

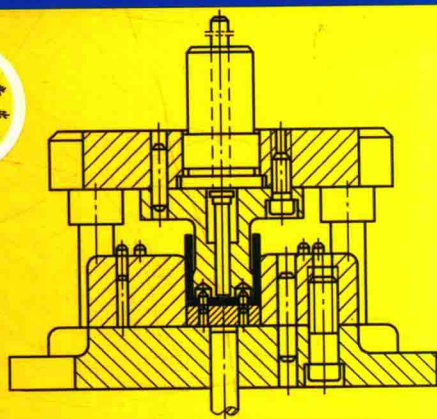
实用模具设计与制造丛书

实用冲模 设计与制造

第2版

- ★ 以冲压工艺分析、模具结构与制造技术为重点
- ★ 配有丰富的图表和应用实例
- ★ 结构体系合理，技术内容全面，易懂易学

洪慎章◎编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

实用模具设计与制造丛书

实用冲模设计与制造

第2版

洪慎章 编著



机械工业出版社

本书系统地介绍了冲模的设计与制造技术。全书内容包括：冲模设计基础、冲裁模设计、弯曲模设计、拉深模设计、其他冲压成形工艺、冲模制造、冲模典型零件加工实例、冲模的装配与调试、冲压设备、冲压件的常见缺陷及对策等。本书以冲压工艺分析、模具结构设计与制造技术为重点，结构体系合理，技术内容全面；书中配有丰富的图表和应用实例，实用性强，能开拓思路，便于自学。

本书主要可供从事冲模设计与制造的工程技术人员、工人使用，也可作为相关专业在校师生的参考书和模具培训班的教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

实用冲模设计与制造/洪慎章编著. —2 版. —北京: 机械工业出版社, 2016. 2

(实用模具设计与制造丛书)

ISBN 978 - 7 - 111 - 52593 - 6

I. ①实… II. ①洪… III. ①冲模 - 设计②冲模 - 制模工艺 IV. ①TG385. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 001557 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: 陈保华 责任编辑: 陈保华

责任印制: 乔宇 责任校对: 任秀丽 胡艳萍

北京京丰印刷厂印刷

2016 年 2 月第 2 版 · 第 1 次印刷

184mm × 260mm · 20.5 印张 · 507 千字

0 001—3 000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 52593 - 6

定价: 59.00 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

服务咨询热线: 010-88361066

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-68326294

机工官博: weibo.com/cmp1952

010-88379203

策划编辑: 010-88379734

金书网: www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com

前 言

冲压工艺是一种先进的少、无切屑加工方法。它具有生产率高，加工成本低，利用率高，制品尺寸精度高而稳定，易于达到产品结构轻量化，操作简单，容易实现机械化、自动化、智能化等一系列优点，所以在汽车、航空航天、仪器仪表、机车与地铁、家电、电子、通信、军工、玩具、日用品等行业的生产中得到了广泛应用。在世界上一些工业发达的国家里，冲压生产和模具工业得到高度重视及迅速发展。据有关资料介绍，某些国家的模具总产值已超过了机床工业的总产值，其发展速度超过了机床、汽车、电子等工业。模具工业在这些国家已摆脱了从属地位而发展成为独立的行业，是国民经济的基础工业之一。冲模设计与制造，特别是制造精密、复杂、大型、长寿命的模具技术，已经成为衡量一个国家综合经济实力和科技水平的重要标志之一，成为一个国家在竞争激烈的国际市场上取胜的关键因素。

随着市场经济体制的建立，科技进步和产业结构的调整，机械行业对高级应用型人才的综合能力要求越来越高，对复合型人才的要求越来越强，因而在应用型人才的培养中，就需要拓宽他们的知识面，以适应社会发展的需要。

为了与时俱进，适应冲压技术发展和读者需求，决定对《实用冲模设计与制造》进行修订，出版第2版。第2版仍继续坚持第1版的特点：在选材上，力求既延续传统的冲压工艺内容体系，又反映当今冲压与模具技术的最新成果和先进经验。在编写上，注重理论与实践相结合，采用文字阐述与图形相结合，突出模具设计与制造重点和典型结构实例，以方便读者使用。本书从冲压生产全局考虑，在系统、全面的前提下，突出重点而实用的技术；同时，尽量多地编入常用的技术数据和图表，以满足不同读者的需要。

修订时，全面贯彻了冲压技术的相关最新标准，更新了相关内容；修正了第1版的错误；从冲压工艺、模具设计与制造步骤考虑，调整了章节结构，更加方便读者阅读使用；增加了第5章其他冲压成形工艺、第9章冲压设备和第10章冲压件的常见缺陷及对策等内容。

本书共10章，内容包括：冲模设计基础、冲裁模设计、弯曲模设计、拉深模设计、其他冲压成形工艺、冲模制造、冲模典型零件加工实例、冲模的装配与调试、冲压设备、冲压件的常见缺陷及对策。本书以冲压工艺分析、模具结构设计与制造技术为重点，结构体系合理，技术内容全面；书中配有丰富的技术数据及图表，实用性强，能开拓思路，概念清晰易懂，便于自学。

