



普通高等教育创新型人才培养规划教材



书中所有视频可
通过UC浏览器
扫描二维码下载

模具设计与制造项目化教程

MUJU SHEJI YU ZHIZAO
XIANGMUHUA JIAOCHENG



配有课件和视频

主 编 张永春
副主编 张石银 蒋月静



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



普通高等教育创新型人才培养规划教材

模具设计与制造项目化教程

主 编 张永春

副主编 张石银 蒋月静



北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书以培养学生实际应用能力为主线,以项目为导向,引入模具设计与制造的典型案例项目,将相关理论知识融入实际项目。全书分为冷冲压模具设计、塑料模具设计和模具制造3个模块,共包含7个项目;以具有代表性的冲裁模设计和注射模设计为主,兼有模具制造的装配,突出实践性、实用性和针对性。附录中附有冲裁模和注射模拆装实验指导书,为学生动手实践提供方便。

本书是高等院校应用型本科(含专升本、中职升本、高中升本)机械类专业教材,亦可作为从事模具设计、制造的工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

模具设计与制造项目化教程 / 张永春主编. -- 北京 :
北京航空航天大学出版社, 2018. 3

ISBN 978 - 7 - 5124 - 2517 - 0

I. ①模… II. ①张… III. ①模具—设计—教材②模
具—制造—教材 IV. ①TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 325998 号

版权所有,侵权必究。

模具设计与制造项目化教程

主 编 张永春

副主编 张石银 蒋月静

责任编辑 王 实 胡玉娟

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:goodtextbook@126.com 邮购电话:(010)82316936

北京时代华都印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1 092 1/16 印张:14 字数:367 千字

2018 年 3 月第 1 版 2018 年 3 月第 1 次印刷 印数:2 000 册

ISBN 978 - 7 - 5124 - 2517 - 0 定价:35.00 元

前 言

为了使高等学校机械类专业的学生在专业课程学习的基础上,了解并掌握模具设计、制造的基本知识和技能,编者在多年从事教学和生产实践的基础上,以教育部《关于引导部分地方普通本科高校向应用型转变的指导意见》文件精神为指导思想,根据高等学校应用型本科人才培养的要求,结合当前模具技术在企业中的应用情况,参考了大量有关模具设计与制造方面的书籍和技术资料,并与企业的专业人士进行了广泛深入的合作与交流,编写了本书。

本书的内容主要由冷冲模和塑料模两大类模具组成。冷冲模介绍冲裁、弯曲、拉深3种类型模具,并以冲裁模为主;塑料模介绍热塑性和热固性两大类典型的塑料注射模和压缩模,以注射模为主。

本书的结构为模块→项目→任务。全书分为3个模块,共包含7个项目,35个任务。其中,任务分为任务实施和知识链接,任务实施中所引用的公式和图表的序号均指任务的知识链接中的相关内容。

本书针对应用型本科机械类专业学生的特点,以培养学生实际应用能力为主线,以项目为导向,引入典型模具项目,将相关理论知识融入实际项目中,以冷冲模和塑料模的设计为主,兼有模具制造;突出实践性、实用性和针对性,淡化学科体系的完整性,注重学生应用能力的培养和专业综合水平的提升。附录中附有冷冲模和塑料模拆装实验指导书,为学生动手实践提供方便。

本书由大连海洋大学应用技术学院张永春任主编,瓦房店轴承集团张石银、大连海洋大学应用技术学院蒋月静任副主编,大连海洋大学应用技术学院谢英杰、冯进成、荣治明参编。其中,绪论由张永春编写,模块一的项目一由冯进成、荣治明编写,模块一的项目二、三由谢英杰编写,模块二的项目一由张永春、蒋月静编写,模块二的项目二由冯进

成编写,模块三由张永春、张石银编写,附录由荣治明编写。全书由张永春负责统稿和定稿。

编者在编写本书的过程中参阅了相关文献,同时也得到了瓦房店轴承集团、盘起工业(瓦房店)有限公司等企业的大力支持,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不当和错误之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2018 年 3 月



配套资料(视频)

本书所有视频均可通过 UC 浏览器扫描二维码免费下载,读者也可以通过以下网址下载:<https://pan.baidu.com/s/1jJRu41g>。若有与视频下载或本书相关的其他问题,请咨询北京航空航天大学出版社理工图书分社,电话:(010)82317037,邮箱:goodtextbook@126.com。视频版权归本书作者所有,侵权必究。

