

“国家中等职业教育改革发展示范学校” 项目建设校本系列教材

模具技术

MOJU JISHU

主编 贾大明

 郑州大学出版社

模具技术

贾大明 主编

郑州大学出版社

• 郑州 •

图书在版编目(CIP)数据

模具技术/贾大明主编. —郑州: 郑州大学出版社, 2014. 6

“国家中等职业教育教学改革示范学校”项目建设校本系列教材

ISBN 978 - 7 - 5645 - 1465 - 5

I. ①模… II. ①贾… III. ①模具 - 中等专业学校 - 教材 IV. ①TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 113191 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人: 王 锋

全国新华书店经销

河南旺高印务有限公司印制

开本: 787 mm × 1 092 mm 1/16

印张: 15.25

字数: 364 千字

版次: 2014 年 6 月第 1 版

邮政编码: 450052

发行电话: 0371 - 66966070

印次: 2014 年 6 月第 1 次印刷

书号: ISBN 978 - 7 - 5645 - 1465 - 5 定价: 24.40 元

本书如有印装质量问题, 由本社负责调换

目 录

第一篇 模具结构与设计

第一章 冲压工艺及模具	3
第一节 冷冲压概述	3
第二节 冲裁	8
第三节 弯曲	19
第四节 拉深	26
第五节 成形工序介绍	32
第二章 塑料成型工艺及模具	35
第一节 概述	35
第二节 注射成型	37
第三节 压缩成型	44
第四节 挤出成型	50
第五节 吹塑成型	55
第三章 压铸成型工艺及模具	59
第一节 概述	59
第二节 压铸工艺	61
第三节 压铸模具	63

第二篇 模具零件加工

第四章 模具零件机械加工工艺规程	71
第一节 模具零件机械加工工艺规程的编制	71
第二节 模具制造的技术要求	74
第五章 模具零件的机械加工	80
第一节 模具结构零件的机械加工	80
第二节 凸模、型芯类模具零件的机械加工	98
第三节 型孔的加工	109

第四节 型腔的加工	118
第六章 模具零件的特种加工工艺及设备	132
第一节 电火花加工	132
第二节 电火花线切割加工概述	147
第三节 电化学加工	155

第三篇 模具 CAD/CAM

第七章 计算机辅助技术基础	163
第一节 CAD 技术基础	163
第二节 CAE 技术基础	164
第三节 CAPP 技术基础	165
第四节 CAM 技术基础	167
第五节 集成技术软件	167
第八章 Pro/E 模具设计	169
第一节 模具设计基础	169
第二节 模具型腔布局	176
第三节 模具分型面设计	184
第四节 模具分割与抽取	194
第五节 浇注系统与冷却系统	201
第六节 模具检测与开模	211
第七节 成型件结构设计	222
第八节 EMX 5.0 模架设计简介	232
参考文献	235



第一篇

模具结构与设计

第一章 冲压工艺及模具

模具工业是国民经济发展的重要基础工业之一,随着模具工业产业链的迅速发展,模具技术在生产中发挥着越来越重要的作用。利用模具将金属或非金属材料压制成形制造产品的方法已被广泛应用,通过本篇内容的学习可以对模具结构与设计方法有初步的了解。

模具是成形加工的基础。在现代机械制造工业及日用品、电子产品、轻工产品等生产中,用各种压力机和装在压力机上的专用工具通过压力把金属或非金属材料制成所需形状的零件或制品,这种专用工具统称为模具。

模具成型的方法与其他加工方法相比具有以下特点:

(1) 模具成型方法是少切屑、无切屑的先进成型方法,它具有节省能源、降低材料消耗的优点,制造的零件成本较低。

(2) 模具可成型形状复杂的零件,用模具制造的产品具有精度高、表面质量好及尺寸稳定等优点。

(3) 用模具制造的成型件是在压力作用下成形的,制件的组织致密,强度和刚度较高。

(4) 模具成型加工是在压力机或注塑机等成型设备驱动下进行的,其操作简便、生产效率高、易于实现机械化与自动化。

在模具成型加工中有许多成型方法,涉及许多内容。本章主要介绍模具成型加工中所涉及的冷冲压工艺、冲压材料、冲压设备及冲压模具等。

第一节 冷冲压概述

冷冲压加工是指在常温下利用压力机和冷冲压模具对金属板料或型材施加压力,使其产生塑性变形或断裂分离,从而得到所需形状和尺寸的零件,这样的加工工艺方法称为冷冲压加工,简称冲压。又因其加工对象多为金属板料,也称板料冲压。冲压所使用的成型工具为冷冲压模具,简称冲模。