在本书编写过程中，刘薇、洪永刚、丁惠珍等工程师们参加了书稿的整理工作，在此表示衷心的感谢。

由于作用水平有限，书中不妥和错误之处在所难免，恳请广大读者不吝赐教，以便得以修正，以臻完善。

洪慎章

于上海交通大学

目 录

前言

第1章 冲模设计基础 1

1.1 概论 1

1.1.1 冲压加工的特点及应用 1

1.1.2 冲压工艺的分类 2

1.1.3 冲压生产对模具的基本要求 4

1.2 冲压工艺的设计 5

1.2.1 冲压工艺规程 5

1.2.2 冲压工艺过程 6

1.2.3 冲压件的工艺性 7

1.3 冲压常用材料 12

1.3.1 冲压材料的基本要求 12

1.3.2 冲压材料的种类及其规格 12

1.3.3 冲压用新材料及其性能 13

1.3.4 板料的剪切 16

1.4 冲模设计与制造技术的发展趋势 18

第2章 冲裁模设计 20

2.1 冲裁工艺设计 20

2.1.1 冲裁过程的分析 20

2.1.2 冲裁间隙 22

2.1.3 凸模与凹模刃口尺寸计算 26

2.1.4 冲压力及压力中心计算 29

2.1.5 冲裁件的排样 32

2.2 典型冲裁模的结构分析 36

2.3 冲裁模零件设计 44

2.3.1 冲裁模零件的分类 44

2.3.2 工作零件 45

2.3.3 卸料、顶件及推件零件 48

2.3.4 弹簧和橡胶的选择 50

2.3.5 定位零件 52

2.3.6 导向零件与标准模架 57

2.3.7 模柄及支撑、固定零件 59

2.4 精密冲裁 60

2.5 其他冲裁模 64

2.5.1 聚氨酯冲裁模 64

2.5.2 硬质合金冲裁模 66

2.5.3 锌基合金冲裁模 68

2.5.4 非金属材料冲裁模 69

第3章 弯曲模设计 71

3.1 弯曲工艺设计 71

3.1.1 弯曲方法及其变形特征 71

3.1.2 弯曲工艺质量分析 73

3.1.3 弯曲件展开尺寸计算 79

3.1.4 弯曲力、顶件力及压料力 81

3.1.5 弯曲件的工序安排 83

3.2 典型弯曲模的结构分析 84

3.3 弯曲模工作部分尺寸设计 90

第4章 拉深模设计 94

4.1 拉深工艺设计 94

4.1.1 拉深件分类及其变形分析 94

4.1.2 拉深件设计 97

4.1.3 压边力、压边装置及拉深力 108

4.2 典型拉深模的结构分析 113

4.3 拉深凸模与凹模设计 116

4.3.1 拉深凸模与凹模结构 116

4.3.2 拉深凸模与凹模圆角半径及 间隙 119

4.3.3 拉深凸模与凹模工作部分尺寸 及公差 121

4.4 其他零件的拉深 122

4.4.1 非直壁旋转件件的拉深 122

4.4.2 盒形件的拉深 126

第5章 其他冲压成形工艺 134

5.1 翻边与翻孔 134

5.2 胀形 140

5.3 缩口 143

5.4 旋压 145

5.5 起伏成形 148

5.6 校平与整形 151

5.7 板料特种成形技术 153

5.7.1 电磁成形 153

5.7.2 爆炸成形 153

5.7.3 电水成形 154

5.7.4 超塑性成形 155

5.7.5 激光冲击成形	156	7.3.1 弯曲成形零件	228
第6章 冲模制造	157	7.3.2 支撑零件	230
6.1 冲模制造的基本要求、特点及过程	157	第8章 冲模的装配与调试	235
6.2 常规加工方法	159	8.1 概述	235
6.2.1 车削加工	159	8.2 冲模装配与试冲	236
6.2.2 铣削加工	165	8.2.1 冲模装配技术要求	236
6.2.3 刨削加工	169	8.2.2 凸模与凹模间隙的控制方法	239
6.2.4 钻削加工	171	8.2.3 模具零件的固定方法	241
6.2.5 镗削加工	173	8.2.4 模架装配	244
6.2.6 磨削加工	175	8.2.5 模具总装	246
6.2.7 珩磨	185	8.2.6 模具试冲	247
6.3 特种加工	186	8.3 冲模装配示例	250
6.3.1 电火花成形加工	186	第9章 冲压设备	258
6.3.2 电火花线切割加工	188	9.1 冲压设备的类型	258
6.3.3 电解成形加工	190	9.1.1 曲柄压力机	258
6.3.4 电解抛光	190	9.1.2 摩擦压力机	262
6.3.5 电解修磨与电解磨削	191	9.1.3 液压机	264
6.4 数控加工技术	192	9.1.4 高速压力机	264
6.4.1 数控加工技术概述	192	9.1.5 数控冲模回头压力机	266
6.4.2 常用的数控加工方式	193	9.2 冲压设备类型的选择	268
6.4.3 模具CAM技术	194	9.3 冲压设备规格的选择	268
6.4.4 高速加工	195	第10章 冲压件的常见缺陷及	
6.5 快速制模技术	197	对策	271
6.5.1 快速成形技术的基本原理与		10.1 冲裁件的常见缺陷及对策	271
特点	197	10.2 精冲件的常见缺陷及对策	271
6.5.2 快速成形技术的典型方法	198	10.3 弯曲件的常见缺陷及对策	273
第7章 冲模典型零件加工实例	203	10.4 筒形拉深件的常见缺陷及对策	274
7.1 冲裁模	203	10.5 盒形拉深件的常见缺陷及对策	276
7.1.1 冲孔凸模	203	10.6 翻边件的常见缺陷及对策	278
7.1.2 落料凹模	205	附录	281
7.1.3 凸凹模	206	附录A 冲压常用材料的性能和规格	281
7.1.4 固定板	208	附录B 几种冲压设备的技术规格	289
7.1.5 卸料装置	212	附录C 金属冲压件未注公差尺寸的	
7.1.6 导柱导套	215	极限偏差	295
7.1.7 上、下模座	218	附录D 常用冲模材料及热处理要求	296
7.2 拉深模	221	附录E 冲模零件的精度、公差配合及	
7.2.1 拉深凸模	221	表面粗糙度	298
7.2.2 拉深凹模	222	附录F 冲模滑动导向标准模架	299
7.2.3 拉深凸模固定板	224	附录G 模具零件的加工方法	317
7.2.4 拉深凹模固定板	226	参考文献	321
7.3 弯曲模	228		

