

★ 服务热线: 400-615-1233
★ 配套精品教学资料包
★ www.huatengedu.com.cn

高等职业教育机械设计与制造系列精品教材

高等职业教育机械设计与制造系列精品教材

▶ “互联网+”创新型教材

冷冲压工艺与模具设计

AR (增强现实)

冷冲压工艺与模具设计

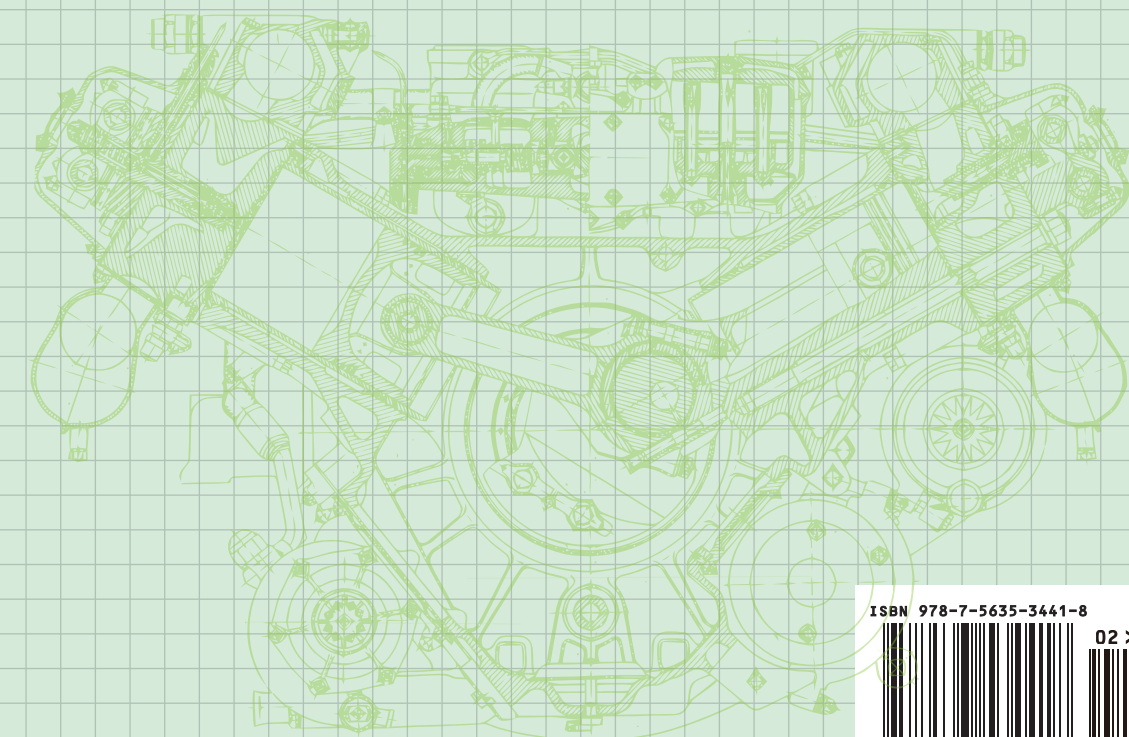
朱正才 主编
柯旭贵 主审

冷冲压工艺与模具设计

北京邮电大学出版社



X-A



定价: 45.00元

将“互联网+”思维融入教材中
以信息化技术为手段加以体现
传统与创新的融合,理论和实践的统一
采用AR技术打造实时互动的教学环境

策划编辑: 马子涵
责任编辑: 滕 耘
封面设计: 黄燕美



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

高等职业教育机械设计与制造系列精品教材

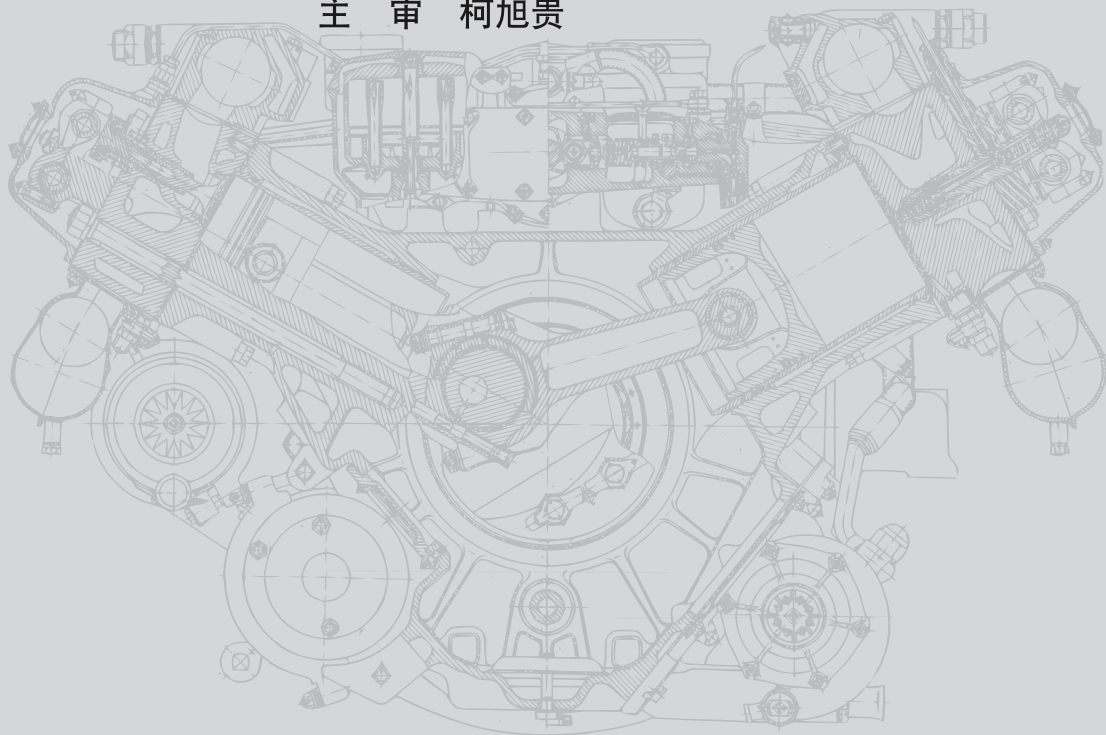
▶ “互联网+”创新型教材

冷冲压工艺与 模具设计

主 编 朱正才

副主编 石玉香 刘良瑞 陈 军

主 审 柯旭贵



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

本书以模具设计工作过程作为主线,采用任务驱动方式进行编写。本书共有五个任务,即垫圈冲压加工方法选择、托板冲裁工艺设计、托板冲裁模具设计、支架弯曲工艺与模具设计、多孔杯拉深工艺与模具设计。其中冲裁工序是弯曲、拉深等工序的基础,涵盖广泛的内容,所以在编排上分两个任务来实施。

本书可作为模具设计与制造专业的教材,也可作为机械相关专业的教学参考书或为相关工程技术人员提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

冷冲压工艺与模具设计/朱正才主编. -- 北京:北京邮电大学出版社,2013.4(2023.7重印)

