

Pro/E 冲压模具设计与制造

毛卫平 肖爱民 袁铁军 等编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

Pro/E 冲压模具设计与制造 / 毛卫平, 肖爱民, 袁铁军
等编著. —北京: 化学工业出版社, 2008.2

ISBN 978-7-122-01942-4

I. P… II. ①毛…②肖…③袁… III. ①冲模-计
算机辅助设计-应用软件, Pro/ENGINEER②冲模-制模
工艺-应用软件, Pro/ENGINEER IV. TG385.2-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 007282 号

责任编辑: 李军亮

文字编辑: 张绪瑞

责任校对: 陶燕华

装帧设计: 尹琳琳

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市延风装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 25½ 字数 668 千字 2008 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 55.00 元 (附光盘)

版权所有 违者必究

前 言

为了提高模具的设计与制造速度,模具工业广泛使用 CAD/CAM 软件进行模具的设计与加工,而 Pro/ENGINEER Wildfire3.0 就是一款优秀的 CAD/CAM 软件,利用该软件中的模具设计模块和 Pro/NC 数控加工系统,熟练的技术人员可以在较短的时间内完成模具产品的设计与制造,极大地提高了工作效率。

Progressive Die Extension (PDX) 是 Pro/ENGINEER 的一个软件模块,主要用于设计级进模。利用定制的解决方案来开发级进模可以极大地提高冲压模具设计效率。PDX 面向过程的工作流程能自动执行级进模的设计和细化工作,从而加快了投入生产的速度;包含大型的模具组件和紧固件库,因此加快了详细设计的速度;加快了展平和识别特征的速度,以便于分段处理;提高了设计灵活性,甚至允许在创建模具后添加新的阶段;通过自动完成重复性任务来提高效率,例如创建间隙切口。

Pro/NC 是一种功能十分强大的自动化 CAM 加工模块。Pro/NC 不仅完全支持高速和多轴等高端加工方式,还有自己独特的技术特点,具有良好的扩展性。因具备全相关性,在零件稍有改动时只需再生成一下加工文件就可自动更改加工路径,并且可提供产生精加工零件最佳加工路径控制和智能化加工路径创建。由于 Pro/NC 允许 CNC 编程人员控制整体的加工路径,直到最细节的部分,因此优点明显。

本书以冲压模具设计与制造的实际应用为目的,力求简明、系统地介绍冲压模设计与制造的原则及关键问题的处理对策。本书详细地介绍了冲压模设计的基础知识、Pro/E 级进模设计模块的各项功能以及 Pro/NC 数控加工应用,主要特点如下。

① 内容广泛。内容涉及冲压模设计基础理论、Pro/E 级进模设计、PDX 模架设计和模具零件的数控加工。读者学完本书后可以全面掌握冲压模设计和制造方面的知识。

② 实例丰富且具有代表性。书中大部分实例均来自于工程实际应用。

③ 技术讲解深入透彻。本书对每一个重要的知识点均从理论和实践两个方面做深入细致的讲解,每一个知识点均配一到多个实例,力求使读者能更好地掌握各个知识点。

④ 本书详细讲解了 Pro/NC 数控加工知识,讲解了各种加工方法,例如体积块铣削、曲面铣削、雕刻、车削、孔加工等,并且对每种方法都列举典型实例进行讲解。

⑤ 语言叙述简洁明了。本书摒弃一般图书使用冗长文字来表达操作过程的方式,而以图文并茂的方式来完成操作过程的叙述,并且在随书光盘中附有所讲实例的视频操作文件,方便读者学习。

本书可供从事冲压模具生产制造人员、工程设计人员、大中专院校学生以及自学者学习使用。

本书由毛卫平、肖爱民、袁铁军等编写,冲压模基础部分(第1~5章)由袁铁军编写,PDX 级进模设计以及数控加工基础部分(第6~9章)由肖爱民编写,数控加工方法和加工实例(第10章、第11章)由戴峰泽编写。参加编写的人员还有毛卫平、潘海彬、刘珍、戴亚春、任国栋、沈春根、赵峰、杨德勇、郭子刚、吴莹、顾红霞、李娟、陈建华、邹俊红、陈敏、孙国辉、陆繁、刘中华、章再俊、付永忠、朱江、李秀明、王文军、李文超、丁华等。