一、冲压工艺的分类

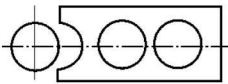
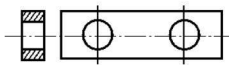
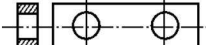
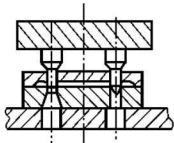
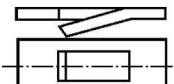
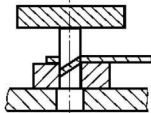
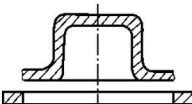
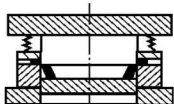
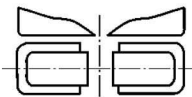
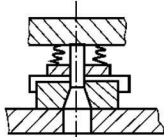
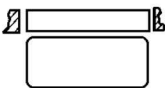
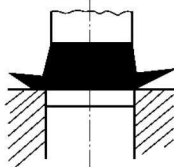
冲压加工的零件种类繁多,对零件的形状、尺寸、精度的要求也各有不同,从而冲压

成形的方法也是多种多样的。但是根据材料的变形特点,冲压工艺大致可分为分离工序和成形工序两大类;按冲压工序的内容又可分为冲裁、弯曲、拉深和翻边成形等工序;按完成冲压工艺过程可分为单工序、级进工序和复合工序。

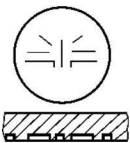
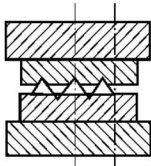
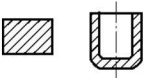
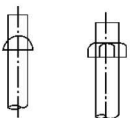
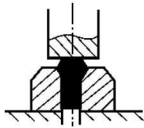
分离工序是在冲压过程中,使冲压件与坯料沿一定的轮廓线相互分离,同时冲压件分离断面的质量也要满足一定的要求。如切断、落料和冲孔等。

成形工序是使冲压坯料在不破坏的条件下发生塑性变形,转化成所要求的成品形状,同时也满足尺寸公差等方面的要求。如弯曲、拉深和翻边成形等。常用冲压工序分类及应用模具见表 1-1。

表 1-1 常用冲压工序分类及应用模具

类别	工序名称	工序简图	工序特征	模具简图
分离工序	落料		用落料模沿封闭轮廓冲裁板料或条料,冲掉部分是制件	
	冲孔		用冲孔模沿封闭轮廓冲裁工件或毛坯,冲掉部分是废料	
	切口		用切口模将部分材料切开,但并不使它完全分离,切开部分材料发生弯曲	
	切边		用切边模将坯件边缘的多余材料冲切下来	
	剖切		用剖切模将坯件弯曲件或拉深件剖成两部分或几部分	
	整修		用整修模去掉坯件外缘或内孔的余量,以得到光滑的断面和正确的尺寸	

续表 1-1

类别	工序名称	工序简图	工序特征	模具简图
立体成形工具	压印		用压印模使材料局部转移,以得到凸、凹的浮雕花纹和标记	
	冷挤压		用冷挤压模使金属沿凸、凹模间隙流动,从而使厚毛坯转变为薄壁空心件或横截面小的制品	
	顶镦		用顶镦模使金属体积重新分布及转移,以得到头部比(坯件)杆部粗大的制件	

二、冲压工艺的特点

冲压是一种少切屑或无切屑的加工工艺,材料利用率很高。冲压产品的尺寸精度是由模具保证的,质量稳定,一般不需再经机械加工即可使用,在冲压过程中材料表面不受破坏。它是集表面质量好、重量轻、操作简便、生产率高、成本低、易于实现机械化与自动化于一身的加工方法。因此,在现代工业生产中得到广泛应用。

冲压模具是冲压工艺中必不可少的工艺装备,一般一个冲压零件需要用几副模具才能加工成形。产品的形状、尺寸、精度都是靠模具来保证的,产品的更新必须以模具的更新为基础,因此模具制造是机械加工工业中的一个重要组成部分。

三、冲裁模结构的组成

按模具零件的不同作用,可将冲裁模结构分为工艺零件和结构零件两大类。工艺零件是指在完成工序时,与材料或制件直接发生接触的零件;结构零件是指在模具制造和使用中起装配、安装作用的零件,以及在制造和使用中起导向作用的零件。冲裁模结构的组成及其零件的作用见表 1-2。