ISBN 978-7-5635-3441-8

I. ①冷… II. ①朱… III. ①冷冲压—生产工艺 ②冲模—设计 IV. ①TG38

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 057602 号

策划编辑:马子涵 责任编辑:滕 耘 封面设计:黄燕美

出版发行:北京邮电大学出版社

社 址:北京市海淀区西土城路 10 号

邮政编码:100876

发 行 部:电话:010-62282185 传真:010-62283578

E-mail: publish@bupt. edu. cn

经 销:各地新华书店

印 刷:大厂回族自治县聚鑫印刷有限责任公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:14.25 插页 1

字 数:359 千字

版 次:2013 年 4 月第 1 版

印 次:2023 年 7 月第 7 次印刷

ISBN 978-7-5635-3441-8

定 价:45.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

服务电话:400-615-1233

CONTENTS

目 录

任务一 垫圈冲压加工方法选择 1

任务目标	1
任务描述	1
基础知识	2
一、冷冲压的特点及应用	2
二、冷冲压工艺的分类	3
三、冲压材料	6
四、冷冲压成形设备	10
任务实施	16
思考与练习	17

任务二 托板冲裁工艺设计 18

任务目标	18
任务描述	18
基础知识	18
一、概述	18
二、冲裁变形过程分析	19
三、冲裁变形时板料变形区应 力状态分析	20
四、冲裁件断面的四个特征区	22
五、冲裁件断面质量及其影响 因素	23
六、冲裁间隙	25
七、冲裁模刃口尺寸计算	30
八、冲压力与压力中心计算	34
九、排样设计	39
十、送料步距与条料宽度的计算	43
十一、冲裁工艺设计	46

十二、冲压工艺文件	50
任务实施	52
思考与练习	57

任务三 托板冲裁模具设计 60

任务目标	60
任务描述	60
基础知识	60
一、冲裁模的结构认识	60
二、冲裁模的分类	60
三、单工序冲裁模的典型结构	61
四、多工序冲裁模的典型结构	70
五、模具主要零件的结构设计与 标准的选用	76
六、定位零件的结构与设计	84
七、卸料与出件零件结构与设计	91
八、模架的结构	98
九、冲裁模零件的材料	101
任务实施	102
思考与练习	109

任务四 支架弯曲工艺与模具设计 ... 113

任务目标	113
任务描述	113
基础知识	114
一、弯曲变形分析	114
二、弯曲变形时的应力—应变 状态分析	116
三、弯曲件的质量分析	117

四、弯曲时的回弹	119	一、概述	159
五、弯曲时的偏移	126	二、拉深变形原理	160
六、弯曲件的结构工艺性	127	三、拉深件质量控制	164
七、弯曲件毛坯展开尺寸的计算 ...	130	四、拉深工艺计算	166
八、弯曲力的计算	131	五、筒形件以后各次拉深特点 及方法	185
九、弯曲件的工序安排	132	六、拉深工艺的计算	186
十、弯曲模工作部分结构参数 的确定	133	七、拉深模结构设计	191
十一、弯曲模结构认识	136	八、拉深模工作部分的结构 及尺寸	198
任务实施	147	任务实施	204
思考与练习	154	思考与练习	213
任务五 多孔杯拉深工艺与模具 设计	158	附录	216
任务目标	158	参考文献	223
任务描述	158		
基础知识	159		

任务一

垫圈冲压加工方法选择



任务目标

垫圈是机械中常用的零件之一,是用冷冲压的加工方法制造出来的。不同形状、不同材料、不同生产批量的零件具有不同的加工方法,因此需要技术人员根据产品特点及工艺要求,选择不同的加工方法。本任务的目的是训练学生掌握常用冷冲压加工方法。任务实施中,学生需了解各种不同的冷冲压工序,并针对不同的零件选择相应的冷冲压加工方法;同时掌握冷冲压常用材料的种类和性能,能合理地选择冷冲压材料,并熟悉常用的冷冲压设备。



任务描述

如图 1-1 所示垫圈,材料为 Q235,材料厚度 t 为 2 mm,冲件精度等级为 IT14 级,采用大批量生产。试分析其加工方法。

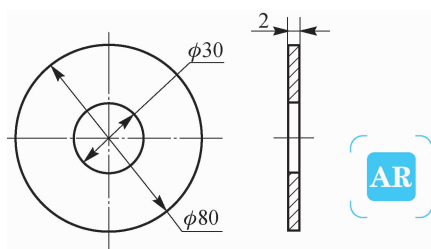


图 1-1 垫圈

基础知识

一、冷冲压的特点及应用

1. 冷冲压的概念

冲压是利用冲压模具,在压力机的作用下,对材料施加压力,使其产生分离或变形,从而获得一定形状、尺寸和性能并能满足一定使用要求的零件的加工方法。由于冲压加工通常是在室温下完成,因而又称为冷冲压。又由于它主要用于加工板料零件,所以有时也称为板料冲压。冷冲压是压力加工的主要方法之一,是机械制造中先进的加工方法。

冲压工艺是指对冲压加工的具体方法(各种冲压工序的总和)和技术经验,以文字及表格的形式进行描述的加工工艺。

在冲压加工中,冲压模具是其必不可少的工艺装备。没有先进的冲压模具,先进的冲压工艺就无法实现。

如图 1-2 所示为冲压加工简图,平板毛坯在拉深凸模和凹模压力的作用下,冲制出开口空心的筒形件。

2. 冷冲压加工的三要素

冲压工艺与模具、冲压设备和冲压材料构成冷冲压加工的三要素,它们之间的相互关系如图 1-3 所示。

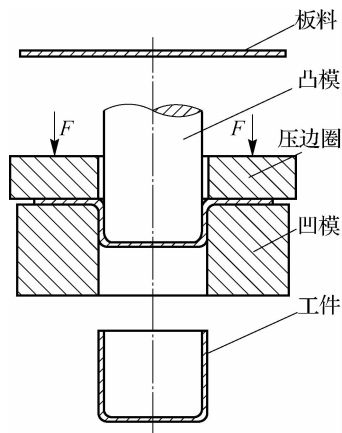


图 1-2 冲压加工简图

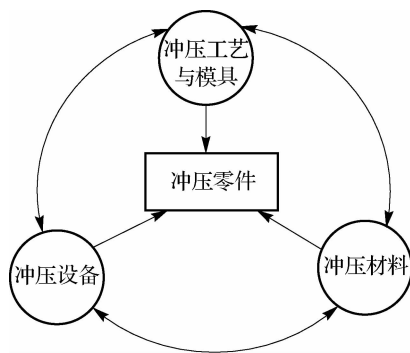


图 1-3 冷冲压加工三要素关系图

3. 冷冲压工艺的特点及应用

1) 冷冲压工艺的特点

与其他加工方法相比,冷冲压工艺无论在技术方面还是在经济方面都具有许多优点,主要表现在以下几个方面。

(1) 用冷冲压加工方法可以得到形状复杂且用其他加工方法难以加工的工件,如薄壳零件等。

(2)冷冲压加工是靠模具成形的,质量稳定,互换性好,尺寸精度高,一般可达 IT14~IT10 级,最高可达 IT6 级。

(3)冷冲压的材料利用率高,工件重量轻,刚性好,强度高,冲压过程耗能少。因此,工件成本较低。

(4)用冷冲压加工操作简单,劳动强度低,易于实现机械化和自动化,生产效率高。

冷冲压的不足之处:对于批量较小的制件,模具费用一定时,单个工件成本明显增高,所以一般要有经济批量,同时,模具需要一个生产准备周期;冷冲压生产时会产生噪声和振动,劳动保护措施不到位时,还存在安全隐患;冷冲压工件的精度取定于模具精度,如零件的精度要求过高,用冲压生产就难以达到。