由于编者水平有限,书中难免会有不妥之处,恳请读者批评指正。

编著者

目 录

第 1 篇 冲模设计基础

第 1 章 冲压模具基础知识	1
1.1 冲压技术与冲压工序	1
1.1.1 冲压技术	1
1.1.2 冲压的基本工序	1
1.2 冲压工艺设计	3
1.2.1 冲压材料	3
1.2.2 工艺分析	4
第 2 章 冲裁模设计	5
2.1 冲裁模设计基础	5
2.1.1 冲裁件的工艺性	5
2.1.2 冲裁过程分析	5
2.1.3 冲裁件工艺方案的确定	6
2.1.4 冲裁模设计中的有关计算	7
2.2 冲裁模的典型结构	8
2.2.1 冲裁模的分类	8
2.2.2 冲裁模的结构组成	8
2.2.3 冲裁模的典型结构	9
第 3 章 弯曲模设计	11
3.1 弯曲模设计基础	11
3.1.1 弯曲类型	11
3.1.2 弯曲过程及变形分析	11
3.1.3 弯曲工艺计算	12
3.1.4 弯曲模设计要点	14
3.2 弯曲模的典型结构	15
3.2.1 弯曲的工序安排	15
3.2.2 弯曲模的典型结构	15
第 4 章 拉深模设计	18
4.1 拉深模设计基础	18
4.1.1 拉深变形特点及分析	18
4.1.2 拉深工艺计算	19
4.1.3 拉深模结构设计要点	22
4.2 拉深模典型结构	22
第 5 章 成形工艺及模具	24
5.1 胀形	24
5.2 翻边和翻孔	25
5.2.1 圆孔翻边	25

5.2.2 外圆翻边	27
5.2.3 非圆孔翻边	27
5.3 缩口	28
第 6 章 多工位级进模设计	30
6.1 级进模概述	30
6.2 排样	31
6.2.1 搭边	31
6.2.2 载体	31
6.2.3 条料的工序排样设计原则	33
6.3 级进模结构设计	35
6.3.1 模板组成	35
6.3.2 凸模	35
6.3.3 凹模	37
6.3.4 卸料装置	39
6.3.5 定位装置	40
6.3.6 托料装置	40

第 2 篇 Pro/E 冲模设计

第 7 章 Pro/ENGINEER 级进模 (PDX) 设计基础	43
7.1 创建工件参照零件	43
7.1.1 创建工件参照零件	43
7.1.2 将零件转换为钣金件	45
7.1.3 设置材料属性	46
7.1.4 展平钣金件	46
7.1.5 准备工件	47
7.1.6 修补展平的工件	47
7.1.7 操作实例	48
7.2 排样	52
7.2.1 创建和编辑条带布局	52
7.2.2 创建和编辑冲压参照	55
7.2.3 条带布局和冲压参照操作实例	56
7.2.4 创建可变折弯	63
7.3 工具包设置	65
7.3.1 创建项目	65
7.3.2 创建项目实例	66
7.3.3 定义模板	67
7.4 创建和编辑元件	74
7.4.1 装配新的零件	74
7.4.2 编辑零件	75
7.5 创建冲压件	75
7.5.1 创建圆形孔冲压件	75
7.5.2 圆形孔冲头创建实例	77

7.5.3	创建仿形冲头	82
7.5.4	仿形冲头创建实例	83
7.5.5	创建成形冲头	85
7.5.6	成形冲头创建实例	86
7.5.7	创建折弯冲压件	89
7.5.8	折弯冲头创建实例	89
7.6	附件	90
7.6.1	创建导柱	90
7.6.2	创建导向衬套	94
7.6.3	使用固定元素	95
7.6.4	创建浮升销	96
7.6.5	创建弹簧	98
7.6.6	放置螺钉	101
7.6.7	放置定位销	103
第 8 章	Pro/ENGINEER 级进模设计综合实例	106
8.1	电源外壳级进模设计	106
8.1.1	电源外壳钣金件设计	106
8.1.2	创建工件参照零件	114
8.1.3	创建条带布局	115
8.1.4	新建项目和创建模板	121
8.1.5	装配和创建冲压零件	124
8.1.6	创建螺钉	140
8.1.7	创建导向件	142
8.1.8	创建卸料弹簧	144
8.1.9	创建托料装置	147
8.1.10	创建定位销和紧固螺钉	150
8.1.11	创建切减特征	153
8.1.12	创建让位槽	154
8.2	打印机支架级进模设计	155
8.2.1	创建参照零件	155
8.2.2	创建条带布局	158
8.2.3	创建模板	162
8.2.4	装配和创建冲压件	168
8.2.5	创建折弯特征	172
8.2.6	创建切口	180
8.2.7	创建导向件	181
8.2.8	创建紧固件	182
8.2.9	创建卸料装置和浮升销	187
8.2.10	创建导正销和让位槽	192