表 1-2 冲裁模结构的组成及其零件的作用

零件种类			零件名称	零件作用
模具基本结构	工艺零件	工作零件	凸模	完成板料的分离成型
			凹模	
			凸凹模	
			刃口镶块	
		定位零件	定位销(板)	确定条料(坯件)在冲模中的正确位置
			挡料销(板)	
			导正销	
			导料板	
			定位侧刃	
			侧压器	
		压料、卸料、顶出零件	压边圈	使零件从条料分离后,将零件从冲模中卸下来,而拉深模的压边圈起防止失稳起皱作用
			卸料板	
			顶出器	
			顶销	
			推杆	
			推板	
			废料刀	
	结构零件	导向零件	导柱	保证上、下模的正确位置,以保证冲压精度
			导套	
			导板	
			导块	
		支承及支持零件	上、下模板	连接固定工作零件,使之成为完整的模具结构
			模柄	
			固定板	
			垫板	
			限位器	
		紧固零件	螺钉、圆柱销	紧固、连接各类零件,圆柱销起稳固定位作用

四、冲压设备

1. 压力机的分类

在冲压生产中,常用压力机为冲压工艺提供冲压动力。压力机种类繁多,按传动方式分类,主要有机械压力机和液压压力机。生产中最常见、应用最多的是机械压力机。机械压力机又可分为曲轴压力机和摩擦压力机,曲轴压力机应用更为广泛。曲轴压力机如图 1-1 所示,曲轴压力机的工作原理如图 1-2 所示。

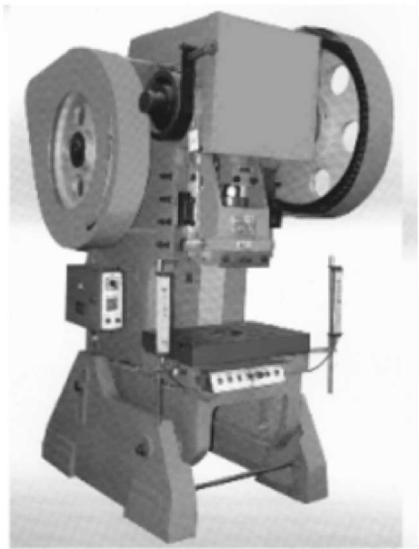


图 1-1 曲轴压力机

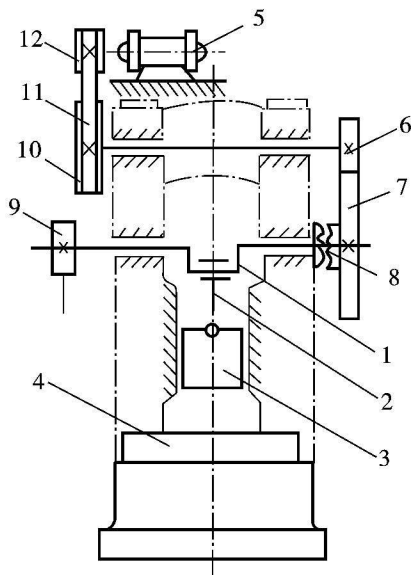


图 1-2 曲轴压力机工作原理

1 - 曲轴; 2 - 连杆; 3 - 滑块; 4 - 工作台; 5 - 电动机; 6 - 小齿轮; 7 - 大齿轮; 8 - 离合器; 9 - 制动器; 10 - 大带轮; 11 - V 带; 12 - 小带轮

2. 压力机的主要技术参数

(1) 公称压力 压力机滑块离下止点前某一特定距离或曲轴旋转到离下止点前某一特定角度时,滑块上所允许承受的最大压力。我国压力机的公称压力已经系列化。

(2) 滑块行程 滑块从上止点到下止点所经过的距离,最大数值是曲轴长度的 2 倍。其数值大小随工艺用途和公称压力不同而不同。

(3) 冲压次数 滑块每分钟从上止点到下止点再回到上止点所往复的次数。反映了曲轴压力机的工作频率。普通压力机冲压次数一般为每分钟 60 ~ 150 次,高速压力机冲压次数可达每分钟千次以上。

(4) 闭合高度 压力机的装模高度。滑块运动到下止点,滑块底平面与压力机工作台面之间的距离(H)。由于连杆的高度可以调节,所以闭合高度可以改变,即可以从最小闭合高度调节到最大闭合高度。