因此,冷冲压生产一般用于成批、大量生产。

2)冷冲压工艺的应用

由于冷冲压工艺有许多突出的优点,因而在机械制造、电子、电器等各行业中都得到了广泛的应用。据粗略统计,在汽车制造中有 60%~70%的零件是采用冷冲压工艺制成的,冷冲压生产所占的劳动量为整个汽车制造业劳动量的 25%~30%。在机电及仪器、仪表生产中有 70%~80%的零件是采用冷冲压工艺来完成的。在电子产品中,冷冲压工件的数量占零件总数的 85%以上。另外,在许多先进的工业国家里,冷冲压生产和模具工业都得到高度的重视。例如,美国和日本,模具工业的产值已超过机床工业。模具工业成为重要的产业部门,而冷冲压生产则成为生产优质先进机电产品的重要手段。

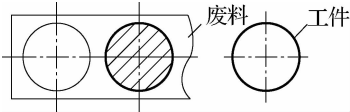
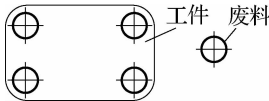
二、冷冲压工艺的分类

由于零件形状、尺寸、精度、批量要求和原材料性能等的不同,冷冲压加工的方法也多种多样,概括起来主要有以下几种分类方法。

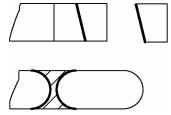
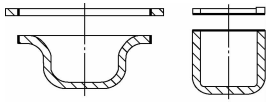
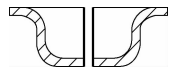
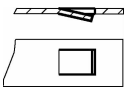
1. 按变形性质分

(1)分离工序。分离工序是指将冲压件或毛坯沿一定的轮廓相互分离,从而形成一定形状的零件。分离工序主要包括落料、冲孔、切断、切边、剖切等,见表 1-1 所示。

表 1-1 分离工序

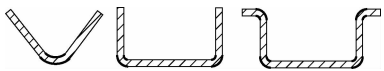
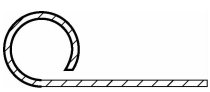
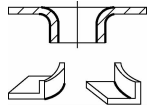
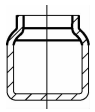
工序名称	工序简图	工序特点及应用范围
落料		将板料沿封闭轮廓分离,冲下部分是工件
冲孔		将板料沿封闭轮廓分离,冲下部分是废料

续表

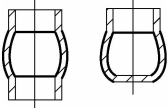
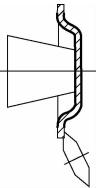
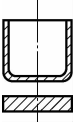
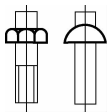
工序名称	工序简图	工序特点及应用范围
切断		将板料沿不封闭轮廓分离
切边		将工件边缘的多余材料切下来
剖切		将冲压成形的半成品切开成为两个或两个以上工件
切舌		沿不封闭轮廓将部分板料切开并使其下弯

(2) 变形工序。变形工序是指在材料不产生破坏的前提下使毛坯发生塑性变形,使之成为所需要形状及尺寸的制件。变形工序主要包括弯曲、拉深、起伏和冷挤压等,见表 1-2 所示。

表 1-2 变形工序

工序名称	工序简图	工序特点及应用范围
弯曲		将板料沿弯曲线弯成各种角度和形状
卷边		将板料端部弯成接近封闭的圆筒形
拉深		将板料毛坯冲制成各种开口空心件
翻边		将工件上的孔边缘或外缘翻成竖立的直边
缩口		将空心件或管状毛坯的径向尺寸缩小

续表

工序名称	工序简图	工序特点及应用范围
扩口		将空心件或管状毛坯的端部径向尺寸扩大
胀形		将空心件或管状毛坯的局部向外扩张,胀出所需要的凸起曲面
起伏		在板料或工件表面上制成各种形状的凸起或凹陷
旋压		在旋转状态下用辊轮使毛坯逐步成形
冷挤压		使金属沿凸、凹模间隙或凹模模口流动,从而使厚毛坯转变为薄壁空心件或横断面不等的半成品
顶镦		将杆状坯料局部镦粗

2. 按变形区受力性质分

(1) 伸长类成形。其变形区最大主应力为拉应力,破坏形式为拉裂,特征是变形区材料厚度减薄,如胀形。

(2) 压缩类成形。其变形区最大主应力为压应力,破坏形式为起皱,特征是变形区材料厚度增厚,如拉深。

3. 按基本变形方式分

(1) 冲裁。冲裁是指使板料实现分离的冲压工序。

(2) 弯曲。弯曲是指将金属板料沿弯曲线弯成一定的角度和形状的冲压工序。

(3) 拉深。拉深是指将平面板料变成各种开口空心件,或者把空心件的尺寸做进一步改变的冲压工序。

(4) 成形。成形是指用各种不同性质的局部变形来改变毛坯形状的冲压工序,如翻边、胀形、缩口、扩口等。

(5) 立体压制(体积冲压)。立体压制是指将金属板料体积重新分布的冲压工序。

三、冲压材料

冲压所用的材料是生产中必不可少的主要要素之一。冲压生产中所使用的材料相当广泛,为了满足不同产品的使用要求,必须选用合适的材料;而从冲压工艺本身出发,又对冲压材料提出冲压性能方面的要求。因此,冲压材料的选择既要符合产品使用性能,也要满足冲压工艺的要求,同时选用合适的冲压材料也是生产合格冲压件的重要条件之一。

1. 冲压成形性能及其试验方法

1) 冲压成形性能

材料对各种冲压成形方法的适应能力称为材料的冲压成形性能。材料的冲压成形性能好,就是指其便于冲压成形加工,单个冲压工序的极限变形程度和总的极限变形程度大,生产率高,成本低,容易得到高质量的冲压件。冲压成形性能是一个综合性的概念,它包括抗破裂性、贴模性和定形性。

(1) 抗破裂性涉及材料在各种冲压成形工艺中的最大变形程度,即成形极限。极限拉深系数、极限胀形系数和极限翻边系数等都与材料的抗破裂性有关。材料的成形性能越好,其抗破裂性也越好,成形极限就越高。

(2) 贴模性是指材料在冲压过程中取得模具形状的能力。在冲压成形过程中,由于各方面因素的影响,材料会产生内皱、翘曲、塌陷和鼓起等几何面缺陷,使贴模性降低。

(3) 定形性是指零件脱模后保持其在模内既得形状的能力。影响定形性的诸因素中,回弹是最主要的因素,零件脱模后,常因回弹过大而产生较大的形状误差。

贴模性和定形性是决定零件形状尺寸精度的重要因素。研究和提高材料的贴模性和定形性对提高冲压件质量,尤其是汽车覆盖件等大而复杂零件的成形质量是有益的。而在目前的冲压生产和材料生产中,仍主要用抗破裂性作为评定材料冲压成形性能的指标。

2) 冲压成形性能的试验方法

现在有很多种材料冲压成形性能的试验方法,概括起来可以分为间接试验和直接试验两类。

(1) 间接试验。间接试验方法有拉伸试验、剪切试验、硬度试验、金相试验等,其中拉伸试验简单易行,虽然试验时试样的受力情况和变形特点与实际冲压变形有一定的差别,但研究表明,这种试验能从不同角度反映材料的冲压成形性能,因此材料的拉伸试验是一种很重要的试验方法。