第1章 冲模设计基础

1.1 概论

冲压加工是利用安装在压力机上的模具，对在模具里的板料施加变形力，使板料在模具里产生变形，从而获得一定形状、尺寸和性能的产品零件的生产技术。板料、模具和设备是冲压加工的三个要素，见图 1-1。由于冲压加工经常在材料的冷状态下进行，因此也称为冷冲压。冲压是金属压力加工方法之一，它是建立在金属塑性变形理论基础上的材料成形工程技术，冲压加工的原材料一般为板料或带料，故也称为板料冲压。

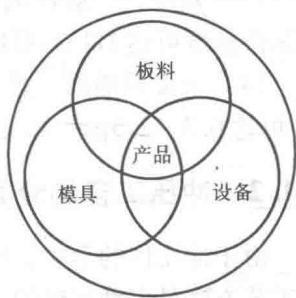


图 1-1 冲压加工的要害

1.1.1 冲压加工的特点及应用

1. 冲压加工的特点

冲压生产靠模具和压力机完成加工过程，与其他加工方法相比，在技术和经济方面有如下特点：

1) 冲压加工一般不需要加热毛坯，也不像金属切削加工那样大量切削金属，所以它不但节能，而且节约金属材料，是一种少、无切屑加工方法之一，所得的冲压件一般无须再加工。

2) 冲压件的尺寸精度由模具来保证，所以质量稳定，互换性好。

3) 由于利用模具加工，所以可获得其他加工方法所不能或难以制造的壁薄、重量轻、刚性好、表面质量高、形状复杂的零件。

4) 对于普通压力机每分钟可生产几十件，对于高速压力机每分钟可生产几百件甚至上千件，所以它是一种高效率的加工方法。

冲压也存在一些缺点，主要表现在冲压加工时的噪声、振动两个问题。这两个问题并不完全是冲压工艺及模具本身带来的，主要是由于传统的冲压设备落后所造成的。随着科学技术的进步，这两个问题一定会得到解决。

2. 冲压加工的应用

(1) 应用领域 由于冲压工艺具有上述突出的特点，因此在国民经济各个领域的生产中得到了广泛的应用。据有关调查统计，在汽车、摩托车、农机产品中，冲压件约占 75%~80%；自行车、缝纫机、手表产品中，冲压件约占 80%；电视机、收录机、摄像机产品中，冲压件约占 90%；在航空、航天工业中，冲压件也占有较大的比例；还有食品金属罐盒、铝锅铝壶、搪瓷盆碗及不锈钢炊具及餐具，几乎都是冲压加工产品，就连计算机的硬件中也缺少不了冲压件。总之，当前在机械、电子、轻工、国防等领域的产品零件，其成形方式已转向优先选用冲压加工工艺。

据统计,全世界各种钢材品种的比例见表1-1,而带材、板材大部分用于冲压加工。

表1-1 各种钢材品种的比例

品 种	带材	板材	棒材	型材	线材	管材
所占比例(%)	50	17	15	9	7	2

(2) 加工范围 可加工各种类型的冲压件,尺寸小到钟表的秒针,大到汽车的纵梁,冲切厚度已达20mm以上。因此,冲压加工尺寸幅度大,适应性强。

冲压材料可使用金属材料以及某些非金属材料。

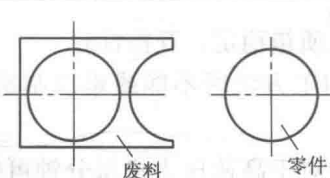
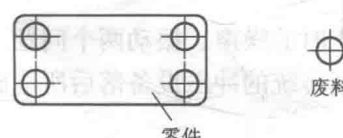
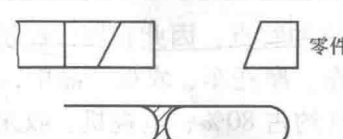
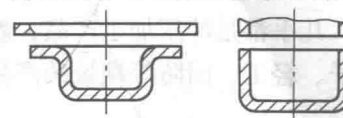
(3) 精度 一般冲裁件精度可达IT10~IT11,精冲件精度可达IT6~IT9,一般弯曲、拉深件精度可达IT13~IT14。