(5) 工作台面尺寸 工作台面的外形(长×宽)尺寸及中间漏料孔的尺寸。决定了安装模具下模座的尺寸范围和落料制件或废料的允许尺寸。

(6) 模柄孔尺寸 滑块下平面中心处安放模具模柄的圆孔直径及模柄孔深尺寸。

(7) 装模高度 滑块移动到下止点时,滑块平面到工作台面的高度。此高度可以通过调节螺杆进行调整。在最大闭合高度状态时的装模高度为最大装模高度,在最小闭合高度状态时的装模高度为最小装模高度。

(8) 连杆调节长度 曲轴压力机的连杆长度可以调节,通过改变连杆的长度而改变压力机闭合高度,以适应不同闭合高度模具的安装要求。

(9) 电动机功率 压力机的电动机功率应大于冲压时所需要的功率。

五、常用冲压材料

1. 常用冲压材料的基本要求

冲压工艺适用于多种金属材料及非金属材料。金属材料包括钢、铜、铝、镁、镍、贵重金属及各种合金。非金属材料包括各种纸板、纤维板、塑料板、皮革和胶合板等。一般来讲,冲压所用材料不仅要满足工件的技术要求,同时也必须满足冲压工艺要求。

(1) 冲压件的功能要求 冲压件必须具有一定的强度、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,例如电磁性、防腐性、传热性和耐热性等。

(2) 冲压工艺的要求 冲压件不仅要有良好的塑性,还应具有良好的表面状态且材料的厚度公差和材质应符合国家标准。例如,塑性良好的材料可以获得理想的断面质量,加工时不易破裂,同时不易擦伤模具并减少退火次数等。

2. 常用冲压材料的性能

常用金属冲压材料以板料和带料为主。棒材一般仅适用于挤压、切断、成形等工序。带钢一般适合于大批量生产的自动送料,其优点是有足够的长度,可以提高材料利用率;缺点是开卷后需要整平。钢材的生产工艺有很多种,冷轧、热轧、连轧和往复轧等。一般厚度在 4 mm 以下的钢板用热轧或冷轧,厚度在 4 mm 以上的钢板用热轧。同一种钢板,由于轧制方法不同,其冲压性能会有很大差异。冷轧钢板的尺寸精确,表面缺陷少,表面光亮,而且内部组织细密,因此冷轧板制品一般不能用热轧板制品代替。连轧钢板一般具有较大的纵横方向纤维差异,有明显的各向异性。单张往复轧制的钢板,各向均有相应程度的变形,纵横异向差别较小,冲压性能更好。

常用非金属材料有胶木板、橡胶和塑料板等,一般塑性较差仅适用于分离工序。

第二节 冲 裁

冲裁是利用冲裁模在压力机作用下,使板料沿封闭曲线相互分离的成形方法。冲裁后若是封闭曲线以内的部分为工件,称为落料;若是封闭曲线以外的部分为工件,称为冲孔。

冲裁件种类繁多,各种冲裁件如图 1-3 所示。

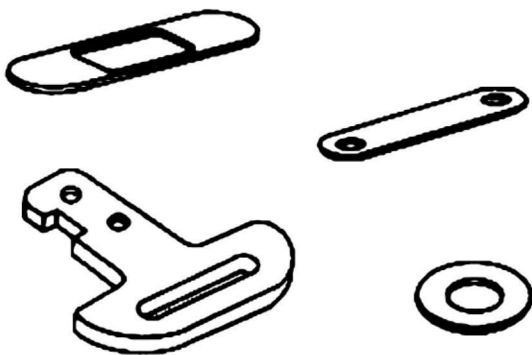


图 1-3 各种冲裁件

简单冲裁模如图 1-4 所示。上模部分由模柄、凸模等组成,下模部分由凹模、下模座等组成。上模部分通过模柄安装在压力机的滑块上,随滑块做上、下运动。下模部分通过下模座固定在压力机工作台的垫板上。将板料置于凹模上,当凸模随滑块向下运动时,凸模便冲穿板料进入凹模,使板料互相分离而完成冲裁工序。