第 3 篇 Pro/E 数控加工

第 9 章	Pro/ENGINEER 数控加工入门	195
9.1	数控编程技术和后置处理	195

9.1.1	数控编程技术的基本概念	195
9.1.2	数控加工的后置处理技术	197
9.1.3	数控系统指令代码	197
9.1.4	数控机床坐标系	200
9.2	数控加工工艺	203
9.2.1	基准选择	203
9.2.2	工序安排	204
9.3	数控加工刀具	205
9.3.1	数控加工使用的刀具	205
9.3.2	数控车床刀具	206
9.4	Pro / NC 的基本概念	208
9.4.1	NC 制造概念	208
9.4.2	创建制造模型	209
9.5	加工几何模型设置	217
9.5.1	铣削体积块	217
9.5.2	体积块操作实例	220
9.5.3	铣削曲面	226
9.5.4	铣削曲面操作实例	228
9.5.5	铣削窗口	231
9.5.6	铣削窗口操作实例	233
9.5.7	钻孔组	234
9.5.8	钻孔组操作实例	235
9.6	Pro/ENGINEER 加工应用基础	236
9.6.1	生成数控程序步骤	236
9.6.2	工作机床	238
9.6.3	刀具	242
9.6.4	操作设置	244
9.6.5	夹具设置	248
9.7	NC 路径管理	249
9.7.1	CL 输出	249
9.7.2	后处理	250
9.7.3	后处理操作实例	251
第 10 章	Pro/ENGINEER 数控加工方法	253
10.1	体积块加工	253
10.1.1	创建体积块铣削 NC 序列	253
10.1.2	参数设置	254
10.1.3	体积块加工实例	257
10.2	局部铣削	265
10.2.1	序列设置	266
10.2.2	操作实例	269
10.3	曲面铣削	279
10.3.1	创建曲面 NC 序列	279

10.3.2	进刀/退刀设置	284
10.3.3	制造参数设置	286
10.3.4	曲面铣削实例	286
10.4	端面铣削	293
10.4.1	端面铣削序列设置	293
10.4.2	制造参数	293
10.4.3	端面铣操作实例	294
10.5	轮廓加工	298
10.5.1	制造参数	299
10.5.2	轮廓加工操作实例	299
10.6	腔槽加工	304
10.6.1	创建腔槽加工	304
10.6.2	型腔铣操作实例	305
10.7	轨迹加工	308
10.7.1	轨迹加工引例	308
10.7.2	2轴轨迹加工序列设置	311
10.7.3	2轴轨迹铣削特有的参数	311
10.7.4	2轴轨迹铣削加工实例	312
10.7.5	3轴轨迹铣削相关概念	316
10.7.6	3轴轨迹加工实例	317
10.8	孔加工	319
10.8.1	孔加工固定循环基本概念	319
10.8.2	立式数控铣床的孔加工循环指令格式	320
10.8.3	各种孔加工方式	322
10.8.4	序列设置	324
10.8.5	孔加工参数设置	326
10.8.6	孔加工实例	327
10.9	雕刻加工	331
10.9.1	序列设置	331
10.9.2	制造参数	332
10.9.3	操作实例	332
10.10	切入式铣削加工	336
10.10.1	创建切入式铣削	336
10.10.2	切入式铣削操作实例	337
10.11	车削加工	339
10.11.1	数控车床的程序编制	339
10.11.2	轮廓车削	340
10.11.3	轮廓车削实例	344
10.11.4	钻孔	348
10.11.5	凹槽加工	349
10.12	线切割加工	353
10.12.1	创建线切割操作	354