目 录

绪 论	1
0.1 模具及模具工业在工业生产中的地位	1
0.2 模具技术的发展趋势	1
0.3 模具的分类	3
思考与训练	4
模块一 冷冲压模具设计	5
项目一 冲裁模设计	5
任务一 冲裁件的工艺性分析	5
任务二 冲裁工艺方案的确定	14
任务三 模具总体结构方案的确定	17
任务四 排样设计与计算	22
任务五 冲压力与压力中心的计算	28
任务六 冲裁模零部件设计、选用及计算	31
任务七 冲压设备的选取	58
任务八 绘制冲裁模总装图和零件图	60
项目二 弯曲模设计	63
任务一 弯曲件的工艺性分析	63
任务二 弯曲工艺方案的确定	65
任务三 模具总体结构方案的确定	68
任务四 弯曲模零部件的设计、选用及计算	74
任务五 压力设备的选取	80
项目三 拉深模设计	82
任务一 拉深件的工艺性分析	82
任务二 拉深工艺方案的确定	83
任务三 模具总体结构方案的确定	95
任务四 拉深模零部件的设计、选用及计算	98
任务五 压力设备的选取	107
思考与训练	109
模块二 塑料模具设计	112
项目一 注射模设计	112
任务一 塑件分析	112
任务二 塑件基本参数的计算和注射机的选取	126
任务三 注射模总体结构方案的确定	130
任务四 注射模成型零部件的设计、选用及计算	168
任务五 注射机有关工艺参数的校核	172

任务六 绘制注射模总装图和零件图·····	177
项目二 压缩模设计·····	178
任务一 塑件分析·····	178
任务二 压缩模总体结构方案的确定·····	179
任务三 压力机的选取·····	182
任务四 压缩模零部件的设计、选用及计算·····	185
任务五 绘制压缩模总装图和零件图·····	192
思考与训练·····	193
模块三 模具制造·····	195
项目一 冲裁模装配·····	195
任务一 冲裁模零部件装配·····	195
任务二 冲裁模总装·····	203
任务三 试模·····	205
项目二 注射模装配·····	205
任务一 注射模零部件装配·····	205
任务二 注射模总装·····	211
任务三 试模·····	212
思考与训练·····	213
附录 冷冲模和塑料模拆装实验指导书·····	214
实验一 冷冲模拆装实验·····	214
实验二 塑料模拆装实验·····	215
参考文献·····	216

绪 论

0.1 模具及模具工业在工业生产中的地位

模具是利用其特定形状去成型具有一定形状和尺寸的制品的工具,是工业生产中使用的重要工艺装备。在现代工业生产中,模具作为一种高附加值和技术密集型产品,由于具有加工效率高、互换性好、质量好、节约能源和原材料等一系列优点,是其他新产品制造方式所不能比拟的,因而得到了广泛应用。模具技术水平的高低也已成为衡量一个国家制造水平的重要标志之一。

模具工业有“不衰亡工业”之称,是工业发展的基础。随着机械、汽车、电子、航空航天、建筑和轻工等行业的发展,由模具成型的产品需求量越来越大,质量要求也越来越高,这就对相应的模具技术水平提出了更高的标准和要求。因此,模具设计水平的高低、模具制造能力的强弱以及模具质量的优劣,都直接影响着许多新产品的开发和老产品的更新换代,影响着各种产品质量的改善、经济效益的增长以及整体工业水平的提高。

目前,在汽车、电子、通信和日用品等行业中,有 80% 左右的产品是需要由模具来加工成型的。美国工业界认为“模具工业是美国工业的基石”,日本称“模具是进入富裕社会的原动力”,在欧美其他一些发达国家则把模具工业称为“磁力工业”。工业发达国家,其模具工业年产值早已超过机床行业的年产值。近几年,世界模具市场总体上供不应求,市场需求量已超过千亿美元,我国模具产业总产值则保持了 15% 的年增长率。由此可见,模具工业在各国国民经济中的重要地位。

据有关资料统计,在国内外模具工业中,冲压模占模具总量的 40% 左右,塑料模近年来发展迅速,也占到模具总量的近 40%,压铸模占模具总量的 10%~15%,粉末冶金模、陶瓷模等其他各类模具占模具总量的 10% 左右。

0.2 模具技术的发展趋势

随着模具生产产品种类的不断增多、质量要求越来越高,对模具的设计水平、制造水平以及选材等方面均提出了越来越高的要求。下面仅就模具的设计、制造和模具的选材等方面,简单介绍一下模具技术的发展趋势。

1. 模具 CAD/CAE/CAM 技术的广泛应用

模具 CAD/CAE/CAM 技术是模具技术发展的一次革命。它可以使工程技术人员借助于计算机对产品性能、模具结构、成型工艺、数控加工及生产管理进行设计和优化。将模具 CAD、CAE 和 CAM 有机结合在一起,实现集成化、智能化、网络化和标准化,让用户在统一的环境中实现协同作业,充分发挥各自的优势和功效,实现信息的综合管理与共享,从而支持模具设计、制造、装配、检验、测试及生产管理的全过程,达到高质量、高效率、低成本的目标,以适应用户对产品个性化的追求。