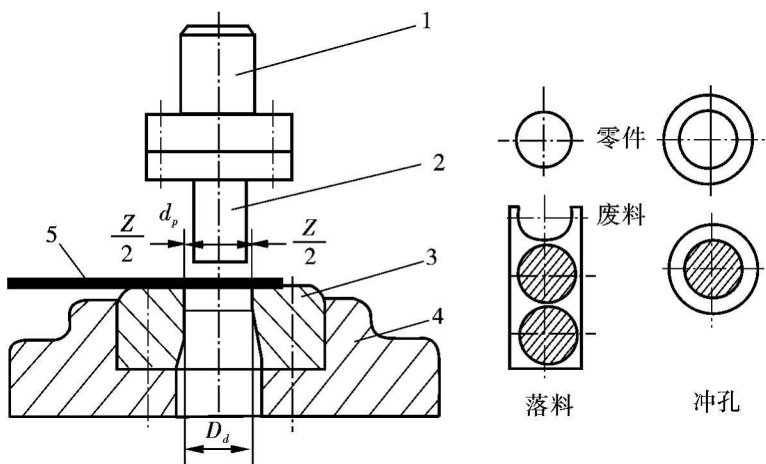


图 1-4 简单冲裁模

1 - 模柄; 2 - 凸模; 3 - 凹模; 4 - 下模座; 5 - 板料

一、冲裁工艺

1. 冲裁的变形过程

在冲裁过程中,冲裁的变形过程是从凸模接触材料到材料被一分为二的过程,即板料的冲裁变形过程是在瞬间完成的。这个过程大致可分为三个阶段,如图 1-5 所示。

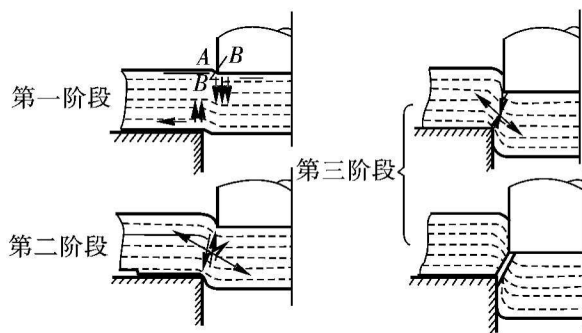


图 1-5 冲裁的变形过程

(1) 弹性变形阶段 冲裁开始,在凸模压力和弯矩的作用下,材料开始产生弹性压缩、弯曲、拉深和挤压等变形,材料稍有穹弯,在凸、凹模接触处形成很小的圆角,并微微挤入凹模洞口。随着凸、凹模刃口压入材料,刃口处的材料所受的应力逐渐增大,直至达到弹性极限。在这一阶段中,因材料内部的应力没有超过弹性极限,处在弹性变形状态。若使凸模回升,材料就可恢复原状。

(2) 塑性变形阶段 凸模继续下压,刃口处由于应力集中,材料应力首先达到屈服强度材料开始产生剪切变形,塑性变形便从刃口附近开始。随着凸、凹模刃口的挤入,材料变形抗力不断增加,变形拉力不断上升,直到在板料的整个厚度方向上产生塑性变形,变形区的一部分相对于另一部分移动。随着凸模下降,塑性变形进一步产生,同时硬化加剧,冲裁力不断增大,直到刃口附近的材料出现裂纹时,冲裁力达到最大值,塑性变形阶段告终。在该阶段,除产生大的剪切变形外,弯曲、拉深和挤压变形也很严重。间隙越大,弯曲和拉深越大,而挤压变形则减小;反之,间隙越小,弯曲和拉深越小,挤压变形则增大。

(3) 断裂分离阶段 当刃口附近材料达到材料破坏应力时,材料裂纹便产生了。裂纹的起点是在刃口侧面距刃尖很近的板料处,裂纹先从凹模一侧开始,然后才在凸模刃口侧面产生,已产生的上、下微小裂纹随凸模继续下压,在拉应力作用下,沿最大剪应力方向不断向板料的内部扩展。当间隙合理时,上、下裂纹相遇重合,板料便被剪断分离。

冲裁分离后零件的断面与零件的平面并非完全垂直,而是带有一定的锥度。冲裁断面特征如图 1-6 所示。其冲裁断面特征由毛刺、断裂带、光亮带(剪切带)和塌角带(圆角带)四部分组成。这四部分在冲裁断面上所占的比例随材料的机械性能、料厚、刃口锐钝、模具结构及凸凹模间隙等不同而变化。塑性差的材料,断裂倾向严重,断裂带增宽,光亮带、圆角带所占比例较小,毛刺也较小,塑性好的材料则相反。对于同一种材料这四部分的比例也随料厚、间隙、刃口锋利程度、模具结构以及零件轮廓形状的不同而变化。要想提高冲裁断面质量,可通过增加光亮的高度,或采用整形工序来实现。增加光亮高度的关键是通过延长塑性变形阶段,推迟裂纹的产生。