10.12.2 冲裁模凹模加工实例	355
第 11 章 数控加工综合实例	361
11.1 轴加工	361
11.1.1 车端面	361
11.1.2 钻中心孔	364
11.1.3 粗车三个台阶	366
11.1.4 掉头车端面	368
11.1.5 钻中心孔	370
11.1.6 粗车 4 个台阶面	371
11.1.7 精车 3 个台阶	372
11.1.8 车削螺纹	374
11.1.9 掉头精车另外 4 个台阶	375
11.1.10 车螺纹	377
11.1.11 车槽	377
11.1.12 铣键槽	380
11.1.13 后处理	382
11.2 打印机支架仿形冲压件加工	384
11.2.1 工艺分析	384
11.2.2 创建加工模型	384
11.2.3 创建加工区域	386
11.2.4 创建操作和设置加工参数	388
11.2.5 后处理	395
参考文献	397

第1篇 冲模设计基础

第1章 冲压模具基础知识

本章讲述与冲压模相关的一些基础知识。通过本章的学习，读者将熟悉冲压成形理论、冲压模具等知识。

1.1 冲压技术与冲压工序

1.1.1 冲压技术

冲压工艺是塑性加工的基本方法之一，主要用于加工板材零件，冲压技术不但可以用于加工金属板料，也可以用于加工非金属材料。

冲压加工时，板料在模具的作用下，在其内部产生使之变形的内力。内力的作用达到一定程度时，板料毛坯或毛坯的某个部分便会产生与内力的作用性质相对应的变形，从而获得具有一定形状、尺寸和性能的零件。

冲压加工最重要的工艺设备就是各种类型的冲压模具，冲压产品的尺寸精度是由模具保证的，所以质量稳定，一般不需再经过机械加工便可使用。

冷冲压件的质量好坏、成本高低，主要决定于冲压工艺和冲模结构的合理程度，而冲模结构的适用性及其经济性，又都是在设计冲模时就被决定了的。

冲模的设计与制造，不但周期长（尤其是中、大型冲模），而且“顽固性”大。有时，即使不大的改变，也会造成某些冲模零件甚至整个冲模或整套冲模报废。因此，冲模的制造成本高。

传统的冲压模具设计技术由于设计过程复杂，劳动量大，现在已经逐步被计算机辅助软件代替。使用计算机辅助软件，可以在设计阶段验证冲模设计是否合理，而传统的冲压模具设计方法，只有等到模具设计出来才能验证模具的正确性。

1.1.2 冲压的基本工序

由于冲压加工的零件形状、尺寸、精度要求、批量大小、原材料性能的不同，当前在生产中所采用的冲压工艺方法也是多种多样的。但是，概括起来，可以分为分离工序与成形工序两大类。分离工序的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，同时，冲压件分离断面的质量，也要满足一定的要求。成形工序的目的，是使冲压毛坯在不破坏的条件下发生塑性变形，并转化成所要求的成品形状，同时也应满足尺寸精度方面的要求。

常用的冲压方法如表 1-1 和表 1-2 所示。

表 1-1 分离工序

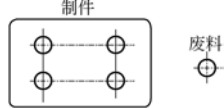
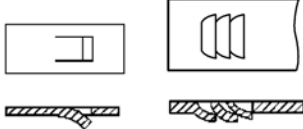
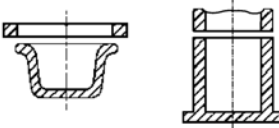
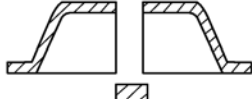
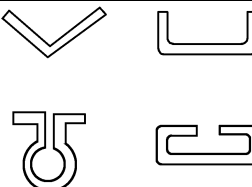
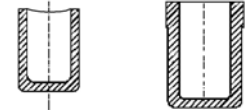
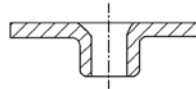
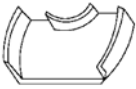
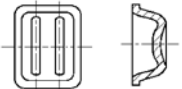
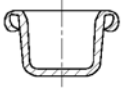
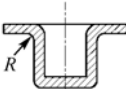
工序名称	简 图	特 点
切断		将板料剪成条料或块料
落料		用冲模沿封闭线冲切板料，冲下来的部分为制件
冲孔		用冲模沿封闭线冲切板料，冲下来的部分为废料
切口		在毛坯或半成品上，沿不封闭线冲出缺口，切口部分发生弯曲，如通风板
修边		将制件边缘部分切掉
剖切		把半成品切开来成两个或几个制件。常用于成双冲压

