺设计	318
9.2.2 拉延模的结构	324

9.3 覆盖件修边工艺与模具	326
9.3.1 修边工艺设计	326
9.3.2 修边模的结构	327
9.4 覆盖件翻边工艺与模具	329
9.4.1 翻边工艺设计	330
9.4.2 翻边模的结构	331
思考题	334

第10章 精密冲压工艺与模具设计 335

10.1 精冲工艺类型	337
10.2 齿圈压板精冲	339
10.2.1 齿圈压板精冲过程	340
10.2.2 齿圈压板精冲工艺	341
10.2.3 齿圈压板精冲模	348
10.3 精冲复合工艺	351
10.4 精冲件质量	360
思考题	362

第11章 数控冲压工艺与模具 363

11.1 数控冲压设备及模具	364
11.1.1 数控转塔压力机	364
11.1.2 数控转塔压力机专用模具	367
11.2 数控冲压编程设计	369
11.2.1 数控冲压编程原则	369
11.2.2 数控冲压编程设计与操作	371
思考题	373

参考文献 374

第1篇

冲压工艺概述

第1章 冲压工艺基础知识

第2章 冲压工艺基础理论

第1章

冲压工艺基础知识



能力要求

- 了解冲压的应用，能根据冲压件的结构特征初步判断所需的基本冲压工序。
- 熟悉冲压材料的种类及供应规格。
- 熟悉常用冲压设备的类型及适应工艺。

1.1 冲压工艺特点及应用

1.1.1 冲压的概念

冲压是指在常温下靠压力机和模具对板材、带材、管材和型材等施加外力，使之产生塑性变形或分离，从而获得所需形状和尺寸的工件的加工方法。冲压生产的产品称为冲压件。冲压所用的模具称为冲压模具，简称冲模。图 1-1 所示为冲压的应用举例。

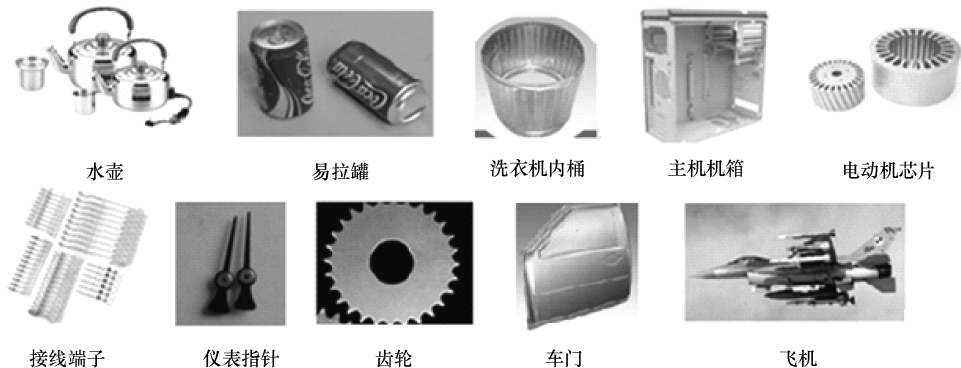
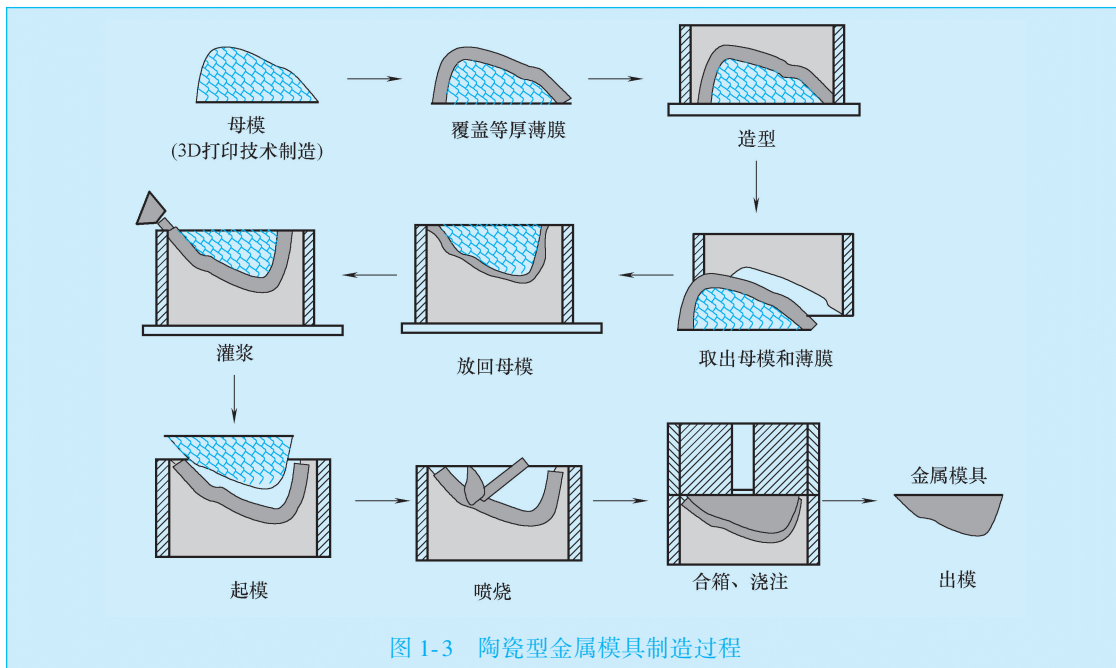