(4) 表面粗糙度 普通冲裁件表面粗糙度 R_a 可达3.2~12.5 μm ,精冲件表面粗糙度 R_a 可达0.3~2.5 μm 。

1.1.2 冲压工艺的分类

由于冲压件的形状、尺寸、精度要求、原材料性能等的不同,目前在生产中所采用的冲压工艺方法是多种多样的,概括起来可以分为分离工序与成形工序两大类。分离工序又可分为落料、冲孔和剪切等,目的是在冲压过程中,使冲压件与板料沿一定的轮廓线相互分离。分离工序见表1-2。成形工序可分为弯曲、拉深、翻孔、翻边、胀形、缩口、旋压等,目的是使冲压毛坯在不破裂的条件下,产生塑性变形而获得一定形状和尺寸的冲压件。成形工序见表1-3。

表1-2 分离工序

工序名称	简 图	特点及应用范围
落 料		用冲模沿封闭轮廓曲线冲切,冲下部分是零件,用于制造各种形状的平板零件
冲 孔		用冲模按封闭轮廓曲线冲切,冲下部分是废料
切 断		用剪刀或冲模沿不封闭曲线冲切,多用于加工形状简单的平板零件
切 边		将成形零件的边缘修切整齐或切成一定形状

(续)

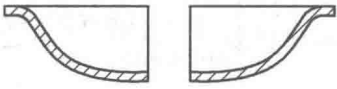
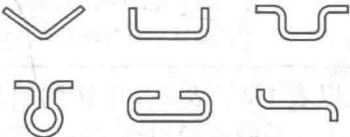



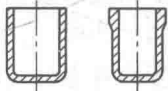

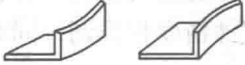

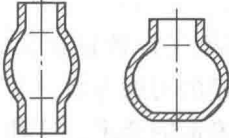

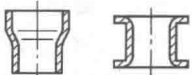
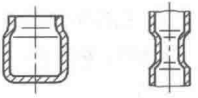
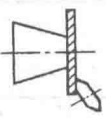
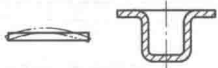
工序名称	简 图	特点及应用范围
剖 切		把冲压加工成的半成品切开成为两个或数个零件,多用于对称零件的成双或成组冲压成形之后

表 1-3 成形工序

工序名称	简 图	特点及应用范围
弯 曲		把板料沿直线弯成各种形状,可以加工形状极为复杂的零件
卷 圆		把板料端部卷成接近封闭的圆头,用以加工类似铰链的零件
扭 曲		把冲裁后的半成品扭转成一定角度
拉 深		把板料毛坯成形为各种空心的零件
变薄拉深		把拉深加工后的空心半成品,进一步加工成为底部厚度大于侧壁厚度的零件
翻 孔		将预先冲孔的板料半成品或未经冲孔的板料,冲制成竖立的边缘
翻 边		把板料半成品的边缘,按曲线或圆弧成形为竖立的边缘
拉 弯		在拉力与弯矩共同作用下实现弯曲变形,可得精度较好的零件
胀 形		在双向拉应力作用下实现变形,成形各种空间曲面形状的零件
起 伏		在板料毛坯或零件的表面上,用局部成形的方法制成各种形状的突起与凹陷
扩 口		在空心毛坯或管状毛坯的某个部位上,使其径向尺寸扩大

(续)

工序名称	简 图	特点及应用范围
缩 口		在空心毛坯或管状毛坯的某个部位上,使其径向尺寸减小
旋 压		在旋转状态下,用滚轮使毛坯逐步成形
校 形		校正零件形状,以提高已成形零件的尺寸精度或获得小的圆角半径

在实际生产中,当生产批量大时,如果仅以表 1-2、表 1-3 中所列的基本工序组成冲压工艺过程,生产率低,不能满足生产需要。因此,一般采用组合工序,即把两个以上的基本工序组合成一道工序,构成所谓复合、级进、复合一级进的组合工序。

1.1.3 冲压生产对模具的基本要求

模具是一种高精度、高效率的工艺装备,是生产工件的专用工具,模具的精度直接影响工件的质量。希望模具在足够的寿命期内,能够稳定地生产出质量合格的工件。因此,对模具的基本要求是:精度高,质量好,寿命长,成本低,结构简单,安全可靠。

1. 模具精度

模具精度主要是指模具成形零件的工作尺寸及精度和成形表面的表面质量。模具精度可分为模具本身的精度和发挥模具效能所需的精度。例如,凸模、凹模、凸凹模等零件的尺寸精度、形状精度和位置精度是属于模具零件本身的精度;各零件装配后,面与面或面与线之间的平行度、垂直度,定位及导向配合等精度,都是为了发挥模具效能所需的精度。但通常所讲的模具精度主要是指模具工作零件或成形零件的精度及相互位置精度。

模具的精度越高,则成形的工件精度也越高。但过高的模具精度会受到加工技术手段的制约。因此,模具精度的确定一般要与所成形的工件精度相协调;同时,还要考虑现有模具的生产条件。