经过了近 20 年的发展,模具 CAD/CAE/CAM 技术取得了一定的成效。今后在一定时期内,模具 CAD/CAE/CAM 技术将在模具设计、制造过程中进一步完善,得到更深入、更广泛的应用。

2. 模具制造技术的高效、快速化

随着模具制造技术的发展,先进的模具加工技术、加工设备不断出现,模具制造手段越来越丰富,水平越来越高。

快速原型制造(RPM)技术是综合运用计算机辅助设计技术、数控技术、激光成型技术和新材料技术的一种全新制造技术,采用分层增材制造的新概念取代了传统的去材或变形法加工,是当代最具有代表性的制造技术之一。利用快速成型技术不需任何工装,可快速自动完成复杂工件的制造。采用此法制造模具,从模具的概念设计到制造完成,仅为传统制造方法所需时间的 $1/3$ 和成本的 $1/4$,减少了产品开发风险,缩短了研制周期,降低了制造成本。

在模具的开发过程中,引入一种先进的产品开发设计方法,从已有的产品着手,避开烦琐的原型设计阶段,这就是逆向工程技术。它是用一定的测量手段对模具实体或模型进行测量,获得表面的空间数据,然后根据所测量的数据通过三维几何建模的方法重构模具的 CAD 模型,再输送到 CAM 系统进行数控编程,最后完成模具的加工制造。采用逆向工程技术,大大缩短了模具的设计制造周期,优化了模具研发制造过程,提高了模具设计质量,增强了模具企业快速应变市场的能力。

近年来,高速铣削加工技术在模具加工中得到进一步应用,其主轴转速已达 $15\,000 \sim 100\,000\text{ r/min}$,进给速度高达 80 m/min ,空运行速度可达 100 m/min ;在加工精度方面,加工精度已由 $10\text{ }\mu\text{m}$ 提高到 $5\text{ }\mu\text{m}$,精密级加工中心则从 $3 \sim 5\text{ }\mu\text{m}$ 提高到 $1 \sim 1.5\text{ }\mu\text{m}$ 。高速切削加工具有加工效率高、工件温升小、热变形小和加工过程平稳等优点。目前,高速铣削加工已向更高的集成化、敏捷化和智能化方向发展。

3. 模具的精密化、复杂化和大型化

随着模具生产产品应用领域的不断扩大,大型的甚至超大型的、微型的、复杂的和精密的产品,其生产用的模具也需要相应地向大型化、复杂化和精密化方向发展。这类模具从设计到制造难度较大,需要先进的设计制造技术。除此之外,对相应的成型设备也提出了很高的要求。

4. 模具的智能化

目前,在塑料模具和压铸模具行业,已经出现了模具型腔的压力、温度、流量和冷却过程的智能控制的模具。模具加工装备的智能化也正在迅速推进模具的智能化制造。

5. 优质模具材料的研发和先进热处理技术的应用

在模具的设计和制造过程中,模具材料的选取关系到模具的制造工艺、模具的使用寿命、被加工件的质量以及制造成本等重要问题。国内外模具材料的研究工作者在分析模具的工作条件、失效形式和如何提高模具使用寿命等问题的基础上进行了大量的研究工作,并已开发出了许多具有良好使用性能和加工性能、热处理变形小、导热性优异的新型模具材料,如预硬钢、马氏体时效钢和耐腐蚀钢等。

模具热处理是模具制造过程中很重要的一道工序,是模具材料能否发挥其最佳性能的关键。模具热处理的发展方向是采用真空热处理,模具表面处理则在进一步研究传统的渗碳、渗氮和渗铬等表面处理方法的基础上,发展了工艺先进的气相沉积、等离子喷涂等表面处理技术。

6. 提高模具标准化水平

模具标准化水平的高低标志着模具工业的发展水平。模具标准化是实现模具专业化生产的前提,也是提高劳动生产率,缩短模具制造周期,提高模具质量,降低成本的一个重要条件。当前发达国家的模具标准件使用覆盖率已达到 80% 左右,我国模具标准件使用覆盖率则达到 40% 左右。为推动模具工业快速发展,模具标准化程度必将会进一步提高。

0.3 模具的分类

在各种材料加工工业中广泛使用着各种模具,按成型的对象和方式来分,模具大致可分为三类:① 金属板料成型模具,如冷冲压模具;② 金属体积成型模具,如压铸模、锻造模、粉末冶金模等;③ 非金属材料成型模具,如塑料模具、玻璃模具、陶瓷模具等。其中,冷冲压模具和塑料模具应用最广,约占模具总量的 80%。本书就针对这两种类型的模具加以介绍。

1. 冷冲压模具的分类

冷冲压模具(又称冷冲模)是指在冷冲压加工过程中,将材料(金属或非金属)加工成冲件(或零件)的一种工艺装备,是实现冷冲压加工必不可少的工艺装备。

冷冲模的分类方法很多,常用的有以下几种:

- ① 按工序性质分类,可分为冲裁模、弯曲模、拉深模和成型模等。
- ② 按模具工序组合程度分类,可分为单工序模、级进模(又称连续模)和复合模。
- ③ 按模具的导向性质分类,可分为无导向模(又称开式模)、有导向的导板模和有导向的导柱模。

2. 塑料成型模具的分类

不同的塑料成型方法使用原理和结构各不相同的塑料成型模具。按照塑料制件成型方法的不同,可将塑料成型模具分为以下几类。

(1) 注射成型模具

注射成型模具简称注射模,又称注塑模。注射模为塑料注射成型所用的模具。注射成型是将塑料原料先加入到注射机的料筒内,经过加热熔融成粘流态,在注射机螺杆或柱塞的推动下,经喷嘴注入模具型腔,塑料在模具型腔内硬化定型。注射模主要用于热塑性塑料的成型,但近年来也有越来越多的热固性塑料采用该方法成型。注射成型在塑料成型生产中占有很大比重,塑料模具约半数以上为注射模。

(2) 压缩成型模具

压缩成型模具简称压缩模、压模,又称压制模。压缩模为塑料压缩成型所采用的模具。压缩成型是将塑料原料直接加在敞开的模具型腔内,再将模具闭合,在加热和压力作用下,塑料呈流动状态并充满型腔,然后由于化学或物理变化使塑料固化(或硬化)定型。压缩模多用于热固性塑料的成型,也有少部分用来成型热塑性塑料。另外,还有不加热的冷压成型模具,用于成型聚四氟乙烯坯件等。

(3) 压注成型模具

压注成型模具又称传递成型模具,简称压注模、传递模。压注模是压注成型所采用的模具。压注成型是将塑料原料加入到预热的加料室,使其受热熔融,在压柱或柱塞压力作用下,塑化熔融的塑料经模具浇注系统被压入闭合的型腔,塑料在型腔内继续受热受压而固化成型。

压注模多用于热固性塑料的成型。

(4) 挤出成型模具

挤出成型模具又称挤出成型机头或模头。挤出成型模具是挤出成型所采用的模具。挤出成型是将挤出的处于粘流态的塑料在高温高压下,通过具有特定截面形状的机头口模,然后在较低温度下定型,以生产具有一定截面形状连续型材。几乎所有的热塑性塑料和部分热固性塑料均可采用挤出成型。

(5) 中空吹塑成型模具

中空吹塑成型模具是中空制品吹塑成型所采用的模具。中空吹塑成型是将挤出或注射出的处于半熔融态的管状型坯,趁热置于闭合的模具型腔内,向型坯内部通入压缩空气,使其膨胀并紧帖于模具型腔壁上,经冷却定型后就成了具有一定形状和尺寸精度的中空制品。热塑性塑料一般都能进行中空吹塑,但满足中空吹塑成型要求的并不多,目前应用得最广的是聚乙烯和热塑性聚酯。

(6) 真空和压缩空气成型模具

真空和压缩空气成型模具均为一单独的阴模或阳模。真空成型和压缩空气成型有许多地方是相同的。

真空成型是将预先制成的塑料片材周边紧压在模具周边上,在两者之间形成封闭的空腔,加热使塑料软化,然后在空腔内抽真空,使塑料片材紧贴到模具型腔表面,冷却定型即可得到塑料制品。

压缩空气成型也是将预先制成的塑料片材周边紧压在模具周边上,在两者之间形成封闭的空腔,加热使塑料软化,然后在空腔内充入压缩空气,使塑料片材紧贴到模具型腔表面,冷却定型即可得到塑料制品。

除了上述介绍的几种常用的塑料模具外,还有泡沫塑料成型模具、玻璃纤维增强塑料低压成型模具等。

思考与训练

1. 模具及模具工业在工业生产中起什么作用?
2. 简介模具发展的趋势。
3. 模具如何分类?