材料的拉伸试验方法是在待试验材料的不同部位和方向上截取试样,制成如图 1-4 所示的拉伸试验用的试样,然后在万能材料试验机上进行拉伸。拉伸过程中,应注意加载速度不能过快,开始拉伸时可按 5 mm/min 以下的速度加载,当材料开始屈服时应进行间断加载,并随时记录载荷大小和试样截面尺寸。开始缩颈后宜改用手动加载,并争取记录载荷及试样截面尺寸一两次。根据试验结果,可以得到应力与伸长率之间的关系曲线,即拉伸曲线,如图 1-5 所示。

拉伸试验所得到的拉伸曲线表示材料力学性能的指标与冲压成形性能有密切的关系,其中几项指标说明如下。

① 伸长率。单向拉伸试验时,试样出现缩颈之前最大应力时的伸长率称为最大力总伸长率 A_{gt} ;试样拉断之前的伸长率称为总伸长率 A_t (包括 A_{gt})。一般来讲, A_t 和 A_{gt} 大,材料

允许的塑性变形程度大,抗破裂性也较好。

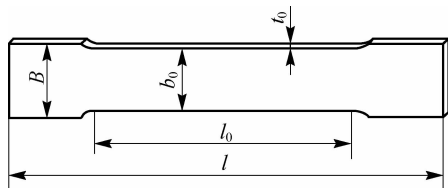


图 1-4 拉伸试验用的试样

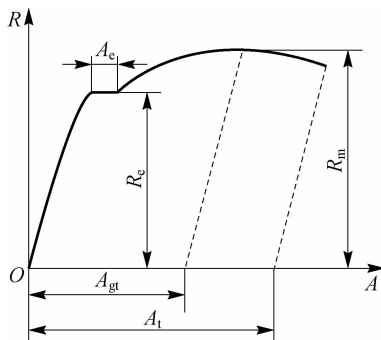


图 1-5 拉伸曲线

②屈服点。试验表明,屈服点 R_e 数值小,材料易屈服,成形后回弹小,贴模性和定形性较好。另外,屈服点对零件表面质量也有影响,如果拉伸曲线出现屈服平台,它的屈服点延伸 A_e 较大,材料在屈服伸长之后,表面会出现明显的滑移线痕迹,导致零件表面粗糙。

③屈强比。 R_e/R_m 是材料的屈服点和抗拉强度的比值,称为屈强比。屈强比对材料的冲压成形性能影响较大。 R_e/R_m 数值小,材料由屈服到破裂前的塑性变形阶段长,有利于冲压成形。一般来讲,较小的屈强比对材料在各种成形工艺中的抗破裂性都有利。此外,试验证明,屈强比与成形零件的回弹有关, R_e/R_m 数值小,回弹小,其定形性也较好。总之,屈强比是反映材料冲压成形性能的很重要的指标之一。我国冶金标准规定,用于拉深最复杂零件的深拉深用 ZF 级钢板,其屈强比不大于 0.66。

④硬化指数。硬化指数 n 为材料在冷塑性变形中的硬化程度, n 值大,硬化效应好,抗缩颈能力强,抗破裂性通常也越强,尤其对胀形来说,明显减少了毛坯局部的变薄程度,增大了成形极限的作用。

⑤塑性应变比。塑性应变比 r 是在拉伸试验中,材料试样的宽度和厚度真实塑性应变之比,即

$$r = \frac{\epsilon_b}{\epsilon_a} = \frac{\ln \frac{b}{b_0}}{\ln \frac{L_0 b_0}{L b}}$$

式中, b_0 、 b 、 L_0 、 L 分别为变形前、后试样的宽度和厚度(mm); ϵ_a 为材料厚度方向真实塑性应变; ϵ_b 为材料宽度方向真实塑性应变。

r 值反映了材料厚度方向和材料平面方向之间变形难易程度的差异,由于材料平面上存在各向异性,因而常用加权平均值 $\bar{r}$ 表达塑性应变比,即

$$\bar{r} = \frac{1}{4}(r_0 + 2r_{45} + r_{90})$$

式中, r_0 、 r_{90} 和 r_{45} 的下标分别为拉伸试样相对于钢材轧制方向的角度值。

$\bar{r}$ 值对拉深成形性能影响很大,若 $\bar{r}$ 值大,则材料平面方向容易变形,材料厚度方向较难变形。就筒形件拉深来说,筒壁在拉应力的作用下不易变薄,不易拉破,而凸缘变形区的切向压缩变形和径向伸长容易,起皱趋势降低,压应力减小,反过来又使筒壁拉应力减小,使筒形件的拉深极限变形程度增大。同样,对于曲面零件的拉深, $\bar{r}$ 值大,材料中间部分变薄

量小且不易起皱。因此, $\bar{r}$ 值大也反映了材料抗破裂性和贴模性较高。

⑥塑性应变比各向异性度。由于轧制材料时, 晶粒在伸长方向被拉长, 杂质和偏析物也会定向分布, 形成纤维组织, 故在材料平面上存在塑性各向异性, 其程度可用差值 Δr 表示, 即

$$\Delta r = \frac{1}{2}(r_0 + r_{90}) - r_{45}$$

Δr 越大, 方向性越明显, 对冲压成形的影响也越大。例如, 当弯曲件的折弯线与纤维方向垂直时, 允许的极限变形程度就大; 而折弯线平行于纤维方向时, 允许的变形程度就小, 方向性越强, 降低量越大。筒形件拉深中, 由于材料平面方向性使拉深件出现口部不齐的突耳现象, 方向性越明显, 突耳也越高。塑性应变比各向异性度大时, 在拉深、翻边、胀形等冲压过程中能够引起毛坯变形的不均匀, 其结果不但因为局部变形程度过大而使总体的极限变形程度减小, 而且还能引起壁厚不等而降低冲压件的质量。由此可见, 生产上应尽量设法降低材料的 Δr 值。

(2) 直接试验。直接试验也称为模拟试验, 是直接模拟某一类实际成形方式来成形小尺寸的试样。由于应力、应变状态基本相同, 故试验结果能更确切地反映这类成形方式下材料的冲压成形性能。直接试验方法有多种, 下面简要介绍几种。

①弯曲试验。弯曲试验的目的是鉴定材料的弯曲性能。常用的弯曲试验是往复弯曲试验, 即将试样夹持在专用试验设备的钳口内, 反复折弯直至出现裂纹。弯曲半径越小, 往复弯曲试验的次数就越多, 材料的成形性能就越好。这种试验主要用于鉴定厚度在 2 mm 以下的材料。

②胀形成形性能试验。测定或评价材料胀形成形性能时, 广泛应用杯突试验。如图 1-6 所示为胀形试验, 试样 2 放在压边圈 3 和凹模 1 之间压紧, 球头凸模 4 向上运动, 把试样在凹模 1 内胀成凸包, 至凸包破裂时停止试验, 并将此时的凸包高度记作杯突试验值 IE , 作为胀形性能指标。 IE 值越大, 胀形成形性能越好。

