

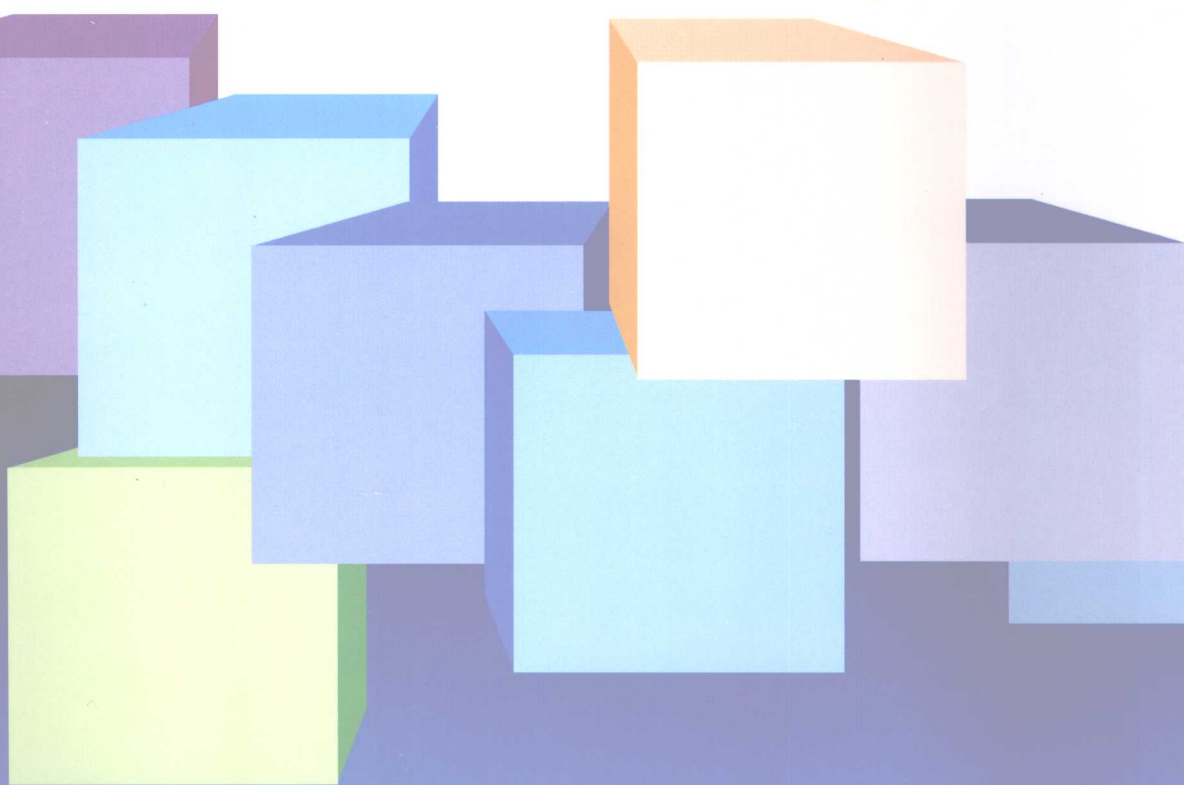


面向21世纪高等院校应用型精品规划教材

冲压工艺及模具设计 学习指导与习题

Chongyagongyi ji mojusheji xuexi zhidao yu xiti

主 编 马修金



天津科学技术出版社

面向 21 世纪高等院校应用型精品规划教材

冲压工艺及模具设计 学习指导与习题

主编 马修金

天 津 科 学 技 术 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

冲压工艺及模具设计学习指导与习题/马修金主编. —天津:
天津科学技术出版社, 2008
ISBN 978-7-5308-4480-9

I. 冲... II. 马... III. ①冲压-工艺-高等学校-教学参考资料
②冲模-设计-高等学校-教学参考资料 IV. TG38

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 018136 号

责任编辑:刘 锟

责任印制:王 莹

天津科学技术出版社出版

出版人:胡振泰

天津市西康路 35 号 邮编 300051

联系电话:(022)23332393(发行部) 23332392(市场部) 27217980(邮购部)

网址:www.tjkjcs.com.cn

新华书店经销

三河市天利华印刷装订有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 7.25 字数 176 000 字