图 1-1 冲压的应用举例



扩展阅读

- 1) 冲压是在常温下进行的，无需加热，故又称为冷冲压。
- 2) 冲压加工的对象绝大多数都是薄板料，故又称为板料冲压。
- 3) 冲压是由设备和模具完成其加工过程的，需具备三个要素，即设备（压力机）、模具、原材料，如图 1-2 所示。
- 4) 冲压是塑性变形的基本形式之一，与锻造合称为压力加工，简称锻压。



1.2 冲压工艺的分类

冲压加工几乎应用于国民经济的各行各业，冲压加工出来的产品形状各异，因此冲压加工方法也各种各样，主要有以下几种分类方法。

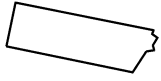

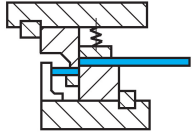
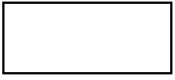
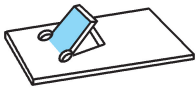
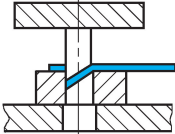


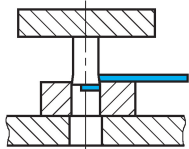

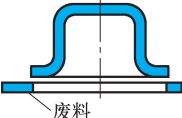
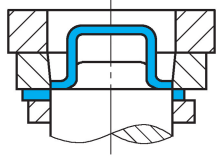

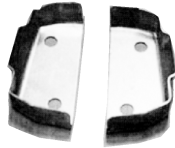
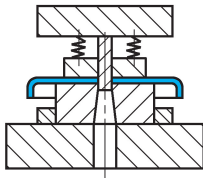
1. 按变形性质分类

(1) 分离工序 其目的是使板料的一部分与另一部分沿一定的轮廓线发生断裂而分离，从而形成一定形状和尺寸的零件。分离工序主要包括落料、冲孔、切断、切口、剖切等基本冲压工序，见表 1-1。

表 1-1 分离工序

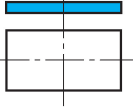
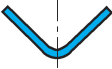
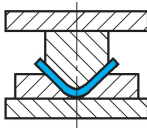
工序名称	简图		模具简图	特点
	冲压前	冲压后		
落料				沿封闭轮廓冲压，落下来的是工件
冲孔				沿封闭轮廓冲压，落下来的是废料

(续)