③拉深成形性能试验。测定或评价材料拉深成形性能时, 常采用两种试验方法, 其中冲杯试验是一种传统的试验方法, 如图 1-7 所示。冲杯试验采用不同直径的试样(直径级差 1.25 mm), 在有压边装置的试验用拉深模拉深。试验过程中, 逐级增大试样直径, 测定杯体底部圆角附近不被拉破时的最大试样直径 $D_{\max}$, 并用极限拉深程度 LDR 作为拉深成形性能指标, 即

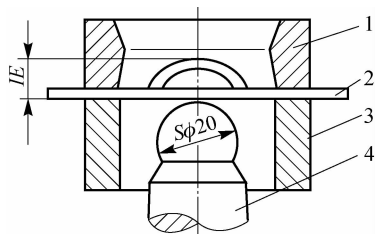


图 1-6 胀形试验 (杯突试验)

1—凹模; 2—试样; 3—压边圈; 4—球头凸模

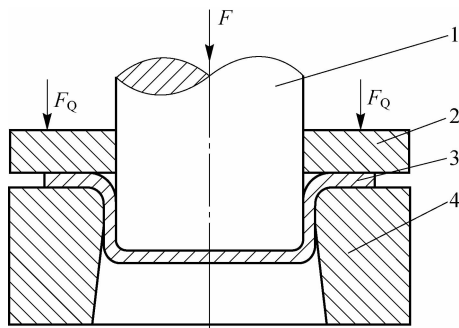


图 1-7 冲杯试验 (筒形件拉深试验)

1—凸模; 2—压边圈; 3—工件; 4—凹模

$$LDR = \frac{D_{\max}}{d_T}$$

式中, d_T 为凸模直径(mm); $D_{\max}$ 为最大试样直径(mm)。

LDR 越大, 拉深成形性能越好。

其他直接试验方法还有扩孔、拉深—胀形复合成形性能试验等, 具体试验方法可查阅有关标准。

2. 冲压常用材料

1) 冲压材料的基本要求

冲压所用的材料不仅要满足使用要求, 还应满足冲压工艺要求和后续加工要求。冲压工艺对材料的基本要求如下。

(1) 对冲压成形性能的要求。对于成形工序, 为了提高冲压变形和制件的质量, 材料应具有良好的冲压成形性能, 即应有良好的抗破裂性、良好的贴模性和定形性。对于分离工序, 则要求材料具有一定的塑性。

(2) 对表面质量的要求。材料的表面应光洁、平整, 无缺陷、损伤。表面质量好的材料, 冲压时不易破裂, 不易擦伤模具, 制件的表面质量也好。

(3) 对材料厚度公差的要求。材料的厚度公差应符合国家标准, 因为一定的模具间隙适用于一定厚度的材料, 材料厚度公差太大, 不只直接影响制件的质量, 还可能导致废品的出现。在校正弯曲和整形等工序中, 可能因厚度方向的正偏差过大而引起模具或压力机的损坏。

2) 冲压材料的种类

冲压生产最常用的材料是金属材料, 有时也用非金属材料。常用的金属材料分黑色金属和有色金属两种。黑色金属材料有普通碳素结构钢、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, 其中常用的有普通碳素结构钢和优质碳素结构钢。优质碳素结构钢的薄钢板主要用于成形复杂的弯曲件和拉深件。有色金属材料有纯铜、黄铜、青铜、铝等, 其中常用的有黄铜板(带)和铝板(带)。

非金属材料有纸板、胶木板、橡胶板、塑料板、纤维板和云母等。

3) 冲压材料的规格

冲压用金属材料的供应状态大部分都是各种规格的板料和带料。

(1) 板料。板料的尺寸较大, 用于大型零件的冲压, 也可将板料按排样尺寸剪裁成条料后用于中、小型零件的冲压。

对于板料厚度在 4 mm 以下的轧制钢板, 根据国家标准 GB/T 708—2006《冷轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》规定, 钢板的精度分为 A(高级精度)、B(较高级精度)和 C(普通精度)三级。

对优质碳素结构钢冷轧钢板, 根据国家标准 GB/T 710—2008《优质碳素结构钢热轧钢板和钢带》规定, 钢板的表面质量可分为 I(特别高级的精整表面)、II(高级的精整表面)、III(较高级的精整表面)和 IV(普通的精整表面)四组, 每组按拉深级别又分为 Z(最深拉深)、S(深拉深)和 P(普通拉深)三级。

在冲压工艺文件和图样上, 国家标准对材料的表示方法有特殊的规定。如材料为 08 钢, 厚度为 1.0 mm, 平面尺寸为 1 000 mm×1 500 mm, 较高级精度、较高级的精整表面, 深拉深的优质碳素结构钢冷轧钢板表示为

钢板 $\frac{B-1.0 \times 1\,000 \times 1\,500 - \text{GB/T } 708 - 2006}{08 - \text{II} - \text{S} - \text{GB/T } 710 - 2008}$

关于材料的牌号、规格和性能,可查阅有关设计资料 and 标准。

(2)带料。带料又称为卷料,有各种不同的宽度和长度。展开长度可达几十米,成卷状供应。卷状供应的主要是薄料,适用于大批量生产的自动送料。

4) 冲压材料的合理选用

冲压材料的合理选用要考虑冲压件的使用要求、冲压工艺要求及经济性要求。

(1)按冲压件的使用要求合理选择材料。所选择的材料应能使冲压件在机器或部件中正常工作,并具有一定的使用寿命。为此,应根据冲压件的使用条件,使所选择的材料满足相应的强度、刚度、韧性及耐蚀性和耐热性等方面的要求。

(2)按冲压工艺要求合理选择材料。对于任何一个冲压件,所选择的材料都应能够按照其冲压工艺要求,稳定地成形出不致开裂和起皱的合格产品,这是对材料最基本也是最重要的选材要求。为此,可以用以下方法合理选择材料。

①试冲。根据以往的生产经验及可能条件,选择几种基本能满足冲压件使用要求的材料进行试冲,最后选择没有开裂或皱褶的、废品率低的一种。这种方法结果比较直观,但带有较大的盲目性。

②分析与对比。在分析冲压变形性质的基础上,把冲压成形时的最大变形程度与材料冲压成形性能所允许采用的极限变形程度进行对比,并以此作为依据,选取适合于该种零件冲压工艺要求的材料。

(3)按经济性要求合理选择材料。所选择的材料应在满足使用性能及冲压工艺要求的前提下,尽量使材料的价格低廉,来源广泛方便,易于采购,以降低冲压件的成本。

四、冷冲压成形设备

在冷冲压生产中,为了适应不同的冷冲压工作需要,应采用各种不同类型的压力机。压力机的类型很多,按传动方式的不同,主要分为机械压力机和液压压力机两大类。其中机械压力机在冲压生产中应用最为广泛。

一般冷冲压车间常用的机械压力机有曲柄压力机与摩擦压力机等,其中又以曲柄压力机最为常用。下面主要介绍曲柄压力机的用途和分类、工作原理和结构组成以及主要技术参数等。

1. 曲柄压力机的用途和分类

1) 曲柄压力机的用途

曲柄压力机是重要的压力加工设备,主要为压力加工提供动力和运动。曲柄压力机能完成各种冲压工艺,直接生产出成品或半成品。因此,曲柄压力机在汽车、拖拉机、电器、电子、仪表、国防、航空航天以及日用品等工业部门都得到了广泛的应用。