2. 模具寿命

模具的寿命是指模具能够生产合格工件的耐用程度,是模具因为磨损或其他形式失效终至不可修复而报废之前所成形的工件总数。

模具在报废之前所完成的工作循环次数或所产生工件数量称为模具的总寿命。除此以外,还应考虑模具在两次修理之间的寿命,如冲裁模的刃磨寿命。

在设计和制造模具时,用户都会提出关于模具寿命的要求,这种要求称为模具的期望寿命。确定模具的期望寿命应综合考虑技术上的可能性和经济上的合理性。一般而言,工件生产量较小时,模具寿命只需满足工件生产量的要求就足够了。此时,在保证模具寿命的前提下,应尽量降低模具成本;当工件为大批量生产时,即使需要很高的模具成本,也应尽可能提高模具的使用寿命和使用效率。

3. 模具结构

在工业生产中,模具的用途广泛,种类繁多,模具的结构也多种多样。模具结构对模具

受力状态的影响很大,合理的模具结构能使模具工作时受力均匀,应力集中小,也不易偏载,更能提高模具寿命。

模具结构设计时,在保证产品质量的前提下,应考虑零件制造工艺,降低加工难度,合理选择模具材料,减少模具成本,尽量使模具结构简单,工人操作方便,确保人身安全,防止设备事故。

4. 模具制造周期

模具制造一般都是单件生产,其生产周期较长。

为了控制好模具制造周期,按时完成生产任务,在模具生产过程中,应做好以下几项工作。

- 1) 模具设计时,须采用标准零部件,并力求采用标准尺寸的坯料。
- 2) 采用高效生产工艺和装备,力求最大限度地缩短模具和零件的制造工艺过程。
- 3) 制订严格的时间控制规则,保证计划进度。

1.2 冲压工艺的设计

1.2.1 冲压工艺规程

冲压工艺规程是指导冲压件生产的工艺技术文件,它既是生产准备的基础,又是设计部门进行设计和生产管理部门用于指挥生产的重要依据。

1. 冲压工艺规程的作用及内容

冲压工艺规程是对冲压产品的生产方式、方法、数量、质量乃至包装等所做出的全部决定。它对于工厂的设计、生产准备及正常生产都是至关重要的。

(1) 工厂设计的依据 设计一个新工厂,或兴建、扩建一个冲压车间,其规模、投资与效益必须以工艺规程为依据。

(2) 生产准备的基础 由于生产准备的时间较长、内容较多、涉及面广,因此,要慎重编制出工艺规程,使之能为正常生产做好充分的准备工作。

(3) 现场生产的指导 除了指导正常生产之外,在生产中出现的质量、安全等方面的问题,当然也要用工艺规程来做检查和分析。

冲压工艺规程所形成的工艺资料包括各种技术工艺文件、模具图样、设备图样和设计说明书等。各种技术工艺文件的形式有工艺规程卡、工序卡、工艺过程(流程)卡、工艺路线明细表,以及材料工艺定额表、工艺成本明细表等。

2. 冲压工艺规程的制订

冲压工艺规程的制订是一项复杂的综合性技术工作,通常是具体根据冲压件的特点、生产批量、现有设备和生产条件等,拟订出技术上可行、经济上合理的最佳工艺方案,包括冲压工序的安排、模具的结构形式、设备、检验要求等。制订冲压工艺规程时,不仅要保证产品的质量,还要综合考虑成本、生产率,以及减轻劳动强度和保证安全生产等各方面因素。

3. 冲压工艺规程的制订步骤

冲压工艺规程制订步骤如下:

- 1) 进行设计准备工作。

- 2) 分析零件的工艺性。
- 3) 确定冲压件生产的工艺方案。
- 4) 确定模具类型及结构形式。
- 5) 选择冲压设备。
- 6) 编写冲压工艺卡及设计计算说明书。

上述步骤中的内容互相联系、互相制约,实际设计中往往需要前后兼顾、互相穿插进行。工艺规程制订所牵涉的许多内容将在以后的相关章节中进行阐述,以下主要就一些需要强调的或进一步说明的问题进行介绍。

1.2.2 冲压工艺过程

冲压工艺过程是冲压件各加工工序的总和。它不仅包括冲压产品所用到的冲压加工基本工序,而且包括基本工序前的准备工序、基本工序之间的辅助工序、基本工序完后的后续工序,以及这些工序的先后次序排定与协调组合。由于冲压工艺过程的优劣,决定了冲压件制造技术的合理性、冲压件的质量和成本,故必须认真进行冲压工艺过程的设计。

冲压工艺过程设计的目的是编制出冲压工艺规程。

1. 冲压工艺过程设计的要求

冲压工艺过程设计实际上是一种产品生产技术的设计,而生产技术是生产优质廉价产品的制造技术,因此冲压工艺过程设计的主要要求如下:

(1) 工艺性合理 根据产品图样要求及有关标准要求,分析冲压件的结构、性能及加工难易程度,确定科学的、合理的工艺过程。为了生产出优质的冲压件,应该考虑采用优质材料和尽可能采用较先进的技术工艺。如果发现该冲压件的工艺性较差,在不影响其使用性能的前提下,对该零件的形状或尺寸在某些地方做必要的修改也是合理的。