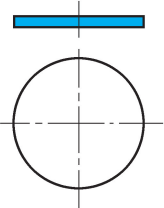

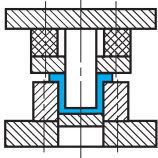

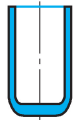
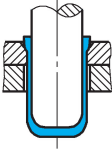
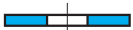

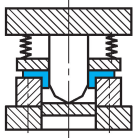


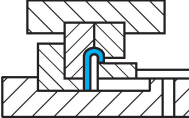
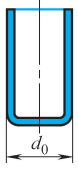
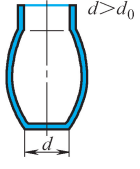
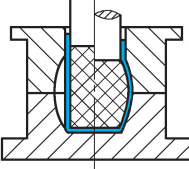


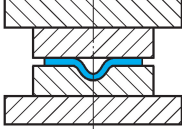


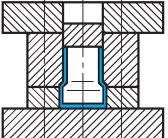
工序名称	简图		模具简图	特点
	冲压前	冲压后		
切断				沿不封闭轮廓冲切,使板料分离
切舌				沿三边冲切,保持一边与板料相连
切口				从毛坯或半成品制件的内外边缘上,沿不封闭的轮廓分离,冲下来的是废料
切边				切去成形制件多余的边缘材料,使成形制件的边缘成一定形状
剖切				沿不封闭轮廓将半成品制件切离为两个或数个制件

(2) **成形工序** 目的是使板料在不破坏的条件下仅发生塑性变形,制成所需形状和尺寸的工件。成形工序主要包括**弯曲**、**拉深**、**翻孔**、**胀形**、**缩口**等基本冲压工序,见表1-2。

表 1-2 成形工序

工序名称	简图		模具简图	特点
	冲压前	冲压后		
弯曲				将毛坯或半成品制件弯成一定的角度和形状

(续)

工序名称	简图		模具简图	特点
	冲压前	冲压后		
拉深				把毛坯拉压成空心体,或者把空心体拉压成外形更小而板厚没有明显变化的空心体
变薄拉深				凸、凹模之间间隙小于空心毛坯壁厚,把空心毛坯加工成侧壁厚度小于毛坯壁厚的薄壁制件
翻孔				在预先制好孔的半成品上或未先制孔的板料上冲制出竖立孔边缘
卷边				把板料端部弯曲成接近封闭圆筒
胀形				使空心毛坯内部在双向拉应力作用下,产生塑性变形,制得凸肚形制件
压筋、压凸包				在毛坯上压出凸包或筋
缩口				使空心毛坯或管状毛坯端部的径向尺寸缩小



扩展阅读

分离工序的显著特点是冲压过程中只有分离现象发生,没有空间形状的根本改变。图 1-4 所示为落料工序,冲压的过程就是将矩形条料冲压成若干个圆形的块料,冲压前后都是平板状态。