模块一 冷冲压模具设计

项目一 冲裁模设计

● 项目描述

冲裁如图 1-1 所示链条的链板,材料为 45Mn2,厚度 $t=2\text{ mm}$,大批量生产,试确定冲裁工艺方案并设计冲裁模。

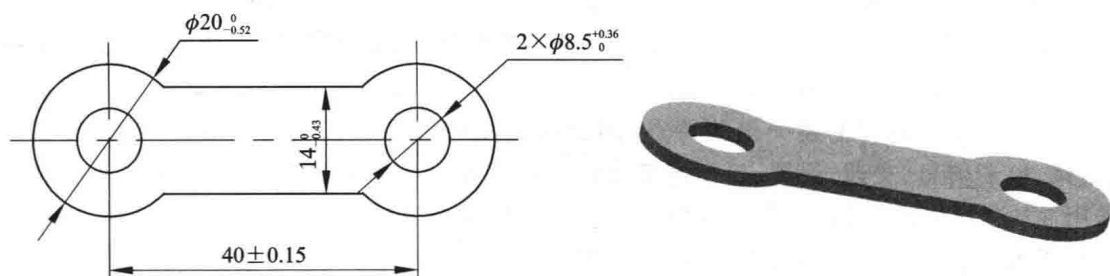


图 1-1 链条的链板

任务一 冲裁件的工艺性分析

任务实施

1. 冲裁件材料

冲裁件所用材料为 45Mn2,属于中碳调质钢,强度、耐磨性和淬透性均较高,调质后具有良好的综合力学性能,其冲裁加工性较好。

2. 冲裁件结构

从链板的零件图可知,该零件结构相对简单,左右对称,仅有落料、冲孔两个工序特征,零件的外形轮廓采用圆角光滑连接,因此适合于冲裁。

3. 冲裁件尺寸精度

冲裁件有两个 $\phi 8.5$ 的孔,孔与边缘之间的距离也满足要求,最小距离为 5.75 mm ,工件的尺寸公差为 IT14 级,尺寸精度较低,普通冲裁完全能满足要求。

外形尺寸: $\phi 20_{-0.52}^0, 14_{-0.43}^0$ 。

内形尺寸: $\phi 8.5_{+0.36}^0$ 。

孔中心距: 40 ± 0.15 。

根据以上分析,该零件的工艺性较好,适合冲裁加工。

知识链接

一、冷冲压的概念及特点

机械制造中的塑性加工方法主要有锻造和冲压两类。冲压属于板料成形,是利用模具在



冷冲压加工

压力机作用下,使金属板料产生分离或变形,以获得一定形状和尺寸的零件(以下统称工件)的加工方法。由于板料冲压在常温下进行,故也常称为冷冲压。在冷冲压加工中,将材料(金属或非金属)加工成冲压件的工艺装备称为冷冲压模具。在冲压件的生产中,合理的冲压成型工艺、先进的模具、高效的冲压设备是必不可少的三要素。

冷冲压与其他机械加工方法相比,在技术和经济方面有如下特点:

① 冲压加工的生产效率高,且操作方便,对工人的要求也不高,易于实现机械化与自动化。普通压力机每分钟可生产几十件零件,高速压力机每分钟可生产几百件甚至上千件零件。所以它是一种高效率的加工方法。

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 冲压可加工出尺寸范围较大、形状较复杂的零件,小到仪表零件,大到汽车覆盖件,还可获得其他加工方法难以制造的壁薄、重量轻、刚性好、表面质量高、形状复杂的零件。

④ 冲压加工一般不需要加热毛坯,也不像切削加工那样,大量切削金属,所以它不但节能,而且节约金属,冲压件的成本较低。

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广泛应用。例如,航空航天、机械、电子信息、交通、兵器、日用电器及轻工等产业都有冲压加工。不但在工业生产中广泛采用冲压工艺,而且可以说每个人每天都直接与冲压产品发生联系。

冲压可制造钟表及仪器的小零件,也可制造汽车、拖拉机的大型覆盖件。冲压材料可使用黑色金属、有色金属以及某些非金属材料。

但是,冲压加工所使用的模具多为专用工具,有时一个复杂的零件需要多副模具才能加工成型,且模具的制造精度高、技术要求高、成本高。所以,只有在冲压件生产批量较大的情况下,冲压加工的优点才能充分体现,从而获得较好的经济效益。此外,冲压还存在一些缺点,主要是在冲压加工时产生的噪声和振动。这些问题并不完全是冲压工艺及模具本身带来的,而主要是由于传统的冲压设备落后造成的。随着科学技术的进步,这些问题一定会得到解决。

二、常用冲压材料

1. 材料的种类

常用冲压材料一般可分为三大类:黑色金属材料、有色金属材料和非金属材料。

(1) 黑色金属

黑色金属主要有普通碳素结构钢、优质碳素结构钢、合金结构钢、碳素工具钢、不锈钢、电工硅钢等。优质碳素结构钢板主要用于成形复杂的弯曲件和拉深件。

对冷轧钢板,按轧制精度(钢板厚度精度)可分为 A 级和 B 级:A 级——较高精度;B 级——普通精度。

对厚度 4 mm 以下的冷轧薄钢板,根据 GB/T 13237—1991 规定:表面质量可分为 I(高级的精整表面)、II(较高级的精整表面)、III(普通的精整表面)三组。按拉深级别又分为 Z(最深拉深级)、S(深拉深级)、P(普通拉深级)三级。