2008 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

定价:22.80 元

前 言

本学习指导教材是编者在总结了多年的教学经验和工作实践体会的基础上,经过对本科和专科模具设计与制造专业教材内容及考试大纲的深入研究,并广泛地听取了各方面意见后编写的。意在帮助学生能更好地理解 and 掌握冲压工艺与模具设计、制造课程的基本内容和应试目标要点。适用于本科及专科院校模具设计与制造专业类及其他专业模具类学科学生的应试指导和学习指导。

本书的主要内容包括:冷冲压工艺及模具设计、制造教材中各章节学习目标和要求、重点学习内容提要、测试题及部分测试题答案等内容,并具有以下主要特点。

- (1) 内容提要简明扼要,重点突出,使学生在学习和复习时一目了然,具有指导性意义。
- (2) 本书对教材中各章节的基本概念、基本理论和基本知识点进行了系统的、简要的归纳总结。易读易懂,使学生能更好地全面掌握和应用所学知识。
- (3) 本书针对自学考试及其他考试中比较容易出现的考点,有针对性地进行阐述,以帮助学生在复习和应试时抓住重点,把握要点。
- (4) 本书在各章节后有大量的测试题,题目的题型及涵盖的内容全面,从不同的角度提出问题,帮助学习理解和掌握教材内容。
- (5) 本书对教材中已讲述过的图、表、公式等没有重复,学生在学习和复习时可结合教材。

本书由南昌理工学院马修金担任主编;南昌理工学院朱海燕、唐吉及江西蓝天学院罗光平担任副主编;南昌理工学院郭纪林教授担任主审。全书共分 8 章,其中第 1 章、第 2 章、第 4 章、第 5 章由南昌理工学院马修金编写;第 3 章由南昌理工学院唐吉编写;第 6 章、第 7 章由江西蓝天学院罗光平编写;第 8 章由南昌理工学院朱海燕编写。全书由南昌理工学院马修金负责统稿。

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,敬请各位读者不吝批评指正。

编 者

目 录

第1章 板料冲压性能与成形极限	(1)
1.1 学习目的和要求	(1)
1.2 重点及学习内容提要	(1)
1.2.1 冲压工序分类	(1)
1.2.2 板料冲压性能及成形极限	(1)
1.2.3 板料机械性能指标与冲压性能的关系	(2)
1.2.4 板料的成形极限	(2)
1.2.5 冷冲压常用材料	(3)
1.3 测试题及答案	(3)
1.3.1 测试题	(3)
1.3.2 部分测试题答案	(5)
第2章 冲裁	(7)
2.1 学习目的和要求	(7)
2.2 重点及学习内容提要	(7)
2.2.1 冲裁变形过程分析	(7)
2.2.2 冲裁间隙	(7)
2.2.3 凸模和凹模刃口尺寸的确定	(8)
2.2.4 冲裁工艺压力计算及压力机选择	(9)
2.2.5 冲裁排样设计	(9)
2.2.6 冲裁工艺设计	(10)
2.3 测试题及答案	(11)
2.3.1 测试题	(11)
2.3.2 部分测试题答案	(18)
第3章 冲裁模	(22)
3.1 学习目的和要求	(22)
3.2 重点及学习内容提要	(22)
3.2.1 冲裁模具的基本分类方法	(22)
3.2.2 冲裁模具的结构特点分析	(22)
3.2.3 冲裁模主要零部件设计	(24)
3.2.4 模具的压力中心与封闭高度	(29)
3.3 测试题及答案	(30)
3.3.1 测试题	(30)

3.3.2	部分测试题答案	(37)
第4章	弯曲模	(41)
4.1	学习目的和要求	(41)
4.2	重点及学习内容提要	(41)
4.2.1	弯曲及弯曲分类	(41)
4.2.2	弯曲变形分析	(41)
4.2.3	中性层及中性层位置	(42)
4.2.4	最小弯曲半径	(42)
4.2.5	弯曲件的回弹	(42)
4.2.6	弯曲毛坯尺寸计算	(44)
4.2.7	弯曲力计算	(44)
4.2.8	弯曲件的工艺性质及工序安排	(45)
4.2.9	弯曲模典型结构特点分析	(45)
4.2.10	弯曲模工作部分尺寸的确定	(46)
4.3	测试题及答案	(48)
4.3.1	测试题	(48)
4.3.2	部分测试题答案	(54)
第5章	拉深	(56)
5.1	学习目的和要求	(56)
5.2	重点及学习内容提要	(56)
5.2.1	拉深及拉深模	(56)
5.2.2	拉深变形过程及应力应变状态	(57)
5.2.3	圆筒形件的拉深	(58)
5.2.4	拉深模典型结构特点分析	(63)
5.2.5	其他形状零件拉深	(64)
5.2.6	拉深件的工艺性分析及工艺规程拟定	(68)
5.2.7	拉深中的辅助工序	(69)
5.2.8	拉深模常用材料	(69)
5.2.9	拉深模制造特点	(70)
5.3	测试题及答案	(70)
5.3.1	测试题	(70)
5.3.2	部分测试题答案	(77)
第6章	成形及其新技术	(79)
6.1	学习目的和要求	(79)
6.2	重点及学习内容提要	(79)
6.2.1	胀形	(79)
6.2.2	翻边	(80)
6.2.3	缩口与扩口	(81)
6.2.4	校形	(81)