表 1-2 成形工序

工序名称	简 图	特 点
压弯		把板料弯成一定角度和形状（指折弯线为直线）
弯卷		把板料端部卷圆，如合页
扭曲		把制件扭转成一定角度
拉深		拉深是把平板形毛坯或半成品制成空心制件，壁部厚度基本不变
变薄拉深		变薄拉深把空心制件拉深成侧壁比底部薄的制件
翻孔		把制件上孔的边缘翻出竖立的边缘

续表

工序名称	简 图	特 点
翻边		把已成形的制件外缘，翻出圆弧或曲线状的竖立边缘
扩口		把空心制件的口部扩大。常用于管件
缩口		把空心制件的口部缩小
成形		毛坯或制件局部产生拉伸或压缩变形，形成凸出或凹入的形状
卷边		把空心件的边缘卷成一定形状
胀形		把制件的中部胀起，呈凸肚形
整形		把形状不大准确的制件校正成形，如获得小的圆角半径等
校平		校正制件的平直度

1.2 冲压工艺设计

1.2.1 冲压材料

(1) 冲压材料选择原则

- ① 材料应满足产品使用性能的要求。
- ② 材料应具有良好的冲压性能，其主要特性如下。
 - a. 材料的塑性。
 - b. 材料的抗压失稳起皱能力。
- ③ 材料的表面质量，主要考虑以下因素。
 - a. 材料表面光洁度。
 - b. 材料表面平整度。
 - c. 材料表面无锈。

(2) 冲压用材料规格

冲压生产中使用的材料相当广泛。有金属材料和非金属材料，各种厚度不同的材料可分为板料和带料（卷料）。

板料是冲压生产中应用最广的材料，适用于成批生产。其尺寸规格按国家标准规定，采用标准规格板料可能会增加余料，使材料利用率降低，但如采用合理的套裁排样，则可弥补

这一缺陷。在大量生产中,也可以根据工艺要求,用最佳的排样方案确定其规格尺寸,向钢厂专门订货。这样可提高材料的利用率,但价格要稍高于标准规格。生产中还需将板料按工艺要求尺寸剪成各种条料或块料再进行冲压。

带料(卷料)用于大量生产。根据材料不同,有不同的宽度尺寸,长度可达几米至几十米,有的薄材料长达数百米。应用卷料时,一般装有自动送料机构。

1.2.2 工艺分析

冲压件的工艺性是指冲压件对冲压工艺的适应性。在一般情况下,对冲压件工艺影响最大的是几何形状、尺寸和精度要求。良好的冲压工艺性应能满足材料省、工序少、模具加工较易、寿命较高、操作方便及产品质量稳定等要求。

(1) 冲裁件的形状要求

冲裁件能符合材料合理排样,各直线或曲线的连接处宜有适当的圆角。如果冲裁件有尖角,不仅给模具制造带来困难,而且模具寿命会显著降低。只有在采用少废料、无废料排样或镶拼模具结构时不要圆角。

(2) 冲裁件的宽度要求

凸出或凹入部分宽度不宜太小,并应避免过长的悬臂与狭槽,如图 1-1 所示。冲裁件材料为高碳钢时, $B \geq 2t$; 冲裁件材料为黄铜、铝和软钢时, $B \geq 1.5t$; 材料厚度 $t < 1\text{mm}$ 时,按 $t=1\text{mm}$ 计算。

(3) 冲孔的尺寸要求

因受凸模强度的限制,冲孔的尺寸不能过小。

(4) 孔间距的要求

孔与孔之间或孔与边缘之间的距离 a ,如图 1-2 所示,受到模具强度和冲裁件质量的限制,其值不能过小,宜取 $a \geq 2t$,但不得小于 $3 \sim 4\text{mm}$,必要时可取 $a = (1 \sim 1.5)t$ 。

