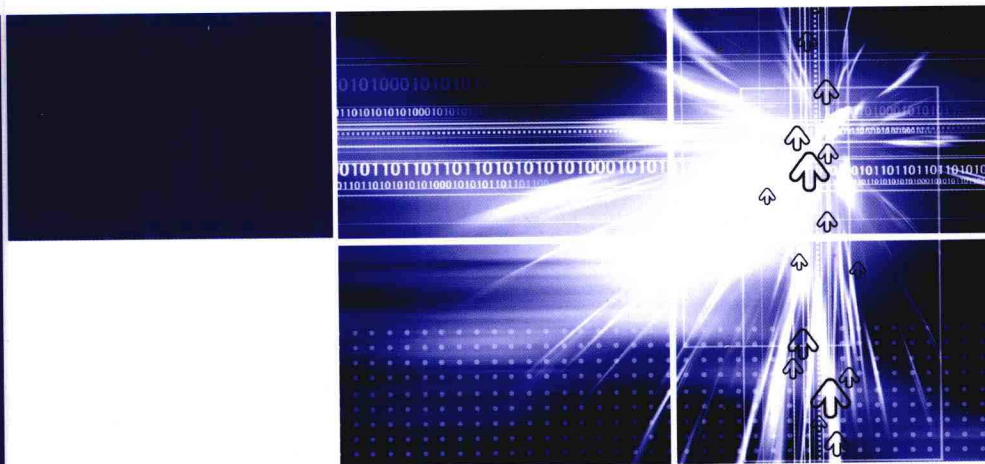
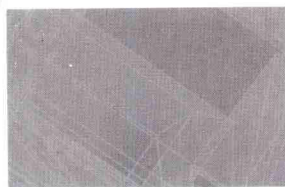


普通高等教育“十二五”规划教材



冲压工艺与 模具设计

柯旭贵 张荣清 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十二五”规划教材

冲压工艺与模具设计

主 编 柯旭贵 张荣清
参 编 邢 昌 徐小俊 张 俊
主 审 贾俐俐



机械工业出版社

全书分三篇共 11 章内容。第 1 篇主要介绍冲压成型的基础知识,为即将进行全书的学习作铺垫。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、压筋、压印等成形工艺与模具作了简介。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;较为详细地介绍了汽车覆盖件成型的主要工序,并对精密冲压和数控冲压作了简要介绍。

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. —北京:机械工业出版社,2012.9

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-111-38603-2

I. ①冲… II. ①柯…②张… III. ①冲压—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(2012)第 170864 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 冯 铨

版式设计:纪 敬 责任校对:张 媛

封面设计:张 静 责任印制:乔 宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2012 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·24.5 印张·604 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-38603-2

定价:48.00 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 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前言

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,我国冲压模具标准在2008年进行了较大范围的修订和制定,对不少标准中的数据进行了更改和调整,作为培养专门模具人才的教学用书也应进行及时的更新。本教材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,充分体现教材的基础性和先进性。

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,体现教材的实用性。

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,体现教材的可读性。

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,体现教材的实战性。

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

前言

第1篇 冲压工艺概述

第1章 冲压工艺基础知识 1

- 1.1 冲压工艺特点及应用 1
 - 1.1.1 冲压的概念 1
 - 1.1.2 冲压的特点及应用 2
- 1.2 冲压工艺的分类 3
- 1.3 冲压材料 7
 - 1.3.1 冲压材料的工艺要求 7
 - 1.3.2 常用冲压材料及下料方法 10
- 1.4 冲压设备 14
- 1.5 冲模常用标准 20
 - 1.5.1 冲模标准化意义 20
 - 1.5.2 冲模常用标准简介 20
- 1.6 冲压技术的现状与发展 22
 - 1.6.1 冲压技术的现状 22
 - 1.6.2 冲压技术的发展趋势 25

思考题 27

第2章 冲压工艺基础理论 28

- 2.1 塑性成形基本概念 28
- 2.2 塑性成形力学基础 30
- 2.3 塑性成形基本规律 32

思考题 34

第2篇 冲压工艺与模具设计

第3章 冲裁工艺与模具设计 35

- 3.1 冲裁变形过程分析 37
 - 3.1.1 冲裁过程板料受力情况分析 37
 - 3.1.2 冲裁变形过程 37
 - 3.1.3 冲裁变形区位置 39
- 3.2 冲裁件质量分析及控制 39