成形工序的显著特点是在冲压过程中只发生形状的改变,没有分离现象。图 1-5 所示为拉深工序,拉深前是平板状态,而拉深后为空间立体形状。

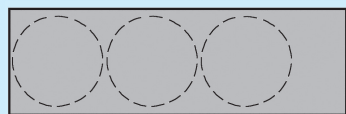


图 1-4 落料工序示例

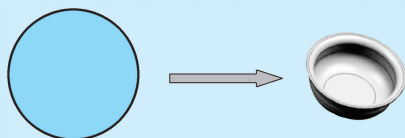


图 1-5 拉深工序示例

2. 按变形区受力性质分类

(1) **伸长类成形** 变形区最大主应力为拉应力,其破坏形式为拉裂,特征是变形区材料厚度减薄,如胀形。

(2) **压缩类成形** 变形区最大主应力为压应力,其破坏形式为起皱,特征是变形区材料厚度增厚,如拉深。

3. 按基本变形方式分类

(1) **冲裁** 冲裁工件如图 1-6a 所示。

(2) **弯曲** 弯曲工件如图 1-6b 所示。

(3) **拉深** 拉深工件如图 1-6c 所示。

(4) **成形** 成形工艺包括翻孔、翻边、胀形、压印、缩口、压筋、扩口等。成形工件如图 1-6d、e 所示。

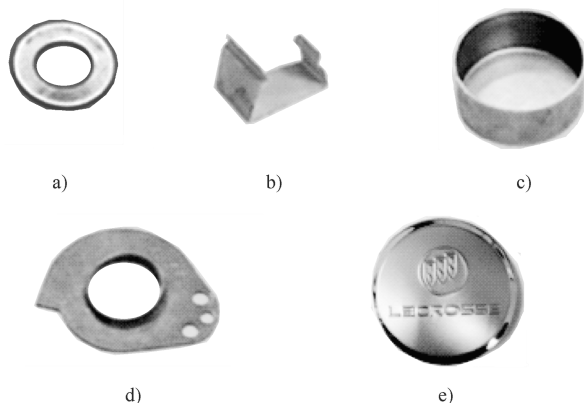



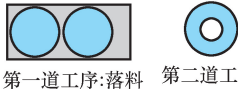
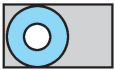
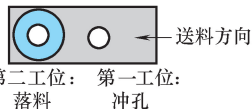
图 1-6 冲压工序举例

a) 冲裁工件 b) 弯曲工件 c) 拉深工件 d) 翻孔工件 e) 压印工件

4. 按工序组合形式分类

按工序组合形式可分为**单工序冲压**、**复合冲压**和**级进冲压**,见表 1-3。

表 1-3 三种工序组合形式

工序组合形式	定义	应用举例	模具数量	简图
单工序冲压	在压力机的一次行程中,只能完成一道冲压工序的冲压	 工件名称:垫圈 基本冲压工序:落料、冲孔	2	 第一道工序:落料 第二道工序:冲孔
复合冲压	在压力机的一次行程中,同时完成两种或两种以上冲压工序的工位冲压		1	 同一工位:落料和冲孔
级进冲压	在压力机的一次行程中,在送料方向连续排列的多个工位上同时完成多道冲压工序的冲压		1	 第二工位:落料 第一工位:冲孔

1.3 冲压材料

冲压材料是冲压加工三要素之一。

冲压所用的材料,不仅要满足产品设计的性能要求,还应满足冲压工艺要求和冲压后继的加工要求(如切削加工、焊接、电镀等)。对冲压材料的基本要求如下。

(1) **满足使用性能的要求** 冲压件应具有一定的强度、刚度、冲击韧度等力学性能要求。此外,有的冲压件还有一些特殊的要求,如电磁性、耐蚀性、传热性和耐热性等。例如,用来冲制装酸性溶液的金属罐,就应该选用耐酸性好的材料。

(2) **满足冲压工艺要求** 冲压加工是塑性加工的基本形式之一,要求所选材料具有较好的塑性、较低的变形抗力等,即适合塑性加工。

满足使用性能要求是第一位的,在满足使用性能要求的前提下尽可能地满足冲压工艺要求。

1.3.1 冲压材料的工艺要求

冲压材料的工艺要求主要体现在板料的冲压成形性能、板料的化学成分和组织、板料厚度公差、板料表面质量等方面。

1. 冲压成形性能

冲压成形性能是指冲压材料对冲压加工的适应能力。材料的冲压成形性能好,是指其便于冲压加工,能用简单的模具、较少的工序、较长寿命的模具得到高质量的工件。因此,冲压成形性能是一个综合性的概念,其涉及的因素很多,主要体现为抗破裂性、贴模性和定形性三个方面。

(1) **抗破裂性** 抗破裂性是指金属薄板在冲压成形过程中抵抗破裂的能力,反映各种冲压成形工艺的成形极限,即板料在冲压成形过程中能达到的最大变形程度,一旦材料的变形超过这个极限就会产生废品。

各种冲压工艺均有各自的成形极限指标。GB/T 15825.1—2008 规定了薄板冲压的胀形