(2) 经济性合算 用最好的材料,采用最先进的加工技术,可以得到最高性能的产品。但是,这样的产品不会是廉价的,其经济效益肯定不会最好。因此,冲压工艺过程设计不能选择这样的方法,而应该采用适宜的材料,尽量节约用料,通过选择先进且合理(对具体条件)的加工技术,努力减少加工费用及模具设备费用的方法,获得完全合乎要求与规定的产品。这样的优质产品经济上才是合算的。

总而言之,冲压工艺过程的设计是一种对产品生产过程的综合分析和设计。如果在计算机上进行这种设计(CAD),则最佳的冲压工艺过程设计应是工艺上先进合理、经济上合算这两个目标函数的综合寻优,以达到工艺过程设计的最佳化。

2. 冲压工艺过程设计的内容

冲压工艺过程设计的主要内容包括:

- 1) 冲压件的分析。
- 2) 原材料的选定与备料。
- 3) 变形工序的确定。
- 4) 辅助工序的确定。
- 5) 模具类型的选定、设计。
- 6) 冲压设备的选择。
- 7) 机械化与自动化方案的选定。

(续)

加工方法	50mm 长度上公差/mm												
	0.011	0.016	0.025	0.039	0.062	0.100	0.160	0.25	0.39	0.62	1	1.6	
	精度等级(IT)												
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
旋转锻造			—————										
车削		-----	—————										
研削	—————												

注：粗实线表示一般条件，细实线表示中等要求，虚线表示较高条件。

除了尺寸精度要求合理外，还要求冲压件的结构工艺性好。冲压件的结构工艺性一般指其结构的几何形状。显然，其几何形状越简单，越容易冲压出来，则其结构工艺性越好。因此，冲压件工艺性的基本要求如下：

1) 原材料的选定不仅要能满足冲压件的强度与刚度要求，还应该要有良好的冲压性能。这是由于每一种板材都有自己的化学成分、力学性能，以及与冲压性能密切相关的特征性能。在生产实际中经常出现这种情况，一个冲压件的加工能否顺利地、高质量地完成，直接取决于板材的冲压性能。因此，有必要根据冲压变形的特点与要求，正确地选用原材料。

2) 冲压加工是一种冷变形加工方法，它与热变形加工方法最本质的区别是有冷变形加工硬化效应。因此，应该充分利用这一特征，尽量选择软而塑性好的金属材料，并避免材料过厚。

3) 对产品零件要求重量轻而强度、刚度高时，可采用加强筋形式及翻边、卷圆等工序来达到要求。

4) 尽量用廉价材料代替贵重材料。

5) 合理排样，尽量做到无废料或少废料。有时还应考虑一种工件的废料能为另一种工件所利用，这种情况在排样下料时称为“套裁”。

6) 必须统一并减少所用材料的牌号、规格和厚度，且提倡用国产板材。

7) 尽量满足冲压加工中各种工序的相应结构要求。

3. 冲压件的结构工艺性

冲压加工的基本工序，主要分为两类：分离工序与成形工序。显然，这两类工序加工出来的冲压件，一类是分离加工件（以平面形状为主），一类是成形件（以立体形状为主），其结构工艺性要求不一样。另外，成形件又分为拉深件、翻边件、胀形件、弯曲件等，各自又有不同的结构工艺性能要求。但是，所有的冲压件有一个共同性的结构工艺性要求：尽量避免有应力集中的结构。对于冲裁件，一般不应有平面尖角存在（冲裁件的外轮廓可以用单边剪切的方法得到者例外）。对于成形件，不应有急剧的突变形状。如图 1-2 所示的某种汽车覆盖件，按左边结构冲压成形，常在过渡部分产生皱褶和裂纹；按右边结构加大过渡圆角和增加台阶冲压成形，因急剧变化变缓，工艺结构性变好了，使工

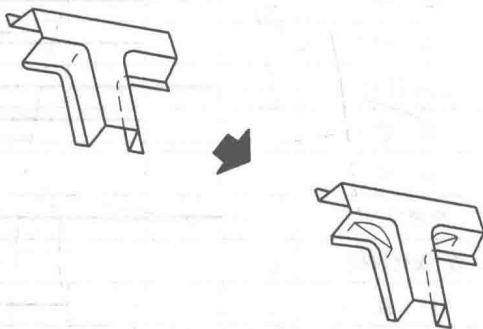


图 1-2 断面急剧变化改缓的成形件

件质量大为提高，能大大减少冲压件的废次品率。

下面分别就冲裁件、拉深、翻边、胀形件及弯曲件的结构工艺性做简要说明。

(1) 冲裁件的结构工艺性

1) 冲裁件的形状应尽量简单，最好是由规则的几何形状或由圆弧与直线所组成。

2) 对于外形为正方形或矩形的落料件，可考虑用剪床剪切下料代替落料模落料。如图 1-3 所示的一种汽车零件，原设计有一个图中虚线所示的 $R5\text{mm}$ 尺寸；经会审后认为取消 $R5\text{mm}$ ，改成直角，不影响该零件的功能。于是就用 65mm 宽的条料生产，用剪床切成 24mm 一件，再冲两个孔，工艺性得到了提高。