6.2.5	旋压	(81)
6.2.6	成形新技术	(82)
6.3	测试题及答案	(82)
6.3.1	测试题	(82)
6.3.2	部分测试题答案	(86)
第7章	冷挤压	(90)
7.1	学习目的和要求	(90)
7.2	重点及学习内容提要	(90)
7.2.1	冷挤压的基本概念及理论	(90)
7.2.2	冷挤压用的金属材料	(91)
7.2.3	冷挤压工艺设计	(92)
7.2.4	冷挤压毛坯的制备	(94)
7.2.5	冷挤压模具	(94)
7.3	测试题及答案	(96)
7.3.1	测试题	(96)
7.3.2	部分测试题答案	(100)
第8章	冲压工艺及模具 CAD	(102)
8.1	学习目的和要求	(102)
8.2	重点及学习内容提要	(102)
8.2.1	冲模 CAD 系统的结构方法	(102)
8.2.2	图形输入	(102)
8.2.3	工艺性的计算机判断	(104)
8.2.4	毛坯排样最优化	(105)
8.2.5	连续模工位的布置	(106)
8.2.6	模具顶杆的布置	(107)
8.2.7	冲模零部件的设计	(108)
8.2.8	数控线切割机的自动编程	(109)
8.3	测试题及答案	(109)
8.3.1	测试题	(109)
8.3.2	部分测试题答案	(111)
参考文献		(113)

第 1 章 板料冲压性能与成形极限

1.1 学习目的和要求

- (1) 了解板料冲压性能的基本工艺试验方法。
- (2) 理解和掌握板料机械性能指标与冲压性能之间的关系。
- (3) 了解常用冲压材料的基本性能;掌握冲压材料的选用原则和方法。

1.2 重点及学习内容提要

1.2.1 冲压工序的分类

1. 冲压的定义及应用范围

(1) 冲压是利用安装在压力机上的模具对材料施加压力,使其产生塑性变形或分离的一种加工方法。

(2) 不但可以加工金属材料,而且可以加工非金属材料。

2. 冲压工序的分类

(1) 冲压工艺方法可以分为分离工序和成形工序两大类。

① 分离工序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。

分离工序包括:剪切、冲裁、切口、切边、剖切、整修等。

② 成形工序是使冲压毛坯在不破坏的条件下发生塑性变形,并转化成所要求的形状和尺寸的成品或半成品零件。

成形工序包括:弯曲、拉深、翻边、局部成形、胀形、缩口、旋压、整形、冷挤压等。

1.2.2 板料冲压性能与成形极限

板料冲压性能的试验方法:板料拉伸试验,板料双向拉伸试验,模拟试验,相似试验。

(1) 板料拉伸试验。

① 拉伸试验所要测试的数据:

• 屈服点附近,试样工作长度范围内试样的宽度 b 和相应剖面的厚度 t 以及屈服时的载荷大小 P 。

• 最大载荷 $P_{\max}$ 及相应的剖面尺寸 b_j 和 t_j 。

• 当试样被拉断时,破坏载荷的数据及拉断试样工作长度 L_p 和剖面尺寸 b_p, t_p 。

② 拉伸试验所能得到的机械性能指标:

- 屈服极限 σ_s 或 $\sigma_{0.2}$ $\sigma_s = P_s / F_0$ 。
- 强度极限 σ_b , $\sigma_b = P_{\max} / F_0$ 。
- 细颈点应力 σ_j , $\sigma_j = P_{\max} / F_j$ 。
- 屈强比, $\sigma_{0.2} / \sigma_b$ 或 σ_s / σ_b 的比值。
- 细颈点应变 ϵ_j , $\epsilon_j = \ln(F_0 / F_j)$ 。
- 总延伸率 δ_{10} 或 δ_5 $\delta_5 = (L_P - L_0) / L_0$ 。
- 均匀延伸率 $\delta_{\text{均}}$ 拉伸试样开始产生局部集中变形(细颈)时的延伸率。
- 总断面收缩率 φ , $\varphi = (F_0 - F_P) / F_0$ 。
- 弹性模量 E 。
- 硬化指数 n , $n = \epsilon_j$ 。
- 厚向异性指数 r , 是指拉伸试验时, 试样均匀伸长为 15% 左右情况下, 宽度方向的应变与厚度方向的应变之比值, 即 $r = \epsilon_b / \epsilon_t$ 。
- 板平面各向异性指数 Δr : $\Delta r = r_0 + r_{90^\circ} - 2r_{45^\circ}$ Δr 愈大拉深时产生凸耳现象愈严重。

(2) 板料双向拉伸试验。

采用杯突试验作为板料的双向拉伸(胀形)试验。

使用杯突试验来判断材料延伸性能, 预测成品件是否出现表面粗糙和表面状态的变化。

(3) 模拟试验。

模拟试验的实质是突出实际冲压工序某一方面或几个方面的变形特点, 加以模拟, 测试板料的冲压成形性能。

模拟试验方法: 反复弯曲试验; 球形冲头锥形杯拉深试验。

(4) 相似试验。

金属塑性变形的相似条件: 物理相似、几何相似、力学相似。

试验方法: Swift 的角形件拉深试验(测极限拉深比 LDR); TZP 试验法(拉深力对比试验法); 翻边性能试验。

1.2.3 板料机械性能指标与冲压性能的关系

材料的强度指标越好, 产生相同变形量所需的力就越大;

材料的塑性指标越好, 成形时所能承受的极限变形量就越大;

材料的刚度指标越高, 成形时抵抗失稳起皱的能力就越大。

几项重要机械性能指标:

- 强度 σ_b 和屈服极限 σ_s : 强度极限和屈服极限越高, 则变形抗力愈大。
- 屈强比 σ_s / σ_b : 屈强比越小对冲压成形越有利。
- 均匀延伸率 $\delta_{\text{均}}$: 表示板料产生均匀的或稳定的塑性变形能力。
- 硬化指数 n : 表示在塑性变形过程中材料硬化的程度。
- 厚向异性指数 r : 表示在同力条件下板料厚度方向上的变形性能。
- 板平面各向异性指数 Δr : 衡量板料拉深成形性能, Δr 越小, 拉深性能越好。

1.2.4 板料的成形极限

(1) 冲压成形极限是指板料在冲压过程所能达到的最大变形程度。

成形极限研究对象:变形区的变形极限;传力区的承载能力。

(2) 板料塑性拉伸失稳。

- 单向拉伸失稳
- 双向拉伸失稳

1.2.5 冷冲压常用材料

1. 冲压材料必须具有的冲压性能

- 冲压材料必须便于加工。
- 冲压材料必须便于提高生产效率。
- 材料对模具的损耗和磨损低。

2. 冲压材料应满足冲压工艺要求

• 材料应具有良好的塑性,较高的伸长率和断面收缩率。较低的屈服点和较高的抗拉强度。

- 材料应有光洁平整无缺陷损伤的表面状态。
- 材料厚度的公差应符合国家规定的标准。
- 材料应对机械连接和继续加工具有良好的适应性。

3. 常用冲压材料

黑色金属材料,非铁合金(有色金属及其合金),非金属材料三大类。

1.3 测试题及答案

1.3.1 测试题

1. 填空题

- 1) 冷冲压是利用安装在_____上的_____对材料_____,使_____,从而获得冲件的一种压力加工方法。
- 2) 因为冷冲压主要是用_____加工成零件,所以又叫板料冲压。
- 3) 冷冲压不但可以加工_____材料,而且还可以加工_____材料。
- 4) 冷冲压加工的零件一般不需进行_____加工,因而是一种节约能源,节省原材料的加工方法。
- 5) 冲压产品的尺寸精度是由_____保证的,所以质量稳定。
- 6) 冷冲压工序变形性质可分为_____,_____两大类,前一类工序是_____,而后一类工序是_____,两者的根本区别是_____。
- 7) 塑性变形的物体体积保持_____,其表达式可写成_____。
- 8) 金属的塑性是指_____。
- 9) 根据变形区的应力应变状态,冲压工序可以分为以_____的变形方式和以_____的变形方式两大类。
- 10) 影响金属的因素主要有_____,_____,_____。
- 11) 成形极限包括两方面的因素,即_____和_____。