(2) 有色金属

有色金属包括有纯铜、黄铜、青铜和铝等。常用的有色金属主要有黄铜板(带)和铝板等。

(3) 非金属材料

非金属材料主要有纸板、胶木板、橡胶板、塑料板、纤维板和云母等。

2. 材料的规格

冲压用材料大部分是各种规格的板料、带料、条料和块料。

板料的尺寸较大,用于大型零件的冲压。主要规格有 500 mm×1 500 mm,900 mm×1 800 mm,1 000 mm×2 000 mm 等。

条料是根据冲压件的需要,由板料剪裁而成,用于中、小型零件的冲压。

带料(又称卷料)有各种不同的宽度和长度,成卷状供应的主要是薄料,适用于大批量生产的自动送料。

块料一般用于单件小批生产和价值昂贵的有色金属的冲压,并广泛用于冷挤压。

关于材料的牌号、规格和性能,可查阅有关设计资料 and 标准。表 1-1 列出了常用冷冲压材料的机械性能,从表中数据,可以近似判断材料的冲压性能。

表 1-1 冷冲压常用材料的机械性能

材料名称	牌 号	材料状态	力学性能			
			抗剪强度 τ /MPa	抗拉强度 σ_b /MPa	屈服点 σ_s /MPa	伸长率 δ /%
普通碳素钢	Q195	未经退火	255~314	315~390	195	28~33
	Q235		303~372	375~460	235	26~31
	Q275		392~490	490~610	275	15~20
碳素结构钢	08F	已退火	230~310	275~380	180	27~30
	08		260~360	215~410	200	27
	10F		220~340	275~410	190	27
	10		260~340	295~430	210	26
	15		270~380	335~470	230	25
	20		280~400	355~500	250	24
	35		400~520	490~635	320	19
	45		440~560	530~685	360	15
	50		440~580	540~715	380	13
不锈钢	1Cr13	已退火	320~380	440~470	120	20
	1Cr18Ni9Ti	经热处理	460~520	560~640	200	40
铝	1060,1050A, 1200	已退火	80	70~110	50~80	20~28
		冷作硬化	100	130~140	—	3~4
硬铝	2A12	已退火	105~125	150~220	—	12~14
		淬硬并经 自然时效	280~310	400~435	368	10~13
		淬硬后冷 作硬化	280~320	400~465	340	8~10
纯铜	T1,T2,T3	软	160	210	70	29~48
		硬	240	300	—	25~40
黄铜	H62	软	260	294~300	—	3
		半硬	300	343~460	200	20
		硬	420	≥ 12	—	10
	H68	软	240	294~300	100	40
		半硬	280	340~441	—	25
		硬	400	392~400	250	13

三、冲裁工艺

冲裁是利用模具使板料沿着一定的轮廓形状产生分离的一种冲压工序。冲裁工序的种类很多,常用的有切断、落料、冲孔、切口、剖切、修边等。但一般来说冲裁主要是指落料和冲孔。若使材料沿封闭曲线相互分离,封闭曲线以内的部分作为冲裁件时,称为落料;而封闭曲线以外的部分作为冲裁件时,称为冲孔。例如冲制平面垫圈,冲其外形的工序称为落料,冲其内孔的工序称为冲孔。

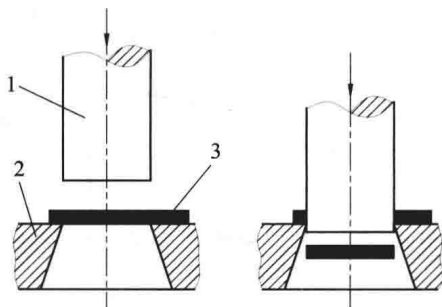
冲裁是冲压工序中最基本的工序之一,其应用非常广泛,它既可直接冲制成品零件,又可为其他成型工序制备坯料。

根据变形机理不同,冲裁可分为普通冲裁和精密冲裁。这里主要介绍普通冲裁。

冲裁所使用的模具称为冲裁模,如落料模、冲孔模、切边模和冲切模等。

1. 冲裁过程分析

图 1-2 所示为普通冲裁示意图,凸模 1 与凹模 2 具有与冲裁件轮廓相同的锋利刃口且相互之间保持均匀合适的间隙。冲裁时,板料 3 置于凹模上方,当凸模随压力机滑块向下运动时,冲穿板料进入凹模,使冲裁件与板料分离,从而完成冲裁工作。从凸模接触板料到板料相互分离是在瞬间完成的。冲裁变形过程大致可分为三个变形阶段。



1—凸模;2—凹模;3—板料

图 1-2 普通冲裁示意图

(1) 弹性变形阶段

如图 1-3(a)所示,当凸模接触板料并下压时,在凸、凹模压力作用下,板料开始产生弹性压缩、拉伸和弯曲等复杂变形。这时,凸模略微挤入板料上部,板料下部也略微挤入凹模洞口,并在凸、凹模刃口接触处形成很小的圆角。同时板料稍有穹弯,材料越硬,凸、凹模刃口间隙越大,穹弯越严重。随着凸模的下压刃口附近板料所受的应力逐渐增大,直至到达弹性极限,弹性变形阶段结束。