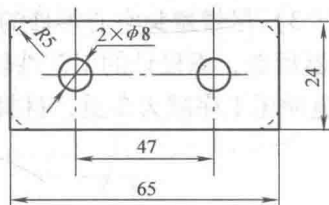


图 1-3 省去冲模落料的冲裁件

3) 冲裁件应当避免有过长的悬臂与狭槽，槽的宽度 b 应大于料厚 t 的 2 倍，如图 1-4 所示。

4) 虽然可以冲裁出带尖角的零件，但一般情况下，都应用 $R > 0.5t$ 的圆角代替尖角。图 1-5 所示为农用挂车上用的支承板的零件，原设计有 5 处尖角，后经协商分别改为圆角，完全不影响其使用性能。这样使冲压件的结构工艺性变好了，模具加工更加容易，寿命也得到了提高，同时大大节省了原材料。

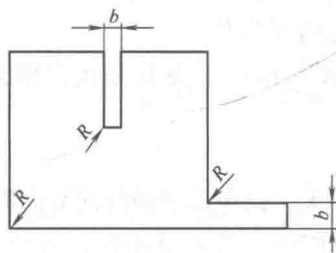


图 1-4 冲裁件的悬臂与狭槽

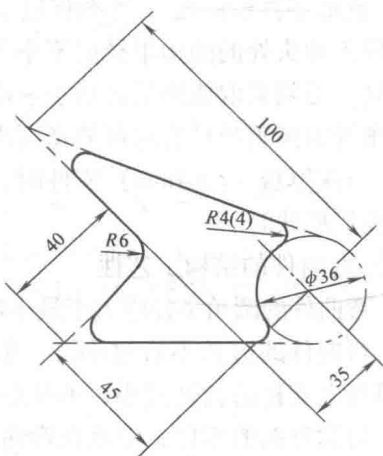


图 1-5 避免尖角的冲裁件

5) 因受冲头强度的限制，冲孔尺寸不宜过小，一般冲孔的最小尺寸(直径或方孔边长) $s \geq t$ 。

6) 冲裁排样时，一般有搭边值，从节省原材料来讲，搭边值越少越好；但从模具寿命和冲裁件质量来考虑，搭边值 a 至少应大于 t ，极薄板冲裁时还应大些。例如，当 $t \approx 0.2\text{mm}$ 时，应取 $a \geq (2 \sim 3)t$ 。

7) 应当避免在成形零件的圆弧部位上冲孔，但球形零件底部中心孔除外。在筒形件壁部冲孔，应设计斜楔式冲模。

(2) 拉深、翻边、胀形件的结构工艺性 由于成形零件的种类较多，有的形状比较复杂，用到的冲压成形工序也是多种多样的，所以其结构工艺性应视具体形状提要求。下面仅对拉深、翻边、胀形基本件提出一般性要求。

1) 轴对称零件结构工艺性最好，非轴对称零件应避免急剧的轮廓变化（见图 1-2）。
 2) 能够一次拉深或胀形成功的零件比需多次拉深或胀形的零件的工艺性要好。因此，对于高度较大的成形件，能用一道工序完成的一般不宜采用两道工序，应当尽量采取各种技术措施提高冲压成形极限。

3) 尽量避免空心零件的尖底形状，尤其是高度大时，其工艺性更差。图 1-6 所示的消声器后盖，原设计的工艺性较差，在保证其使用性能不变的前提下，改进其设计，结果由原 8 道冲压工序减为 2 道，材料消耗也减少了 50%。

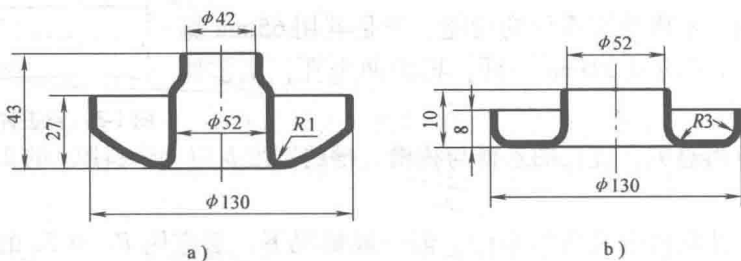


图 1-6 消声器后盖的设计更改

a) 原设计 b) 改进后设计

4) 成形零件的圆角半径不宜过小。一般情况下，无论是拉深件、翻边件或胀形件等，其相对应于冲头处的圆角半径应不小于料厚，相对应于凹模处的圆角半径应不小于料厚的两倍；否则，必须采取成形后再增加一次整形工序来达到要求。但对于翻边件与胀形件，相应凹模圆角处的圆角半径有时可放宽到小于料厚，但决不能出现尖角。

5) 拉深厚板 ($t > 4\text{mm}$) 零件时，其冲头圆角也可取为 $r_p < t$ ，尤其是当凹模采用锥形或渐开线形形状时。

(3) 弯曲件的结构工艺性

1) 弯曲件的圆角半径应大于最小弯曲半径，但不宜过大，以免由于弹性回复而影响精度。

2) 弯曲件的边长不宜过小，一般 $h > R + 2t$ (见图 1-7)。当 h 过小时，直边(不变形区)在模具上支持的长度过小，不易形成足够的弯矩，很难得到精确形状的零件。