12) 以主应力表示的应力状态称为_____,表示主应力个数及其符号的简图称为_____,可能出现的主应力图有_____。

13) 应力状态中的压应力个数_____,压应力_____则塑性好。

14) 一般金属材料在塑性变形过程中,随变形程度增加,所有强度指标均_____,硬度也_____,塑性指标降低,这种现象称为_____。

15) 在拉深中如果材料的板平面各向异性 Δr 越大,则产生_____。

16) 当作用在坯料变形区的拉应力的绝对值最大时,在这个方向上的变形一定是_____变形,故称这种变形为_____变形。

17) 当作用在坯料变形区的压应力的绝对值最大时,在这个方向上的变形一定是_____变形,故称这种变形为_____变形。

18) 冲压工艺对材料的基本要求有_____,_____,_____。

19) 在拉伸试验中开始产生局部集中变形(刚出现细颈时)的伸长率称为_____。

20) _____的比值称为屈强比,屈强比_____,对所有的冲压成形都有利。

2. 判断题

1) 冲模的制造一般是单件生产,因此冲压制品也是单件生产。 ()

2) 落料和弯曲都属于分离工序,而拉深、翻边则属于成形工序。 ()

3) 分离工序是指对工件的剪裁和冲裁工序。 ()

4) 所有的冲裁工序都属于分离工序。 ()

5) 成形工序是指对工件弯曲、拉深、成形等工序。 ()

6) 成形工序是指坯料在超过弹性极限条件下面获得一定形状。 ()

7) 冷却压不但可以加工具有塑性的金属材料,而且还可以加工没有塑性的非金属材料。 ()

8) 冷冲压成形可以分为伸长类变形和压缩类变形。 ()

9) 模具是冷冲压加工中不可缺少的重要工具。 ()

10) 变形抗力小的金属,其塑性一定好。 ()

11) 金属的柔软性好,则表示其塑性也好。 ()

12) 变形抗力是指在一定的加载条件和一定的变形温度、变形速度条件下,引起塑性变形的单位变形力。 ()

13) 材料内应力大小决定了金属的变形抗力大小。 ()

14) 物体某个方向为正应力时,该方向的应变一定为正应变。 ()

15) 物体某个方向为负应力时,该方向的应变一定为负应变。 ()

16) 物体受三向压应力时,其塑性变形可以很大。 ()

17) 金属材料的硬化是指材料的变形抗力增加。 ()

18) 总伸长率 δ 是指在拉伸试验中开始产生局部集中变形的伸长率。 ()

19) 均匀伸长率 $\delta_{\text{均}}$ 表示产生均匀变形或稳定变形的能力。 ()

20) 一般来说,冲压成形都在板料的均匀变形范围内进行,故 $\delta_{\text{均}}$ 对冲压性能有较为直接的意义。 ()

21) 物体受三向导拉应力时,坯料不会产生任何塑性变形。 ()

22) 当坯料受三向拉应力作用,且 $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3 > 0$ 时,在最大拉应力 σ_1 方向上的变形一定是伸长变形,在最小拉应力 σ_3 方向上的变形一定是压缩变形。 ()

23) 当坯料受三向压应力作用,且 $0 > \sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ 时,在最小压应力 σ_3 方向上的变形一定是伸长变形,在最大压应力 σ_1 方向上一定是压缩变形。 ()

24) 板料在变形过程中的破坏常常是由于抗失稳能力差所造成的。 ()

25) 按国家标准 GB/T 708—1991 规定,钢板的精度可分为 A、B、C 三级。 ()