2) 曲柄压力机的分类

(1)按工艺用途分。曲柄压力机可分为通用曲柄压力机和专用曲柄压力机。通用曲柄压力机适用于多工艺用途,如冲裁、弯曲、成形、浅拉深等;而专用曲柄压力机用途较为单一,如拉深压力机、板料折弯机、剪板机、热模锻压力机、高速压力机、冷镦压力机和精压机等。

(2)按机身结构形式分。曲柄压力机可分为开式曲柄压力机和闭式曲柄压力机。如图 1-8 所示为开式曲柄压力机,床身前面、左面和右面三个方向是敞开的,操作和安装模具

都很方便,便于自动送料,但由于床身呈 C 字形,刚性较差。当冲压压力较大时,床身易变形,影响模具寿命,因此开式曲柄压力机适用于 2 000 kN 以下的中、小型压力机。如图 1-9 所示为闭式曲柄压力机,其床身两侧封闭,只能前后送料,操作不如开式曲柄压力机方便,但机床刚性好,能承受较大的压力,适用于压力超过 2 500 kN 的大、中型压力机和精度要求较高的轻型压力机。

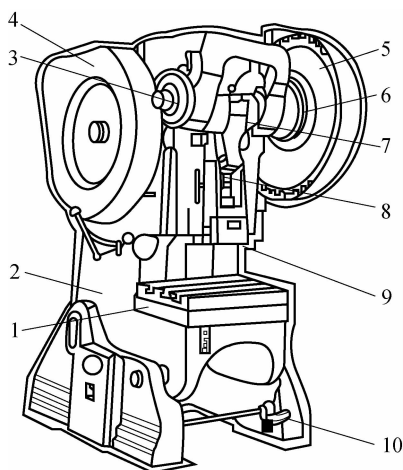


图 1-8 开式曲柄压力机

- 1—工作台；2—床身；3—制动器；4—安全罩；
5—齿轮；6—离合器；7—曲轴；8—连杆；
9—滑块；10—脚踏操纵器

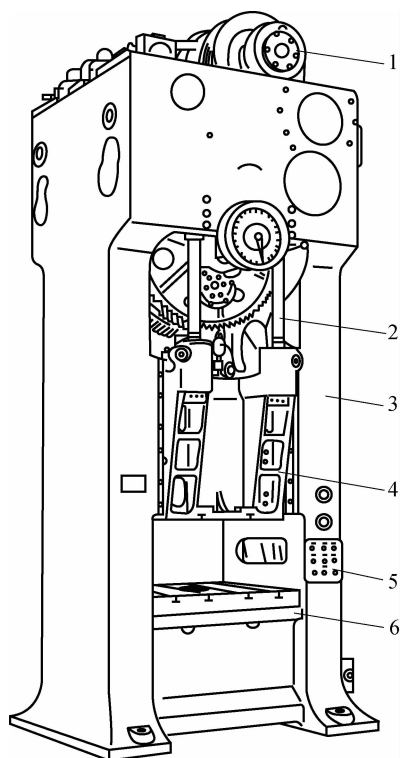


图 1-9 闭式曲柄压力机

- 1—动力与传动系统；2—外滑块调整机构；3—机身；
4—外滑块；5—控制面板；6—工作台

(3)按连接曲柄和滑块的连杆数(点数)分。曲柄压力机可分为单点、双点和四点曲柄压力机,如图 1-10 所示。曲柄连杆数的设置主要根据滑块面积的大小和吨位来定。曲柄连杆数多,滑块承受偏心负荷能力大。

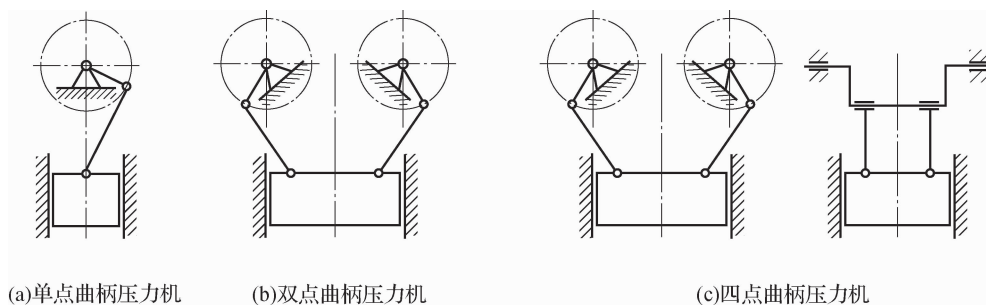


图 1-10 曲柄压力机按点数分类示意图

(4)按运动滑块的数量分。曲柄压力机可分为单动、双动和三动曲柄压力机,如图 1-11 所示。目前应用最多的是单动曲柄压力机,双动曲柄压力机和三动曲柄压力机主要用于拉深工艺。

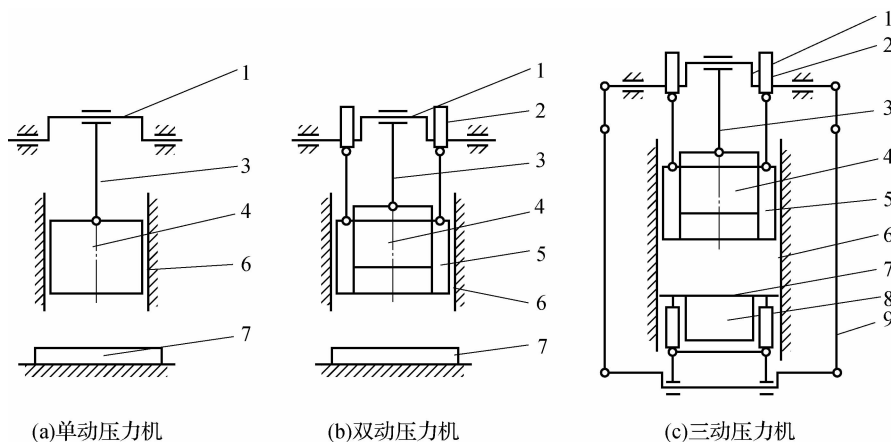


图 1-11 曲柄压力机按运动滑块的数量分类示意图

1—曲轴; 2—凸轮; 3—连杆; 4—滑块; 5—外滑块;

6—机身; 7—工作台; 8—下滑块; 9—联动机构

2. 曲柄压力机的工作原理和结构组成

1) 曲柄压力机的工作原理

曲柄压力机通过曲柄连杆机构将电动机的旋转运动转换为滑块的往复直线运动。尽管曲柄压力机类型众多,但其工作原理和基本组成是相同的。

图 1-8 中的开式曲柄压力机的工作原理如图 1-12 所示。电动机 1 通过传动带 2 把运动传给传动齿轮 3,传动齿轮 3 带动曲轴 4 旋转,将运动传给连杆 5,通过连杆 5 转换为滑块 6 的往复直线运动。在滑块 6 和工作台上分别安装上、下模,可完成相应的材料成形工艺。

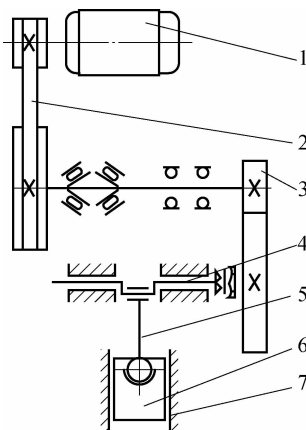


图 1-12 开式曲柄压力机的工作原理图

1—电动机; 2—传动带; 3—传动齿轮; 4—曲轴; 5—连杆; 6—滑块; 7—导轨(机身)