- 3.2.1 冲裁件断面特征及其影响因素 39
- 3.2.2 冲裁件尺寸精度及其影响因素 42
- 3.2.3 冲裁件形状误差及其影响因素 43
- 3.2.4 冲裁件质量控制 43
- 3.3 冲裁工艺计算 44
 - 3.3.1 排样设计 44
 - 3.3.2 冲裁工艺力与压力中心的计算 53
- 3.4 冲裁工艺设计 58
 - 3.4.1 冲裁件工艺性分析 58
 - 3.4.2 冲裁工艺方案的确定 63
- 3.5 冲裁模总体结构设计 65
 - 3.5.1 冲裁模具的分类 65
 - 3.5.2 冲裁模的典型结构 66
 - 3.5.3 冲裁模的类型选择 78
 - 3.5.4 冲裁模零件结构形式的确定 78
- 3.6 模具主要零件的设计与标准的选用 78
 - 3.6.1 工作零件的设计与标准的选用 78
 - 3.6.2 定位零件的设计与标准的选用 97
 - 3.6.3 压料、卸料、送料零件的设计与标准的选用 108
 - 3.6.4 导向零件的设计与标准的选用 116
 - 3.6.5 连接与固定零件的设计与标准的选用 119
- 3.7 冲裁设备的选用与校核 125
- 3.8 冲裁模设计举例 126

思考题 133

第4章 弯曲工艺与模具设计 135

- 4.1 弯曲变形过程分析 136
 - 4.1.1 弯曲变形过程 136
 - 4.1.2 弯曲变形特点 137
 - 4.1.3 弯曲变形区的应力应变状态 139



4.2 弯曲件质量分析及控制	139	6.1.1 翻圆孔	228
4.2.1 弯裂	139	6.1.2 翻非圆孔	233
4.2.2 回弹	142	6.2 翻边	234
4.2.3 偏移	145	6.2.1 外缘的内曲翻边	234
4.2.4 板料横截面的畸变和翘曲变形	146	6.2.2 外缘的外曲翻边	234
4.2.5 变形区变薄和弯曲长度增加	146	6.2.3 外缘翻边方法	234
4.3 弯曲工艺计算	147	6.3 缩口	236
4.3.1 弯曲件毛坯尺寸的计算	147	6.3.1 缩口变形	236
4.3.2 弯曲工艺力的计算	150	6.3.2 缩口工艺设计	237
4.4 弯曲工艺设计	151	6.3.3 缩口模结构	238
4.4.1 弯曲工艺分析	152	6.4 胀形	239
4.4.2 弯曲工序的安排	153	6.4.1 胀形变形特点	239
4.5 弯曲模设计	155	6.4.2 胀形成形极限	240
4.5.1 弯曲模类型及结构	155	6.4.3 胀形工艺设计	240
4.5.2 弯曲模具零件设计	163	6.4.4 胀形方法及胀形模具结构	241
4.6 弯曲模设计举例	167	6.5 压筋、压凸包与压印	243
思考题	171	6.5.1 压筋、压凸包	243
第5章 拉深工艺与模具设计	173	6.5.2 压印	245
5.1 拉深变形过程分析	174	思考题	245
5.1.1 拉深变形过程及特点	174	第7章 冲压模具设计方法及设计	
5.1.2 拉深过程中坯料应力应变状态		实例	246
及分布	176	7.1 设计前的准备工作	246
5.2 拉深件质量分析及控制	178	7.2 冲压工艺设计的主要内容及步骤	246
5.2.1 起皱	178	7.3 冲压模具设计方法与步骤	250
5.2.2 拉裂	180	7.3.1 模具类型及结构形式的确定	250
5.3 拉深工艺计算	181	7.3.2 模具零件的设计及标准的选用	250
5.3.1 直壁旋转体零件的拉深工艺		7.3.3 模具图样的绘制	251
计算	181	7.4 冲压模具材料及热处理	253
5.3.2 非直壁旋转体零件拉深工艺		7.5 冲压工艺与模具设计实例	255
计算	196	思考题	263
5.3.3 无凸缘盒形件拉深工艺计算	200	第3篇 先进冲压工艺与模具设计	
5.3.4 拉深工艺力计算及设备选用	205	第8章 多工位级进冲压工艺与模	
5.4 拉深工艺设计	208	具设计	264
5.4.1 拉深工艺分析	208	8.1 多工位级进冲压排样设计	267
5.4.2 拉深工序安排	211	8.1.1 排样设计的内容	268
5.5 拉深模具设计	212	8.1.2 毛坯排样	269
5.5.1 拉深模具类型及典型结构	212	8.1.3 冲切刃口外形设计	269
5.5.2 拉深模具零件设计	216	8.1.4 工序排样	271
5.6 拉深模设计举例	221	8.2 多工位级进模典型结构	286
思考题	225	8.3 多工位级进模零件设计	294
第6章 成形工艺与模具设计	227	8.3.1 工作零件设计	294
6.1 翻孔	227	8.3.2 定位零件设计	299