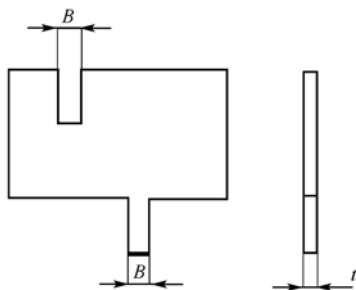


图 1-1 冲裁件最小宽度

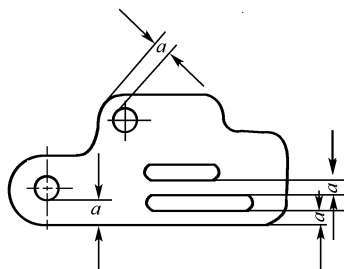


图 1-2 冲裁件的孔间距

第2章 冲裁模设计

2.1 冲裁模设计基础

2.1.1 冲裁件的工艺性

在拟订冲压工艺之前，应对冲裁件的形状、尺寸和精度等方面进行分析，从冲压工艺角度分析制件设计是否合理，是否符合冲裁工艺的要求。

冲裁件的结构工艺性，是指冲裁件产品对冲压工艺的适应性，主要包括以下几个方面。

- ① 形状简单。冲孔形状应尽量简单，也就是由规则的几何形状（圆弧与直线）所组成。
- ② 应当避免过长的悬臂与狭槽。一般狭槽宽度应大于料厚的两倍。
- ③ 应尽量减少不带圆角半径的冲裁件。冲裁件的外形（无废料，落料除外）和内形的转角处要避免尖角，以便于模具加工，避免热处理或冲压时夹角处开裂，减少凸、凹模的应力集中，防止尖角部位刃口过快磨损。
- ④ 冲孔时因受冲裁凸模强度刚性的限制，冲孔的尺寸不能过小，其数值与孔的形状、料厚参数和材料的力学性能等有关。
- ⑤ 制件上孔与孔之间的距离或孔与制件边缘之间的距离都受到模具强度和冲裁件质量的限制，其值不能过小。如用连续模冲裁，而且对制件精度要求不高时，孔与孔之间的距离可以适当减小，但不小于料厚。
- ⑥ 弯曲件与拉深件的孔与壁应保持一定距离，如距离太小，由于孔边进入制件底部的圆角部分，会使凸模在冲裁过程中受水平推力而发生倾斜或折断，也损伤了制件的精度和表面质量。
- ⑦ 冲裁件的外形（及弯曲件的展开外形）应符合少废料和无废料的排样要求，以提高材料利用率。

2.1.2 冲裁过程分析

冲裁时，板料的分离过程如图 2-1 所示，按其变形的特点，可分为三个阶段。

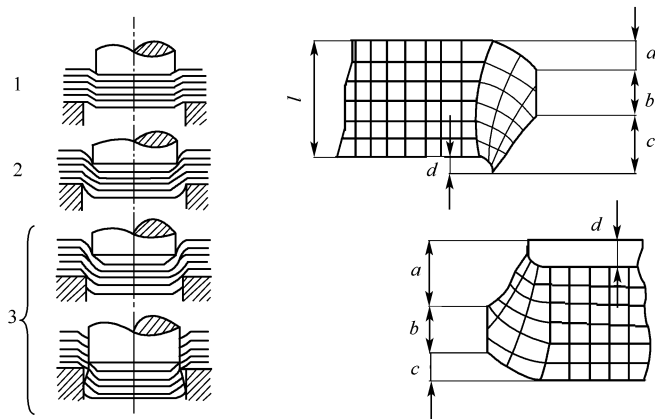


图 2-1 冲裁过程及断面分析

① 第一阶段 毛坯在凸模作用下, 表面承受弹性压缩和弯曲; 并略有挤入凹模洞口的情况。板料与凸模、凹模接触处形成很小的圆角, 图 2-1 中的 *a* 部分, 此时材料内应力没有超过材料的屈服极限, 所以这一阶段称为弹性变形阶段。

② 第二阶段 凸模继续下降, 材料内应力达到屈服极限; 部分金属被挤入凹模洞口, 产生塑剪变形, 形成光亮带 (图 2-1 中 *b* 部分)。由于凸模与凹模之间存在着间隙, 毛坯发生弯曲和轻微拉伸, 材料在凸模和凹模刃口部分产生应力集中, 一直到开始出现细微裂纹。这一阶段称为塑性变形阶段。

③ 第三阶段 随着凸模继续下行, 已形成的上、下两面微裂纹将扩大, 并向材料内部延伸。当上、下两条裂纹相遇重合, 材料便剪断分离, 形成粗糙的断裂带 (图 2-1 中的 *c* 部分), 留在冲裁制件上, 以后再向下行, 可使已经开始形成的毛刺作不同程度的拉长 (图 2-1 中 *d* 部分), 最后也留在冲裁件上。这一阶段称为剪断阶段。