3. 选择题

1) 冲压加工过程是_____受力变形或分离,从而获得所需零件。

A. 压力机 B. 冲模 C. 板料

2) 在下列工序中,属于成形工序的是_____,属于分离工序的是_____。

A. 落料 B. 弯曲 C. 拉深 D. 冲孔

E. 卷弯 F. 切断 G. 拉弯 H. 剖切

I. 修边 J. 胀形 K. 精冲

3) 坯料内某一点的主应力方向和大小与_____有关。

A. 坐标轴 B. 受力状态 C. 屈服条件

4) σ_s/σ_b 是材料的屈强比,其比值大小反映了_____。

A. 硬化程度 B. 冲压成形性能 C. 应力和应变状态

5) 影响金属塑性变形的的主要因素有_____。

A. 金属组织 B. 变形温度 C. 变形速度 D. 加工方法

4. 名词解释

冷冲压、落料、冲孔、分离工序、成形工序、塑性、应力、硬化指数、板平面各向异性、冲压成形性能

5. 问答题

1) 冲压工序分为哪两大类? 它们的主要不同是什么?

2) 什么是塑性变形体积不变定律?

3) 材料的冲压性能试验有哪些方法?

4) 除了冲压性能外,对冷冲压材料有哪些要求?

5) 什么是金属塑性? 什么是塑性变形?

6) 板料的拉伸试验所测得的力学性能指标有哪几项? 这些指标对冲压成形性能的好坏有什么影响?

7) 什么叫加工硬化和硬化指数? 加工硬化对冲压成形有何有利和不利的影响?

8) 什么叫伸长类变形和压缩类变形? 试从受力情况、材料厚度变化、工件破坏形式等方面阐述这两类变形的特点。

1.3.2 部分测试题答案

1. 填空题

1) 压力机 冲模 施加压力 产生塑性变形或分离 2) 板料

3) 金属 非金属 4) 切削 5) 模具 6) 分离工序 成形工序

使冲压件与板料沿一定的轮廓线相互分离 使冲压毛坯在不破坏的条件下发生塑性变形 材料是否产生分离

7) 不变 $\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 = 0$ 8) 固体材料在外力作用下发生永久变形,而不破坏其完整性的能力 9) 伸长为主 压缩为主 10) 金属组织 变形温度 变形速度 11) 变形区的变形极限 传力区的承载能力 12) 主应力状态 主应力状态图 9种 13) 多 大 14) 增加 增加 加工硬化 15) 凸耳现象越严重 16) 伸长 伸长类 17) 压缩 压缩类 18) 材料应具有良好的塑性即要有较高的伸长率和断面收缩率,较低的屈服点和较高的抗拉强度,材料应具有光洁平整无缺陷损伤的表面 材料厚度应符合国家标准 材料应对机械连接和继续加工有良好的适应性 19) 均匀延伸率 $\delta_{\text{均}}$ 20) σ_s/σ_b

2. 判断题

1) $\times$ 2) $\times$ 3) $\checkmark$ 4) $\checkmark$ 5) $\checkmark$ 6) $\checkmark$ 7) $\times$ 8) $\checkmark$ 9) $\checkmark$ 10) $\times$
11) $\times$ 12) $\checkmark$ 13) $\times$ 14) $\times$ 15) $\times$ 16) $\times$ 17) $\checkmark$ 18) $\times$ 19) $\checkmark$ 20) $\checkmark$

3. 选择题

1) C 2) B C E G J A D F H I K 3) B 4) B 5) A B C

4. 名词解释(略)

5. 问答题(略)

第2章 冲 裁

2.1 学习目的和要求

通过本章学习,掌握冲裁各工艺参数的计算原则和方法,具体如下。

- (1) 理解冲裁变形原理,掌握断面质量分析的方法。
- (2) 熟悉冲裁间隙的重要性,正确合理选用冲裁间隙。
- (3) 掌握各种冲裁凸、凹模刃口计算原则和方法。
- (4) 掌握各种排样方法及相应参数的选用。