3) 局部弯曲的零件，应该在弯曲与不弯曲部分之间先切槽，以消除不弯曲根部的伸长变形和拉裂，如图 1-8a 所示。

4) 应该尽量避免在突变尺寸处的弯曲，遇有这种设计时，把弯曲线从该突变处移动一段距离，如图 1-8b 所示。否则，由于突变处尖角部位的应力集中可能产生撕裂。

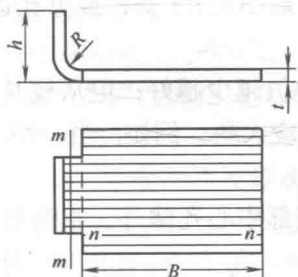


图 1-7 弯曲件的圆角与边长

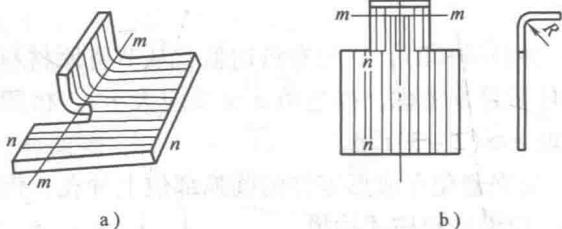


图 1-8 避免突变处弯曲示意图

a) 弯曲与不弯曲部分之间切槽 b) 避免在突变尺寸处弯曲

5) 弯曲线(见图 1-7、1-8 中 $m-m$) 与板材纤维方向(见图 1-7、1-8 中 $n-n$) 垂直时, 弯曲件的结构工艺性好于两者平行时。因此, 应尽量避免弯曲件的弯曲线与板材纤维方向平行。一个弯曲件有多处弯曲时, 可让其弯曲线与纤维方向互成一定的角度。

4. 冲压加工的经济性

经济性的要求是工艺成本越低越好。当然, 应遵循价值工程的原理。下面就工艺成本计算中两个最主要的方面作简要说明。

(1) 材料的经济排样 材料的经济排样是指冲压件(大多数情况下是在冲裁工序中)在条料及板料上的合理布置问题。衡量排样是否合理、是否经济, 可用材料的利用率这一指标。材料利用率是用工件的实际面积 A_0 与所用材料的面积 A 之比值来表示的, 即

$$\eta = (A_0/A) \times 100\% \quad (1-1)$$

从冲制垫圈的排样图 1-9 可以看出: 图中结构废料 1 由工件尺寸决定, 搭边 2 和余料 3 组成工艺废料。若能减少工艺废料, 则能提高材料利用率。

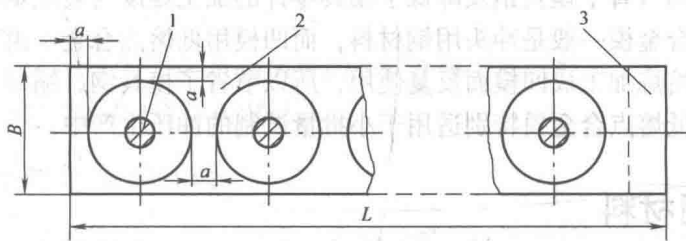


图 1-9 冲裁材料利用情况

1—结构废料 2—搭边 3—余料

要减少工艺废料, 应该根据零件的形状设计出搭边和余量尽量少的排样。例如, 对于圆形工件, 采用图 1-10a 所示的多行错开直排要比单行直排或双行对排省料; 对于 T 形工件, 采用图 1-10b 所示的对头斜排要比对头直排省料; 有些冲压件若能采用图 1-10c 所示的无废料排样或“套裁”, 则材料利用率最高。

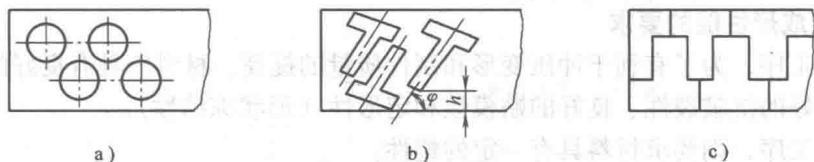


图 1-10 减少工艺废料的排样

a) 多行错开直排 b) 对头斜排 c) 无废料排样

当然, 大多数情况下的排样均有搭边值, 见图 1-9 中的 a 值。一般情况下, 搭边值 a 取为厚 t 的 1.0~2.0 倍。具体数值也可查阅有关资料。

利用计算机进行优化排样, 已经是一种比较成熟的 CAD 方法。例如, 像确定图 1-10b 中角度 φ 与距离 h 的最优值, 已有标准的程序软件了。

(2) 降低模具费用 工模具的成本在冲压产品成本中占有重要的比例。生产批量不同, 降低模具成本的途径也不同。在大批量生产中, 主要是通过提高模具寿命来降低模具费用的; 而在小批量生产中, 则应采用通用模、简易模、经济模及简化模具结构等方法来实现。

图 1-11 所示为某一机械产品中的 4 种垫圈零件。若按常规需用 4 副模具; 后设计制造