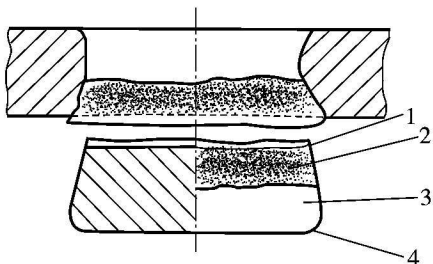


图 1-6 冲裁断面特征

1 - 毛刺; 2 - 断裂带; 3 - 光亮带; 4 - 圆角带

2. 冲裁间隙

冲裁间隙是指凸、凹模刃口的间隙。凸、凹模工作部分的外形轮廓为封闭曲线。凹模孔口直径比凸模略大,即凸、凹模间存在间隙。双向间隙常表示为 $Z = D_d - d_p$, 单向间隙常表示为 $\frac{Z}{2}$ 。从冲裁过程分析中可知,凸、凹模间隙对冲裁断面质量有极重要的影响。

此外,冲裁间隙对冲裁件尺寸公差、模具寿命、冲裁力、卸料力和推料力等也有很大影响。因此,冲裁间隙是一个非常重要的工艺参数。

3. 冲裁件的排样

冲裁件在条料上的布置形式称为排样。表达冲裁件冲裁进程的图称排样图。排样图能直接反映出冲裁的材料利用率、生产效率、模具结构等内容。

冲裁排样有两种分类方法:

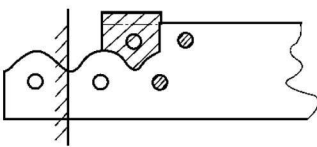
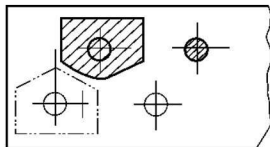
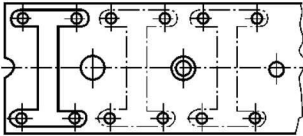
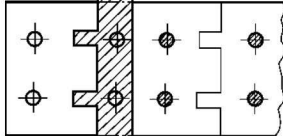
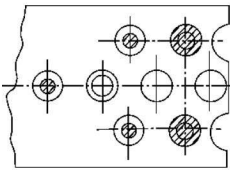
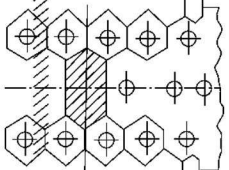
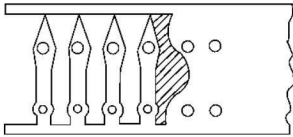
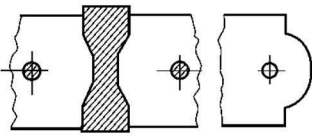
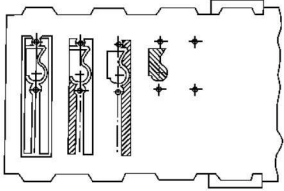
一是从废料角度来分,可分为有废料排样、少废料排样和无废料排样。

二是按制件在材料上的排列形式来分,可分为直排法、斜排法、对排法、混合排法、多行排法和搭边冲裁法等多种形式。冲裁排样形式分类示例见表 1-3。

表 1-3 冲裁排样形式分类示例

排样形式	有废料排样	少废料排样和无废料排样	适用范围
直排			方形、矩形零件
斜排			椭圆形、T 形、Γ 形、S 形零件

续表 1-3

排样形式	有废料排样	少废料排样和无废料排样	适用范围
对排法			梯形、三角形、半圆形、T形、ω形、π形零件
混合排			材料与厚度相同的两种以上的零件
多行排			大批量生产中尺寸不大的圆形、六角形、方形、矩形零件
搭边冲裁			细长零件
			细长零件

排样时制件与制件之间、制件与条料侧边缘之间留下的余料叫搭边。搭边的作用是补偿条料的定位误差,保证冲出合格的制件。搭边还可以使条料保持一定的刚度,便于送料。

搭边是废料,从节省材料出发,搭边值应越小越好。但过小的搭边容易挤进凹模,增加刃口磨损,降低模具寿命,并且也影响冲裁件的剪切表面质量。一般来说,搭边值是由经验确定的。

合理的排样应是在保证制件质量、有利于简化模具结构的前提下,以最少的材料消耗冲出最多数量的合格制件。采用何种排样形式应根据制件的形状、材料种类、制件精度、批量大小、材料利用率和模具结构等内容进行综合分析。

4. 其他冲裁

通常称冲孔和落料是单工序冲裁,为了提高冲裁生产效率和工件精度,也可将冲孔