2.2 重点及学习内容提要

2.2.1 冲裁变形过程分析

1. 冲裁变形过程的三个阶段及断面四个特征区的形成机理

- (1) 弹性变形阶段。
- (2) 塑性变形阶段。
- (3) 断裂分离阶段。

2. 冲裁断面四个特征区

圆角带、光亮带、断裂带及毛刺的形成。

2.2.2 冲裁间隙

1. 冲裁件质量与冲裁间隙的关系

- (1) 冲裁件质量是指切断面质量、尺寸精度及形状误差。
- (2) 尺寸精度是指冲裁件的实际尺寸与公称尺寸的差值。

2. 影响冲裁件质量的因素

- (1) 凸、凹模间隙大小及分布的均匀性。
- (2) 模具刃口状态。
- (3) 模具结构与制造精度。
- (4) 材料性质。

3. 冲裁间隙

冲裁间隙是指冲裁模中凸模与凹模刃口横向尺寸的差值。

双面间隙用“ Z ”表示,单面间隙为 $Z/2$ 。

设计与制造新模具时应采用最小合理间隙 $Z_{\min}$ 。

间隙值的确定方法。

2.2.3 凸模和凹模刃口尺寸的确定

1. 凸模和凹模刃口尺寸计算原则

(1) 落料时以凹模为基准,先确定凹模刃口尺寸,凹模基本尺寸应取接近或等于零件的最小极限尺寸,间隙通过减小凸模刃口尺寸来获得。

(2) 冲孔时以凸模为基准,先确定凸模刃口尺寸,凸模基本尺寸应取接近或等于冲件孔的最大极限尺寸,间隙通过增大凹模刃口来获得。

2. 凸、凹模刃口尺寸计算公式

(1) 凸、凹模分开加工(圆形零件冲裁)。

① 落料: $D_d = (D_{\max} - x_{\Delta})_0^{+\delta_d}$

$$D_p = (D_d - Z_{\min})_0^{-\delta_p} = (D_{\max} - x_{\Delta} - Z_{\min})_0^{-\delta_p}$$

② 冲孔: $d_p = (d_{\min} + x_{\Delta})_0^{-\delta_p}$

$$d_d = (d_p + Z_{\min})_0^{+\delta_d} = (d_{\min} + x_{\Delta} + Z_{\min})_0^{+\delta_d}$$

式中, x_{Δ} 表示磨损量; x 为磨损函数, Δ 为冲件的公差值。

零件精度 IT10 以上 $x = 1$;

零件精度 IT11 ~ IT13 $x = 0.75$;

零件精度 IT14 $x = 0.5$ (零件未注公差均按 IT14)。

③ 凸、凹模分开加工时,凸、凹模的制造公差必须满足: $\delta_p + \delta_d \leq Z_{\max} - Z_{\min}$ 。当 $\delta_p + \delta_d > Z_{\max} - Z_{\min}$ 时,则应取 $\delta_p = 0.4(Z_{\max} - Z_{\min})$, $\delta_d = 0.6(Z_{\max} - Z_{\min})$ 。

(2) 凸、凹模配合加工(非圆形零件冲裁)。

加工方法:配合加工是指先加工凸模(或凹模),然后再根据制造好的凸模(或凹模)的实际尺寸,配做凹模(或凸模),在凹模(或凸模)上修出最小合理间隙 $Z_{\min}$ 。其方法是把先加工的凸模(或凹模)作为基准件,它的工作部分刃口尺寸作为基准尺寸,而与其配做的凹模(或凸模)只需在图纸上标注相应部分的凸模(或凹模)的公称尺寸,注明“ $\times \times$ 尺寸按凸模(或凹模)配做,每边保持间隙 $\times \times (Z_{\min}/2)$ ”。不注制造公差。而且制造公差不受 $\delta_p + \delta_d \leq Z_{\max} - Z_{\min}$ 的约束。

基准件尺寸分为:A类尺寸(磨损后尺寸增大)

B类尺寸(磨损后尺寸减小)

C类尺寸(磨损后尺寸不变)

① 落料:以凹模为基准件,然后配做凸模。

A类尺寸: $A_d = (A_{\max} - x_{\Delta})_0^{+\delta_d}$ (借助分开加工落料凹模计算公式)

B类尺寸: $B_d = (B_{\min} + x_{\Delta})_0^{-\delta_p}$ (借助分开加工冲孔凸模计算公式)

C类尺寸: $C_d = C \pm \Delta/\delta$ (借助分开加工两孔间距离计算公式)