8.3.3 卸料零件设计	304	9.4.2 翻边模的结构	337
8.3.4 固定零件设计	307	9.4.3 翻边模主要零件设计	338
8.3.5 导向零件设计	308	思考题	339
8.3.6 冲压方向转换机构设计	308	第10章 精密冲压工艺与模具设计	340
8.3.7 安全检测机构设计	308	10.1 精冲工艺类型	342
8.4 多工位级进模的图样绘制	310	10.2 齿圈压板精冲	345
8.4.1 装配图的绘制要求	310	10.2.1 齿圈压板精冲过程	345
8.4.2 零件图的绘制要求	311	10.2.2 齿圈压板精冲工艺	345
思考题	313	10.2.3 齿圈压板精冲模具	353
第9章 汽车覆盖件成形工艺与模具	314	10.3 精冲复合工艺	356
9.1 覆盖件的工艺数学模型	316	10.4 精冲件质量	365
9.2 汽车覆盖件拉延工艺与模具	320	思考题	367
9.2.1 覆盖件拉延工艺设计	320	第11章 数控冲压工艺与模具	368
9.2.2 拉延模的典型结构	328	11.1 数控冲压设备及模具	369
9.3 汽车覆盖件修边工艺与模具	330	11.1.1 数控转塔压力机	369
9.3.1 修边工艺设计	330	11.1.2 数控转塔压力机专用模具	372
9.3.2 修边模的结构	331	11.2 数控冲压编程设计	376
9.3.3 修边模工作部分设计	333	11.2.1 数控冲压编程原则	376
9.4 汽车覆盖件翻边工艺与模具	336	11.2.2 数控冲压编程设计与操作	378
9.4.1 翻边工艺设计	336	思考题	380
		参考文献	381

第1篇 冲压工艺概述

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模。图 1-1 所示为冲压的应用举例。

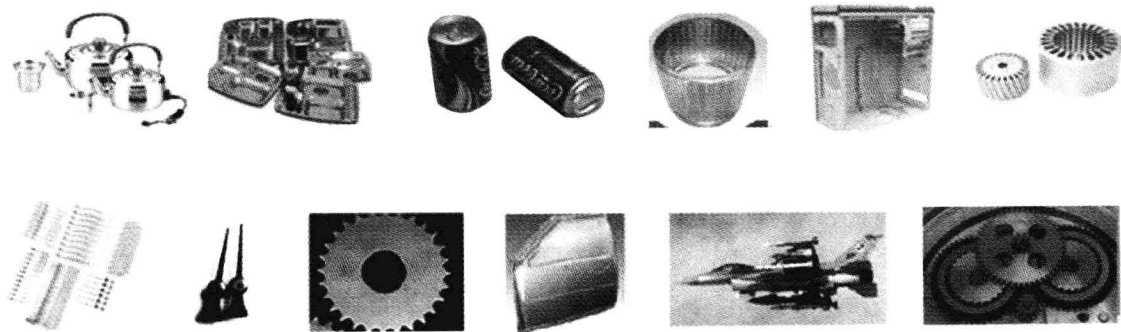


图 1-1 冲压应用举例



扩展阅读

- 1) 冲压是在常温下进行的，即无需加热，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：设备（压力机）、模具、原材料，如图 1-2 所示。
- 4) 冲压是塑性变形的的基本形式之一，与锻造合称为压力加工，简称锻压。