2) 曲柄压力机的结构组成

根据各部分零件的功能,曲柄压力机可分为以下几个组成部分。

(1)工作机构。设备的工作执行机构由曲轴、连杆和滑块等组成,将旋转运动转换成往复直线运动。由于工作机构是一刚性曲柄连杆机构,故曲柄压力机工作时有固定的上下极限位置(上、下死点),可以精确控制成形件的尺寸。

(2)传动系统。传动系统由传动带和传动齿轮组成,将电动机的能量传输至工作机构。在传输过程中,转速逐渐降低,转矩逐渐增大。

(3)操作机构。操作机构主要由离合器、制动器以及相应电气器件组成,在电动机启动后,控制工作机构的运行状态,使其能间歇或连续工作。

(4)能源部分。能源部分由电动机和飞轮组成,机器运行的能源由电动机提供,开机后电动机对飞轮进行加速,压力机短时工作能量则由飞轮提供,飞轮起着储存和释放能量的作用。

(5)支承部分。支承部分由机身、工作台和紧固件等组成。它把压力机所有零部件连成一个整体,承受全部工作变形力和各种部件的重力,并要求保证整机所需要的精度和强度。

(6)辅助系统。辅助系统包括气路系统、润滑系统、顶件装置、过载保护装置、滑块平衡装置、气垫、快换模、打料装置、监控装置等。这些辅助装置在曲柄压力机的正常工作中起着重要作用,可以使压力机安全运转,扩大工艺范围,提高生产率,降低工人劳动强度。在一些新型的曲柄压力机中都设有辅助系统。

3. 曲柄压力机的主要技术参数

曲柄压力机主要技术参数反映了一台压力机的工作能力、所能加工零件的尺寸范围以及有关生产率等指标。掌握曲柄压力机主要技术参数的定义及数值是正确选用压力机的基础。正确选用压力机关系到设备与模具的安全、产品质量、模具寿命、生产效率和成本等。

1) 标称压力及标称压力行程

(1)曲柄压力机标称压力 F_g (或称为额定压力)是指滑块所容许承受的最大作用力。

(2)滑块到下死点前某一特定距离之内允许承受标称压力,这一特定距离称为标称压力行程 s_g 。与标称压力行程对应的曲柄转角定义为标称压力角 α_g 。

由曲柄连杆机构的工作原理可知,曲柄压力机滑块的压力在整个行程中不是一个常数,而是随曲轴转角的变化而不断变化的。如图 1-13(a)所示, s 为滑块行程, x 为滑块距下死点的距离, $F_{\max}$ 为压力机的最大许用压力, F 为滑块在某位置时所允许的最大工作压力, α 为曲柄与铅垂线之间点的夹角。从图 1-13(b)曲线中可以看出,当曲柄转到滑块距下死点转角为 $20^\circ \sim 30^\circ$ 中某一角度时,压力机的许用压力达到最大值 $F_{\max}$,即所谓的标称压力 F_g 。由于曲柄连杆机构的结构特征, F_g 与 s_g 是同时出现的,即在标称压力行程 s_g 外,设备的工作能力小于标称压力值,只有在标称压力行程 s_g 内,设备的工作能力才能达到标称压力 F_g 值,但也不能超过该值。例如,J23-40 曲柄压力机,其标称压力 F_g 为 400 kN,标称压力行程 s_g 为 7 mm,即该压力机在滑块距下死点前 7 mm 范围内,滑块上可容许的最大作用力为 400 kN。

标称压力值已经系列化,主要取自优先数系列,如 63 kN、100 kN、160 kN、250 kN、315 kN、400 kN、630 kN、800 kN、1 000 kN、1 250 kN、1 600 kN 等。

2) 滑块行程

滑块行程是指滑块从上死点至下死点所经过的距离,其值是曲柄半径的两倍,它随设备的标称压力值增加而增加。有些压力机的滑块行程是可调的。

3) 滑块行程次数

滑块行程次数指在连续工作方式下滑块每分钟能往返的次数,与曲柄转速对应。通用

曲柄压力机设备越小,滑块行程次数越大。对高速冲床,为实现大批量生产和模具调试,可在试模及模具初始运行阶段以低速运行,一切正常后再切换至高速运行。

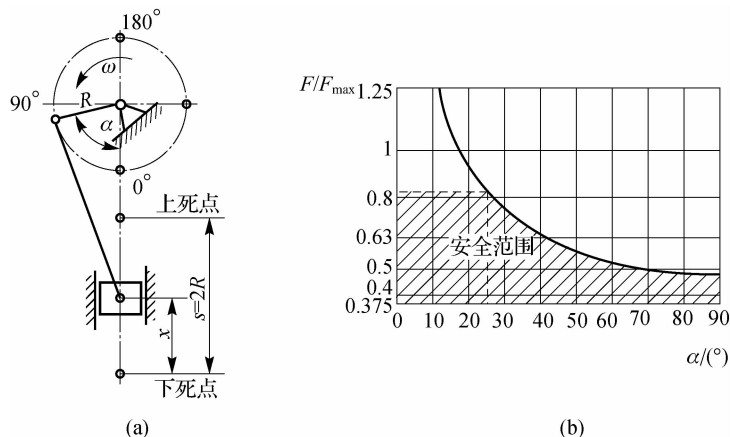


图 1-13 曲柄压力机标称压力及许用压力曲线(负荷图)

4) 最大装模高度及装模高度调节量

装模高度是指滑块在下死点时滑块下表面到工作台板上表面的距离,如图 1-14 所示。为了提高设备的适应性,装模高度是可调节的。最大装模高度是指当装模高度调节装置将滑块调节至最上位置时的装模高度值。

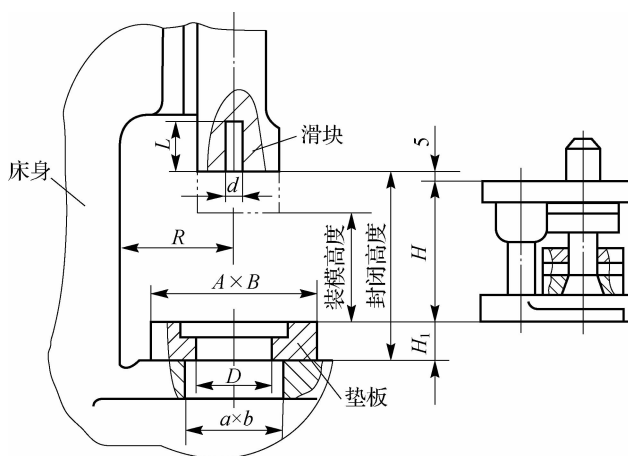


图 1-14 压力机结构参数图

与装模高度并行的还有封闭高度,它是指滑块处于下死点时,滑块下表面与压力机工作台上表面的距离,它与装模高度不同的是多一块工作台垫板厚度,见图 1-14 所示。例如, J31-315 压力机的最大装模高度为 500 mm,装模高度调节量为 250 mm,因此在此设备上,除去极限位置的 5 mm,高度在 255~495 mm 的模具都可以正常安装及工作。