冲裁断面的四个部分——塌角、光亮带、剪裂带和毛刺在整个断面上所占的大小比例并非一成不变。它随材料的种类、状态、材料厚度和冲裁条件的不同而变化。

2.1.3 冲裁件工艺方案的确定

在冲裁工艺分析的基础上根据冲裁件的特点确定冲裁工艺方案。

(1) 冲裁工序的组合

冲裁工序可分为单工序冲裁、复合冲裁和连续冲裁。

复合冲裁是在压机一次行程中, 在模具的同一位置同时完成两个或两个以上的工序。连续冲裁是把完成一个冲裁件的几个工序, 排列成一定的顺序, 组成连续模。冲裁过程中, 条料在冲模中依次在不同的工序位置上, 分别完成工件所要求的工序。除最初几次冲程外, 以后每次冲程都可以完成一个冲裁件。组合的冲裁工序比单工序冲裁生产效率高, 加工公差等级高。

冲裁组合方式根据下列因素确定。

① 生产批量 一般来说, 小批量与试制采用单工序冲裁, 中批量和大批量生产采用复合冲裁或连续冲裁。

② 工件尺寸公差等级 复合冲裁所得到的工件尺寸公差等级高, 因为它避免了多次冲压的定位误差, 并且在冲裁过程中可以进行压料, 工件较平整。连续冲裁所得到的工件尺寸公差等级较复合冲裁低。

③ 对工件尺寸和形状的适应性 工件的尺寸较小时, 考虑到单工序上料不方便和生产率低, 常采用复合冲裁或连续冲裁。对于尺寸中等的工件, 由于制造多副单工序模的费用比复合模昂贵, 也宜采用复合冲裁。但工件上孔与孔之间或孔与边缘之间的距离过小时, 不宜采用复合冲裁和单工序冲裁, 宜采用连续冲裁。所以, 连续冲裁可以加工形状复杂和宽度很小的异形工件 (图 2-2), 且可冲裁的材料厚度比复合冲裁时要大, 但连续冲裁受压机台面尺寸与工序数的限制, 冲裁工件尺寸不宜太大。

④ 模具制造、安装调整 and 成本 对形状复杂的工件, 采用复合冲裁比采用连续冲裁为宜。因模具制造和安装调整较易, 成本较低。

⑤ 操作方便与安全 复合冲裁出件或清除废料较困难, 工作安全性较差。连续冲裁较安全。综合上述分析, 对于一个工件, 可以得出多种工艺方案。必须对这些方案进行比较, 选取在满足工件质量与生产率的要求下, 模具制造成本低、寿命长、操作方便又安全的工艺方案。

(2) 冲裁顺序的安排

① 连续冲裁的顺序安排

a. 先冲孔或切口, 最后落料或切断, 将工件与条料分离。首先冲出的孔可作后续工序的定位用。在定位要求较高时, 则可冲出专供定位用的工艺孔, 如图 2-2 所示。

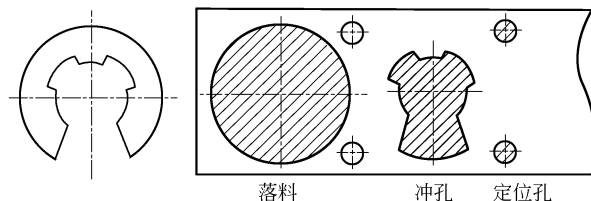


图 2-2 连续冲裁

b. 采用定距侧刃时, 安排定距侧刃切边工序与首次冲孔同时进行, 以便控制送料进距。采用两个定距侧刃时, 也可以安排成一前一后。

② 多工序工件用单工序冲裁时的顺序安排

a. 先落料使毛坯与条料分离, 再冲孔或冲缺口。后续各冲裁工序的定位基准要一致, 以避免定位误差和尺寸链换算。

b. 冲裁大小不同、相距较近的孔时, 为减少孔的变形, 应先冲大孔, 后冲小孔。

2.1.4 冲裁模设计中的有关计算

2.1.4.1 间隙的确定

(1) 间隙的确定方法

① 算法 通常可以用以下经验公式来计算

$$Z_{\min} = Kt$$

式中 $Z_{\min}$ ——最小间隙(双边);