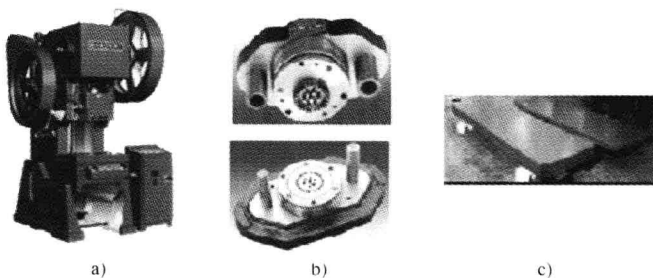


图 1-2 冲压加工三要素
a) 冲压设备 b) 模具 c) 原材料

1.1.2 冲压的特点及应用

与机械加工及塑性加工的其他方法相比，冲压加工无论在技术方面还是经济方面都具有许多独特的优点。主要表现为：

- 1) 生产率高，操作简单，对操作工人几乎没有技术要求，易于实现机械化和自动化。
- 2) 尺寸精度高，互换性好。模具与产品有“一模一样”的关系，同一副模具生产出来的同一批产品尺寸一致性高，具有极好的互换性。
- 3) 材料利用率高。普通冲压其材料利用率一般可达 70% ~ 85%，有的高达 95%，几乎无需进行切削加工即可满足普通的装配和使用要求。
- 4) 可得到其他加工方法难以加工或无法加工的形状复杂的零件，如壁厚为 0.15mm 的薄壳拉深件。
- 5) 由于塑性变形和加工硬化的强化作用，可得到质量轻、刚性好且强度大的零件。
- 6) 无需加热，可以节省能源，且表面质量好。
- 7) 批量越大，产品成本越低。

由此可见，冲压能集优质、高效、低能耗、低成本于一身，这是其他加工方法不能与之媲美的，因此冲压的应用十分广泛。如汽车、拖拉机行业中，冲压件的比例占零件总数的 60% ~ 70%；在电视机、录音机、计算机等产品中占到 80% 以上；在自行车、手表、洗衣机、电冰箱等日用电行业占到 85% 以上；在电子仪表行业中，冲压件占到 35%；还有日常生活中诸如各种不锈钢餐具等。从精细的电子元件、仪表指针到重型汽车的覆盖件、大梁以及飞机蒙皮等，均需进行冲压加工。



扩展阅读

全世界的钢材中，有 60% ~ 70% 是板材，其中大部分是经过冲压加工制成成品的。

传统意义上的冲压加工有其局限性,因冲压模具的制造周期长、成本高,使得传统意义上的冲压加工不适合于单件和小批量生产。但随着现代模具材料和先进模具加工方法的应用,使冲压加工几乎不受模具制造周期和成本的限制。如快速原型制造技术在模具制造中的应用,低熔点合金材料在模具制造中的应用等。图1-3所示为利用快速原型制造技术制造陶瓷型金属模具的工艺过程。为了快速制造该模具,首先利用快速原型系统制造一个原型作为母模,再利用该母模制作陶瓷型,最后利用铸造的方法铸出金属模具。

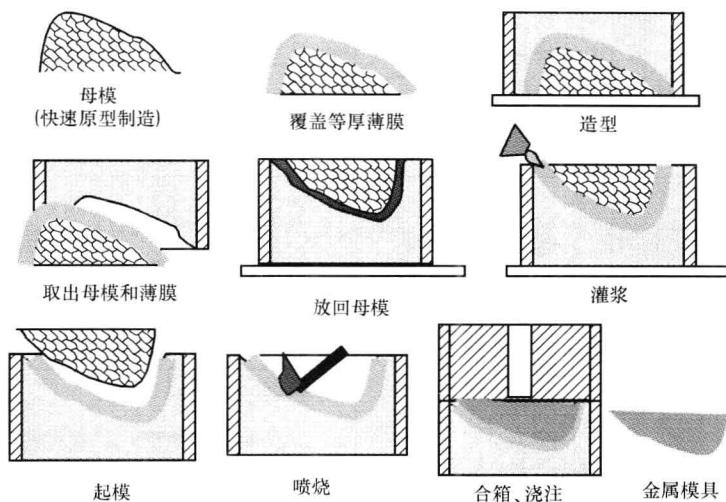


图 1-3 陶瓷型金属模具制造过程

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形态各异,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 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, 冲下来的是工件