5) 工作台尺寸

工作台尺寸包括工作台平面尺寸和工作台上漏孔尺寸。

6) 模柄孔尺寸

模柄孔尺寸主要针对开式压力机,作模具上模装夹之用。

7)漏料孔尺寸

当工件或废料需要下落、模具底部需要安装弹顶装置时,下落件或弹顶装置的尺寸必须小于工作台中间的漏料孔尺寸。

8)曲柄压力机电动机功率

冲压加工时必须保证曲柄压力机电动机功率大于冲压时所需的功率。

我国已制定出了通用曲柄压力机的技术参数标准,分别见表 1-3、表 1-4 和表 1-5。这三个表是一个推荐标准,在实际选择设备时应以设备说明书上的相关参数为准。

表 1-3 开式固定台曲柄压力机技术参数

单位:mm

型 号	标称压力/ kN	滑块行程	行程次数/ 次每分钟	最大装模 高度	连杆调节 长度	工作台尺寸 前后×左右	模柄孔尺寸 直径×深度
J21-40	400	80	80	330	70	460×700	φ50×70
J21-63	630	100	45	400	80	480×710	
JB21-63	630	80	65	320	70	480×710	
J21-80	800	130	45	380	90	540×800	φ60×75
J21-80A	800	14~130	45	380	90	540×800	
JA21-100	1 000	130	38	480	100	710×1 080	
JB21-100	1 000	60~100	70	390	85	600×850	
J21-160	1 600	160	40	450	100	710×710	φ70×80
J29-160	1 600	117	40	450	80	650×1 000	
J29-160A	1 600	140	37	450	120	630×1 000	
J21-400	4 000	200	25	550	150	900×1 400	T 形槽

表 1-4 开式双柱可倾式曲柄压力机技术参数

单位:mm

型 号	标称压力/ kN	滑块行程	行程次数/ 次每分钟	最大装模 高度	连杆调节 长度	工作台尺寸 前后×左右	模柄孔尺寸 直径×深度
J23-10A	100	60	145	180	35	240×360	φ30×50
J23-16	160	55	120	220	45	300×450	
J23-25	250	65	55/105	270	55	370×560	φ50×70
JD23-25	250	10~100	55	270	50	370×560	
J23-40	400	80	45/90	330	65	460×700	φ50×70
JC23-40	400	90	65	210	60	380×630	
J23-63	630	130	50	360	80	480×170	φ50×70
JB23-63	630	100	40/80	400	80	570×860	
JC23-63	630	120	50	360	80	480×710	
J23-80	800	130	45	380	90	540×800	φ60×75
JB23-80	800	115	45	417	80	480×720	
J23-100	1 000	130	38	480	100	710×1 080	φ60×75
J23-100A	1 000	10~140	45	400	45	600×900	
JA23-100	1 000	150	60	430	60	710×1 080	
J23-125	1 250	130	38	480	110	710×1 080	φ60×75

表 1-5 闭式单点曲柄压力机技术参数

单位:mm

型 号	标称压力/ kN	滑块行程	行程次数/ 次每分钟	最大装模 高度	连杆调节 长度	工作台尺寸 前后×左右	模柄孔尺寸 直径×深度
J31-100	1 000	165	35	280	100	630×635	φ70×80
J31-120	1 200	100	46	550	200	6 080×800	
JA31-160A	1 600	160	32	480	120	790×710	φ70×100
JA31-160B	1 600	160	32	480	120	790×710	
J31-250	2 500	315	20	630	200	990×950	
JB31-250	2 500	190	28	560	140	900×850	
JC31-250	2 500	200	28	460	160	900×850	
J31-315	3 150	315	20	630	200	1 100×1 100	
JA31-315	3 150	460	13	600	150	980×1 100	
J31-400	4 000	230	23	660	160	1 060×990	T 形槽
J31-400A	4 000	400	20	710	250	1 250×1 200	
JS31-500	5 000	250	25	530	160	1 060×990	
J31-630	6 300	460	12	850	200	1 500×1 200	
J31-1250	12 500	500	10	110	250	1 900×1 820	
J31-1600	16 000	500	10	110	200	1 900×1 750	

任务实施

1. 工件结构分析

本任务中所要加工的零件为垫圈,厚度 t 为 2 mm,属于板类零件,大批量生产。

2. 精度分析

该零件加工精度为 IT14 级,精度一般。

3. 材料分析

该零件材料为 Q235,属于普通类的碳素结构钢,具有一定的性能,价格经济。

4. 结论

根据以上分析,该零件适宜采用冲压加工。具体工序为冲孔和落料两个基本工序,如图 1-15 所示。

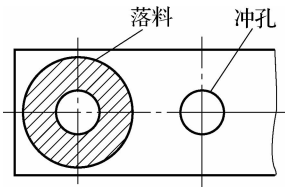


图 1-15 垫圈加工工序



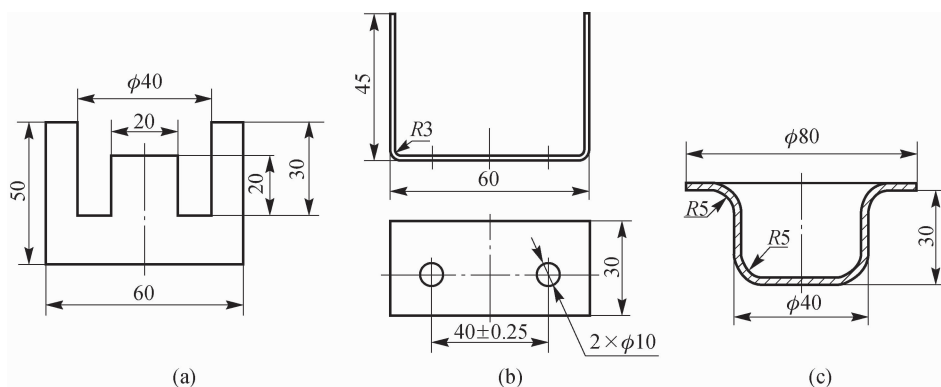
思考与练习

一、填空题

1. 冲压生产常用的材料有_____、_____、_____。
2. 材料的冲压成形性能包括_____和_____两部分内容。
3. 用间接试验方法得到的材料冲压性能指标有_____、_____、_____、_____、塑性应变比 r 和塑性应变比各向异性度 Δr 。
4. 硬化指数 n 值大,硬化效应就大,这对于_____变形来说就是有利的。
5. 材料对各种冲压加工方法的适应能力称为材料的_____。
6. 材料的冲压性能好,就是说材料便于冲压加工,一次冲压工序的_____和_____大,生产率高,容易得到高质量的冲压件,模具寿命长等。

二、问答题

1. 什么是材料的成形性能? 材料的成形性能主要有哪些?
2. 什么是塑性应变比 r ? 它对冲压工艺有何影响?
3. 如图题 1-1 所示的三个零件各应采用何种冲压工序?



图题 1-1

4. 常用的冲压成形设备有哪些?
5. 曲柄压力机由哪几部分组成? 各起什么作用?
6. 什么是压力机的标称压力? 什么是标称压力行程?
7. 什么是压力机的装模高度? 什么是最大装模高度?
8. 什么是压力机的封闭高度? 封闭高度与装模高度有何关系?