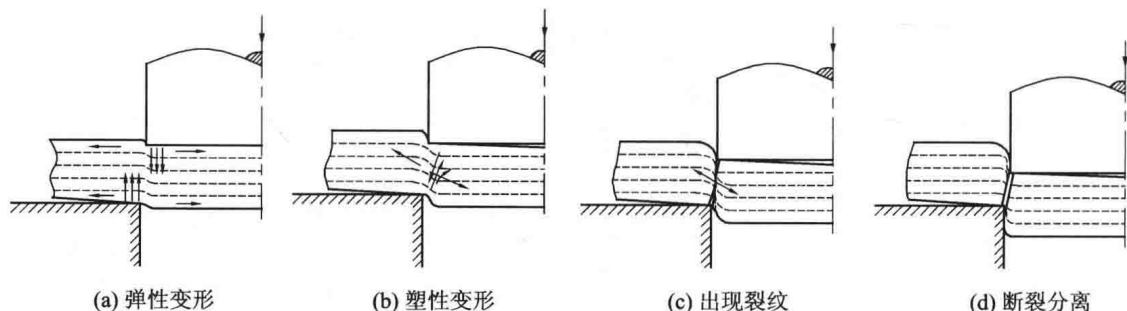


图 1-3 冲裁变形过程

(2) 塑性变形阶段

当凸模继续下压,使板料变形区的应力达到塑性变形条件时,开始进入塑性变形阶段,如图 1-3(b)所示。这时,凸模挤入板料和板料挤入凹模的深度逐渐增大,产生塑性剪切变形,形成光亮的剪切断面。随着凸模的下降,塑性变形程度增加,变形区材料硬化程度加剧,变形

抗力不断上升,冲裁力也相应增大,直到刃口附近的应力达到抗拉强度时,塑性变形阶段结束。由于凸、凹模间隙的存在,此阶段中冲裁变形区还伴随着弯曲和拉伸变形,且间隙越大,弯曲和拉伸变形也越大。

(3) 断裂分离阶段

当板料内的应力达到抗拉强度后,凸模再向下压时,则在板料上与凸模、凹模刃口接触的部位先后形成裂纹,如图 1-3(c)所示。裂纹的起点一般在距刃口很近的侧面,且一般先在凹模刃口附近的侧面产生,然后才在凸模刃口附近的侧面产生。随着凸模的继续下行,已产生的上、下裂纹将沿最大剪应力方向不断向板料内部扩展,当上、下裂纹重合时,板料被剪断分离,如图 1-3(d)所示。随后,凸模将分离的材料推入凹模洞口,至此,冲裁变形过程结束。

2. 冲裁件的工艺性

冲裁件的工艺性是指冲裁件对冲裁工艺的适应性,即冲裁加工的难易程度。良好的冲裁工艺性是指在满足冲裁件使用要求的前提下,能以最简单、最经济的冲裁方式加工出来。因此,在编制冲压工艺规程和设计模具之前,应对冲裁件的形状、尺寸和精度等方面进行分析。从工艺角度分析冲裁件设计得是否合理,是否符合冲裁的工艺要求。

(1) 冲裁件的结构工艺性

① 冲裁件的形状应力求简单、规则,有利于材料的合理利用,以便节约材料,减少工序数目,提高模具寿命,降低冲裁件成本。

② 冲裁件的内、外形转角处要尽量避免尖角,应以圆弧过渡,以便于模具加工,减少热处理开裂,减少冲裁时尖角处的崩刃和过快磨损。冲裁件的最小圆角半径可参照表 1-2 选取。

表 1-2 冲裁件最小圆角半径

工 序	圆弧角度 A	最小圆角半径/mm			
		黄铜、铝	低碳钢	合金钢	备 注
落料	$\alpha \geq 90^\circ$	$0.18t$	$0.25t$	$0.35t$	≥ 0.25
	$\alpha < 90^\circ$	$0.35t$	$0.50t$	$0.70t$	≥ 0.50
冲孔	$\alpha \leq 90^\circ$	$0.20t$	$0.30t$	$0.45t$	≥ 0.30
	$\alpha < 90^\circ$	$0.40t$	$0.60t$	$0.90t$	≥ 0.60

注: t 为料厚。

③ 尽量避免冲裁件上过于窄长的凸出悬臂和凹槽,否则会降低模具寿命和冲裁件质量,如图 1-4 所示。一般情况下,悬臂和凹槽的宽度 $B \geq 1.5t$ (t 为料厚,当料厚 $t < 1 \text{ mm}$ 时,按 $t = 1 \text{ mm}$ 时计算);当冲裁件材料为黄铜、铝、低碳钢时, $B \geq 1.5t$;当冲裁件材料为高碳钢时, $B \geq 2t$ 。悬臂和凹槽的深度 $L \leq 5B$ 。