(续)

工序名称	简 图		模具简图	特 点
	冲压前	冲压后		
冲孔				沿封闭轮廓冲压，冲下来的是废料
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

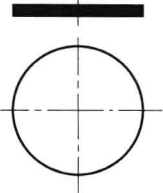
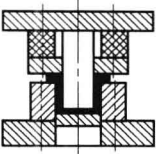
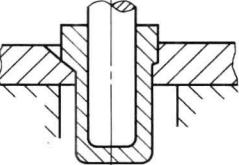
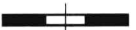
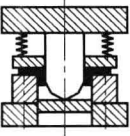
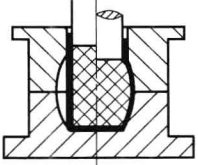
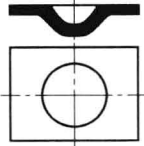
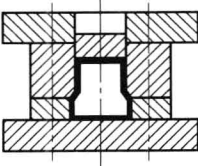
(2) 成形工序 目的是使板料在不破坏的条件下仅发生塑性变形，制成所需形状和尺寸的工件。成形工序主要包括弯曲、拉深、翻边、胀形、缩口等基本冲压工序，见表 1-2。

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在冲压过程中只有分离现象发生，没有空间形状的根本改变。如图 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。如图 1-5 所示是拉深工序，拉深前是平板状态，而拉深后为空间立体形状。

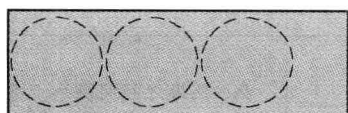


图 1-4 落料工序示例

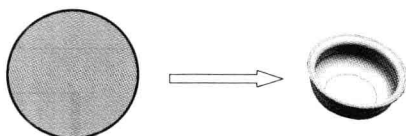


图 1-5 拉深工序示例

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，破坏形式为起皱，其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。

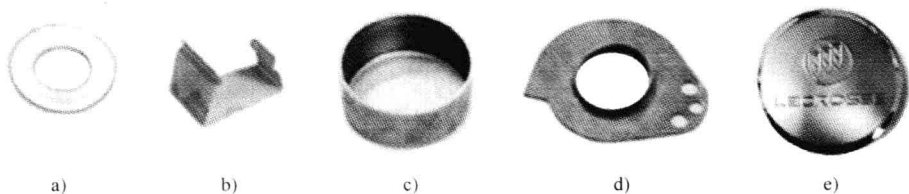


图 1-6 冲压工序举例

a) 冲裁 b) 弯曲 c) 拉深 d) 翻孔 e) 压印

4. 按工序组合形式分类

(1) 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，如图 1-7a 所示的工件，需要落料和冲孔两道基本冲压工序完成。若采用单工序冲压，只能在两副模具上分别完成，第一副模具完成落料，第二副模具完成冲孔，如图 1-7b 所示。

(2) 复合工序冲压 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单元位冲压，如图 1-7c 所示。此时只需一副模具，只有一个工位，在同一副模具的同一工位上同时完成外形的落料和内形的冲孔。

(3) 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,如图1-7d所示。此时只需一副模具,有两个工位,在第1工位上完成内孔的冲孔,在第2工位上完成外形的落料,且前后两个工位的中心重合。

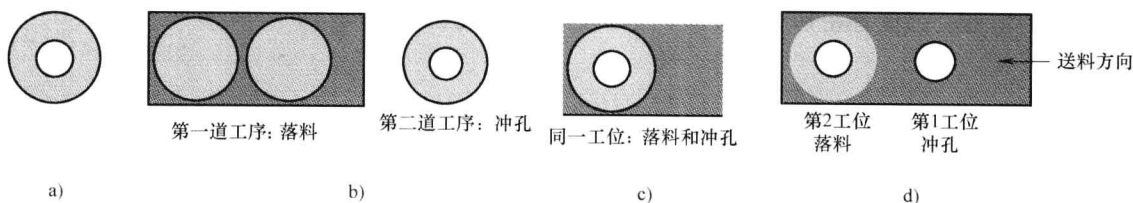


图 1-7 工序组合举例

a) 工件 b) 单工序冲压 c) 复合工序冲压 d) 级进冲压

1.3 冲压材料

冲压材料是冲压加工三要素之一,材料选择得合理与否,直接影响到冲压产品的性能、质量和成本,还影响到冲压工艺过程及后续加工的复杂程度,因此合理选材十分重要。

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是:

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

(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。

其中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、板料的化学成分及组织、板料厚度及公差、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、较长的模具寿命得到高质量的工件。因此,冲压成形性能是一个综合性的概念,它涉及的因素很多,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,反映的是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性能、拉深性能、扩孔(内孔翻边)性能、弯曲性能和复合成形性能指标。图1-8所示为GB/T 15825.1—2008 中板料弯曲性能(弯曲成形时,金属薄板抵抗变形区外层拉应力引起



破裂的能力)的示意图,性能指标以最小相对弯曲半径 $R_{\min}/t$ 衡量,即当薄板的相对弯曲半径小于该材料的 $R_{\min}/t$ 时,就会在弯曲变形区的外侧引起弯裂,造成废品。显然,抗破裂性与板料的塑性、强度等密切相关,该因素决定了板料能否冲压成功。

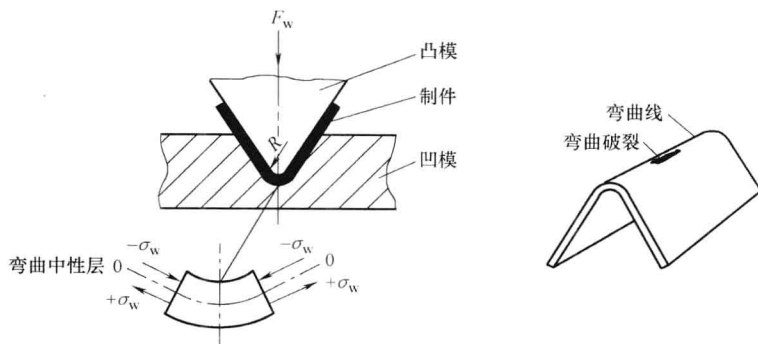


图 1-8 弯曲与弯曲破裂

(2) 贴模性 贴模性是指金属薄板在冲压成形加载过程中获得模具形状和尺寸且不产生皱纹等板面几何缺陷的能力。影响贴模性的因素有多种,如板料屈服极限、厚向异性指数、模具结构、工件形状等。

(3) 定形性 定形性是指冲压成形制件脱模后抵抗回弹,保持其在模内既得形状和尺寸的能力。在影响定形性的诸多因素中,回弹是最主要的因素,而回弹值的大小与材料的屈服极限、硬化指数、弹性模量等有关。

贴模性和定形性决定了工件形状和尺寸精度的高低。

综上所述,冲压成形性能的好坏可以通过板料的力学性能指标进行衡量,这些性能指标可以通过试验获得。板料的冲压性能试验方法很多,一般可分为间接试验和直接试验两类。

(1) 直接试验法 直接试验法是采用专用设备模拟实际冲压工艺过程进行试验。GB/T 15825—2008 规定了金属薄板成形性能和试验方法,共分 8 个部分,分别是:金属薄板成形性能和指标、通用试验规程、拉深与拉深载荷试验、扩孔试验、弯曲试验、锥杯试验、凸耳试验及成形极限图 (FLD) 测定指南。

图 1-9 所示的锥杯试验就是 GB/T 15825.6—2008 规定的用来在锥杯试验机上测试金属薄板“拉深+胀形”复合成形性能指标的工艺试验。试验时,把圆片试样平放到锥形凹模孔内,通过钢球对试样加压,进行锥杯成形,直到杯底侧壁发生破裂时停机,然后以锥杯口处相对的两个凸耳峰点为基准测量锥杯口在此处的最大外径 $D_{\max}$;以锥杯口处相对的两个凸耳谷底为基准测量锥杯口在此处的最小外径 $D_{\min}$,并用它们计算平均锥杯值或相对锥杯值作为“拉深+胀形”复合成形性能指标的衡量依据。