② 冲孔:以凸模为基准件,然后配做凹模。

A类尺寸: $A_p = (A_{\max} - x_{\Delta})_0^{+\delta_p}$

B类尺寸: $B_p = (B_{\min} + x_{\Delta})_0^{-\delta_p}$

C类尺寸: $C_p = C \pm \Delta/\delta$

2.2.4 冲裁工艺压力计算及压力机选择

1. 冲裁力计算

(1) 一般平刃模具冲裁时,冲裁力计算公式:斜刃冲裁

$$P = 1.3 L \cdot t \cdot \tau \quad P = K \cdot L \cdot t \cdot \tau$$

或 $P = L \cdot t \cdot \sigma_b$ K 值与斜刃高度 H 有关。

(2) 卸料力: $P_{卸} = K_{卸} \cdot P$ $H = t$ 时: $K = 0.4 \sim 0.6$

(3) 推件力: $P_{推} = K_{推} \cdot P$ $H = 2t$ 时: $K = 0.2 \sim 0.4$

(4) 顶件力: $P_{顶} = K_{顶} \cdot P$

2. 降低冲裁力方法

(1) 阶梯凸模冲裁。

(2) 斜刃模具冲裁。

(3) 加冲裁。

3. 压力机公称压力的选择

根据模具结构选择。

(1) 弹性卸料顺出件模具: $F = P + P_{卸} + P_{推}$ 。

(2) 弹性卸料逆出件模具: $F = P + P_{卸} + P_{顶}$ 。

(3) 固定卸料顺出件模具: $F = P + P_{推}$ 。

2.2.5 冲裁排样设计

1. 排样的原则

(1) 提高材料的利用率。

(2) 合理排样方法使操作方便,劳动强度低且安全。

(3) 模具结构简单、寿命长。

(4) 保证冲件质量。

2. 排样的方法

(1) 有废料排样法。

(2) 少废料排样法。

(3) 无废料排样法。

3. 排样形式

直排、对排、斜排、多排、混合排、切搭边排。

4. 搭边值与条料计算

搭边是指排样时工件与工件之间及工件与条料侧边之间留下的工艺余料。

(1) 搭边的作用。

① 使工作沿整个周边封闭冲裁时补偿送料的误差;

② 保证冲裁出完整的工件;

③ 保证条料具有一定的刚度和强度,便于送料。

(2) 搭边值大小确定的原则。

- ① 条料的厚度越大,搭边值越大;
 - ② 塑性好的材料,搭边值大;硬度高与强度大的材料,搭边值小;
 - ③ 零件外形越复杂,圆角半径越小,搭边值越大;
 - ④ 工件尺寸大,搭边值大;
 - ⑤ 对排搭边值大于直排搭边值;
 - ⑥ 手工送料,且有侧压装置的搭边值可小一些,用倒刀定距比挡料销定距搭边值小些。
- (3) 送料步距。

条料在模具每次送距的距离称为送料步距(简称步距或进距)。

$$S = D + a$$

送料步距是决定挡料销位置的依据。

(4) 条料宽度。

• 条料宽度确定原则。

- ① 最小条件宽度差保证冲裁时零件周边有足够的搭边值;
- ② 最大条料宽度要能在冲裁时顺利地导料板之间送进,并与导料板有一定的间隙。

• 条料宽度计算公式。

① 无侧压装置条件宽度:

$$B_{-\Delta}^0 = (D_{\max} + 2a_1 t \Delta)^0_{-\Delta}$$

导料板间的距离:

$$B_0 = B + 2C$$

② 导料板之间有侧压装置时:

$$\text{条料宽度: } B_{-\Delta}^0 = (D_{\max} + 2a_1)^0_{-\Delta}$$

$$\text{导料板间的距离: } B_0 = D_{\max} + 2a_1 + C$$

③ 有侧刀定距时:

$$\text{条料宽度: } B_{-\Delta}^0 = (D_{\max} + 2a_1 + nb_1)^0_{-\Delta}$$

$$\text{导料板间距离: 导入端: } B_0 = D_{\max} + 2a_1 + nb_1 + C$$

$$\text{导出端: } B_1 = D_{\max} + 2a_1 + Y$$

• 材料利用率。

① 一个步距内的材料利用率 η 为

$$\eta = nF/BS \times 100\%$$

② 一张板料上总的材料利用率 η_0 为

$$\eta_0 = NF_1/BL \times 100\%$$

• 要提高材料利用率,就必须减少废料面积,废料有两种情况:

- ① 结构废料:由于工件结构形状的需要,如工件内孔的存在而产生的废料。
- ② 工艺废料:工件之间和工件与条料边缘之间存在的搭边,定位需要切去的料边与定位孔,不可避免的料头和料尾废料。

2.2.6 冲裁工艺设计

1. 冲裁件工艺性分析

• 冲裁件的结构工艺性。