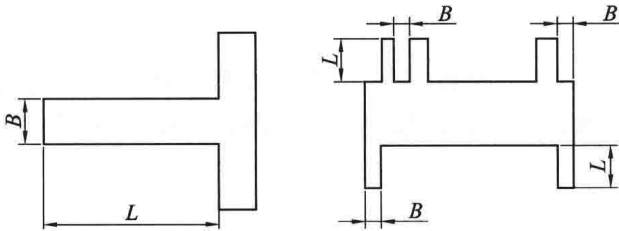


图 1-4 冲裁件的悬臂与凹槽

④ 冲孔时,因受凸模强度的限制,孔的尺寸不应太小。冲孔的最小尺寸取决于材料凸模强度和模具结构等。

⑤ 冲裁件的孔与孔之间、孔与边缘之间的距离,受模具强度和冲裁件质量的制约,其值不应过小,一般要求 $c \geq (1 \sim 1.5)t$, $c' \geq (1.5 \sim 2)t$,如图 1-5(a)所示。在弯曲件或拉深件上冲孔时,为避免冲孔时凸模受水平推力而折断,孔边与直壁之间应保持一定的距离,一般要求 $L \geq R + 0.5t$,如图 1-5(b)所示。

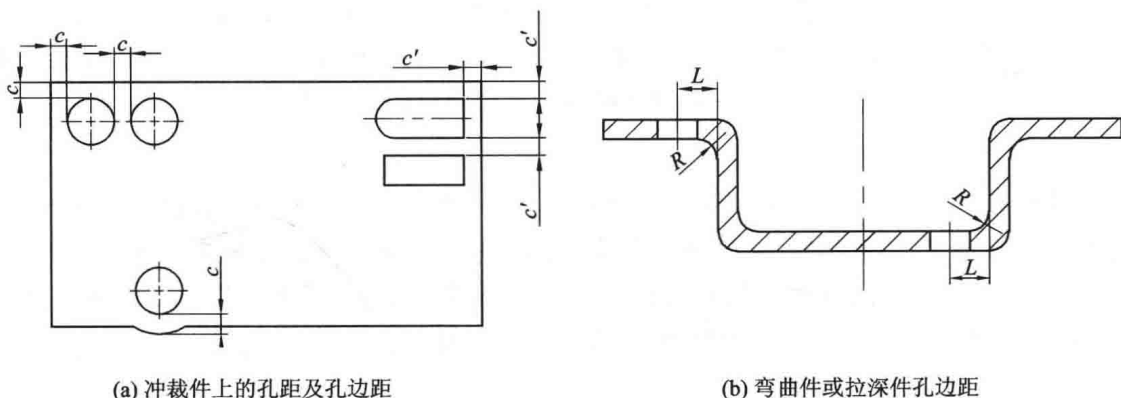


图 1-5 冲压件上的孔距及孔边距

(2) 冲裁件的精度和断面质量

1) 冲裁件的精度

冲裁件的经济公差等级不高于 IT11 级,一般要求落料件公差等级最好低于 IT10 级,冲孔件最好低于 IT9 级。此外,冲裁件的尺寸公差标注及基准的选择应尽可能与模具设计基准一致,以减小误差。

2) 冲裁件的断面质量

冲裁件的断面粗糙度及毛刺高度与材料塑性、材料厚度、冲裁间隙、刃口锋利程度、冲裁模结构及凸、凹模工作部分表面粗糙度等因素有关。用普通冲裁方式冲裁厚度为 2 mm 以下的金属板料时,其断面粗糙度 Ra 一般可达到 $12.5 \sim 3.2 \mu\text{m}$,毛刺的允许高度见表 1-3。

表 1-3 普通冲裁毛刺的允许高度

	mm				
料厚 t	≤ 0.3	$>0.3 \sim 0.5$	$>0.5 \sim 1.0$	$>1.0 \sim 1.5$	$>1.5 \sim 2$
试模时	≤ 0.015	≤ 0.02	≤ 0.03	≤ 0.04	≤ 0.05
生产时	≤ 0.05	≤ 0.08	≤ 0.10	≤ 0.13	≤ 0.15

3. 冲裁件的质量

(1) 冲裁件的质量

冲裁件的质量是指冲裁件的断面质量、尺寸精度和形状误差。冲裁件的断面应尽可能垂直、光滑、毛刺小;尺寸精度应保证在图纸规定的公差范围以内;冲裁件外形应符合图纸要求,表面应尽可能平直。

1) 冲裁件的断面质量

冲裁件断面呈明显的四个特征区,即塌角带、光亮带、断裂带和毛刺,如图 1-6 所示。

① 塌角带 α 该区域的形成主要是当凸模刃口刚压入板料时,刃口附近的材料产生弯曲