这类试验方法试样所处的应力状态和变形特点基本上与实际的冲压过程相同,所以能直接可靠地鉴定板料某类冲压成形性能,但由于需要专用设备,给实际使用带来不便。

(2) 间接试验法 间接试验法有拉伸试验、剪切试验、硬度试验、金相试验等,由于试验时试件的受力情况与变形特点都与实际冲压时有一定的差别,因此这些试验所得结果只能间接反映板料的冲压成形性能。但由于这些试验在通用试验设备上即可进行,故常常采用。下面仅就最常用的间接试验——拉伸试验作介绍。

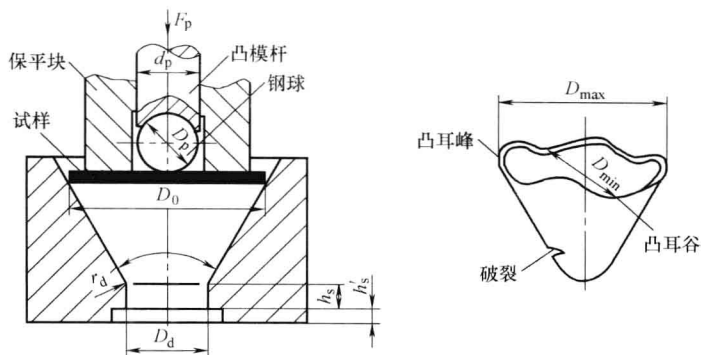


图 1-9 锥杯试验 (GB/T 15825.6—2008)

在待试验板料的不同部位和方向上截取试样，按标准制成如图 1-10 所示的拉伸试样，然后在万能材料试验机上进行拉伸。根据试验结果或利用自动记录装置，可得到图 1-11 所示应力与应变之间的关系曲线，即拉伸曲线。

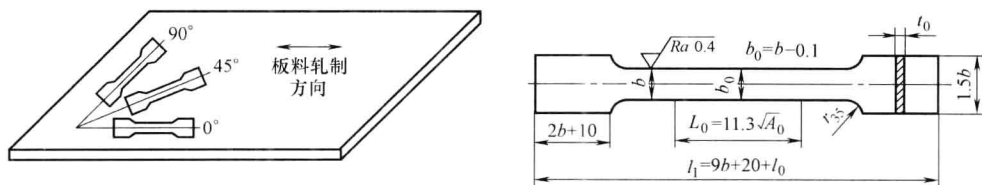


图 1-10 试样截取

通过拉伸试验可测得板料的各项力学性能指标。板料的力学性能与冲压成形性能有很紧密的关系，可从不同角度反映板材的冲压成形性能，简要说明如下：

1) 总延伸率 δ 与均匀延伸率 δ_b 。 δ 是在拉伸试验中试样破坏时的延伸率，称为总延伸率，简称延伸率。 δ_b 是在拉伸试验中出现缩颈时的延伸率，叫均匀延伸率。 δ_b 表示板料产生均匀变形或稳定变形的能力。一般情况下，冲压成形都在板材的均匀变形范围内进行，故 δ_b 对冲压性能有较为直接的意义。在伸长类变形工序中，例如圆孔翻边、胀形等工序中， δ_b 越大，则极限变形程度越大，说明材料的抗破裂性好。

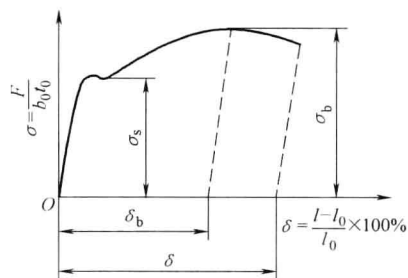


图 1-11 拉伸曲线

2) 屈强比 (σ_s/σ_b)。 σ_s/σ_b 是材料的屈服极限与强度极限的比值，称为屈强比。屈强比小，即 σ_b 大、 σ_s 小，说明材料易塑性变形而不易断裂，允许的塑性变形区间大，有利于提高冲压成形极限，说明材料的抗破裂性、贴模性好，这对所有冲压成形都是有利的。尤其对拉深变形而言，屈强比小，变形区易于变形而不易起皱，而传力区又不易拉裂，有利于提高拉深变形程度。凸缘加热拉深，就是利用凸缘和筒底的温度差来减小屈强比，从而提高其变形程度。

3) 弹性模量 E 。弹性模量是材料的刚度指标。弹性模量越大，在成形过程中抗压失稳