K ——与材料厚度和性质有关的系数;

t ——材料的厚度。

系数 K 值随产品的要求不同而有差异。如汽车、拖拉机行业, 冲压件的精度要求一般 K 值可按如下选取:

对于软材料(如 08、10、黄铜、紫铜等), $K = 0.08 \sim 0.18$;

对于中硬材料(如 Q235、Q255、20、25 等), $K = 0.1 \sim 0.24$;

对于硬材料(如 50 等), $K = 0.12 \sim 0.27$, 其中薄料取下限。

电器仪表行业, K 值可按如下选取:

对于纸、布、皮革、石棉、橡胶、塑料, $K = 0.02$;

对于硬纸板、胶纸板、胶布板、云母片, $K = 0.03$;

对于铝、紫铜、纯铁, $K = 0.04$;

对于硬铝、黄铜、08、10 和其他低碳钢, $K = 0.05$ 。

② 查表法 按照算法选择间隙, 不易掌握, 因此, 在实际应用上常常采用查表法。读者可以查阅相关手册, 查询不同材料不同料厚对应的间隙值。

(2) 间隙方向的确定

间隙的方向是根据制件的要求和工序的性质来决定的。落料时, 制件尺寸决定于凹模尺寸, 故应以凹模为基准, 间隙取在凸模上。

冲孔时, 制件孔的尺寸决定于凸模尺寸, 间隙取在凹模上。

2.1.4.2 冲裁力的确定

计算冲裁力的目的是为了合理地选用压机和设计模具。压机的公称压力必须大于所计算的冲裁力, 以适应冲裁的要求。

影响冲裁力的因素很多, 主要有材料力学性能与厚度, 冲裁件周边长度, 模具间隙大小及刃口锋利程度等。

一般平刃口模具冲裁时,其冲裁力 P_0 可按下式计算

$$P_0 = F\tau = Lt\tau$$

式中 F ——剪切端面面积;

t ——材料厚度;

L ——冲裁周长;

τ ——材料抗剪强度。

考虑到模具刃口的磨损,凸、凹模间隙的波动,材料力学性能的变化,材料厚度偏差等因素,实际所需冲裁力还需增加30%。

2.2 冲裁模的典型结构

2.2.1 冲裁模的分类

冲模是对金属板材进行冲压加工以获得合格产品的工具。在冲压加工过程中,冲模的凸模与凹模直接接触被加工材料并相对作用使其产生塑性变形达到预期的零件。因此对冲模的要求如下。

- ① 冲模应具有足够的强度、刚度和相应的形状尺寸精度。
- ② 冲模主要零件应有足够的耐磨性及使用寿命。
- ③ 冲模的结构应确保操作安全、方便,便于管理与维修。
- ④ 冲模应有使材料顺利送进、工件方便取出、定位可靠的装置,以保证生产的工件质量稳定。
- ⑤ 为使冲模上下运动准确,需要有导向装置。
- ⑥ 冲模零件的加工和装配应尽可能简单,尽量采用标准件、通用件,以缩短模具的制造周期,降低成本。
- ⑦ 冲模的工作依赖压力机的运动和能力。冲模结构应与压力机的主要技术参数相适应。
- ⑧ 冲模应具有与压力机连接的部位,有搬运吊装部位,以适应安装和管理的需要。

冲模的种类如下。

- ① 从工艺性质分为冲裁模、弯曲模、拉深模、成形模等。
- ② 从工序组合分为单工序模、复合模、连续模。
- ③ 从材料送进方式分为手动送料模、半自动送料模、自动送料模。
- ④ 从适用范围分为通用模和专用模。
- ⑤ 从导向方式分为无导向模、板式导向模、滑动导柱模、滚动导柱模。

此外还可以从模具材料、尺寸大小、制造难易等来区分。通常大多按工艺和工序组合分类,如冲孔模、翻边模、落料拉深复合模等。

2.2.2 冲裁模的结构组成

冲模结构由五部分组成,即工作零件、辅助装置、导向装置、支承零件、紧固零件。其中工作零件和辅助装置是冲模设计的主要内容;导向装置、支承零件、紧固零件大多已标准化、商品化,设计时可根据需要选用。

(1) 工作零件

冲模的工作零件是凸模和凹模,在复合模中还有凸凹模。它们成对互相配合,完成对坯料的成形。它们的形状尺寸、尺寸精度、固定方法及材质处理等决定着冲模的性能、模具成本及使用寿命。