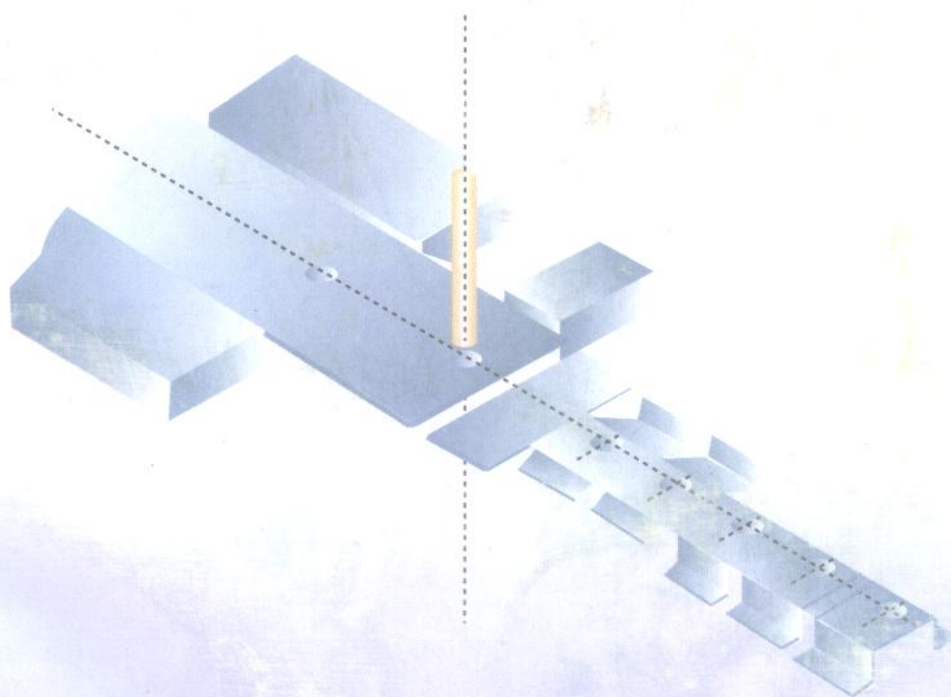


高等学校教材

多工位级进模设计

王俊彪 主编



西北工业大学出版社

高等学校教材

多工位级进模设计

主编 王俊彪

西北工业大学出版社

1999年1月 西安

(陕)新登字 009 号

【内容简介】 本书主要讲述了多工位级进模设计的基本知识与方法。全书共分九章,主要包括冲压工艺性分析、排样设计、级进模结构设计、模具零件设计、模具零件选材、模具制造技术、模具标准化和计算机辅助模具设计制造技术等。

本书可作为高等院校飞行器制造工程专业高年级的选修教材,也可作为压力加工、锻压加工专业高年级学生或有关专业研究生的学习和参考资料。对于从事冲压加工、模具设计制造的工程技术人员也有学习和参考价值。

高等学校教材
多工位级进模设计

主 编 王俊彪
责任编辑 雷 鹏
责任校对 钱伟峰

*

© 1999 西北工业大学出版社出版发行
(710072 西安市友谊西路 127 号 电话 8493844)
全国各地新华书店经销
空军电讯工程学院印刷厂印装
ISBN 7-5612-1105-8/TG·41 (课)

*

开本:787毫米×1092毫米 1/16 印张:13.125 字数:317千字
1999 年 1 月第 1 版 1999 年 1 月第 1 次印刷
印数:1—2 000 册 定价:14.00 元

购买本社出版的图书,如有缺页、错页的,本社发行部负责调换。

前 言

金属板料冷冲压是一种在工业生产中应用广泛的加工方法。随着市场竞争日趋加剧,产品质量不断提高,对生产的安全性、操作的方便性等要求也日益提高。模具作为冲压生产的基本要素,其设计制造技术受到普遍重视,模具工业被认为是国民经济的基础工业,国际模具协会认为:模具是进入富裕社会的原动力。级进模作为现代冲压生产的先进模具,能够在—副模具内完成复杂零件的冲裁、翻边、弯曲、拉深、立体成形以及装配等复杂工序,具有生产效率高、操作安全可靠、可以加工复杂零件等特点而受到普遍的重视,应用也日益广泛。

目前,国内关于冷冲模设计制造技术方面的教材和资料很多,但有关多工位级进模的则较少,特别是缺少适合的教学用书。本书以作者多年来在多工位级进模设计制造方面的教学和科研经验为基础,参考国内外有关资料编写而成。

本书共九章。第一章为概论,介绍了冲压加工的基本概念及级进模设计的基本过程;第二章为冲压工艺设计,介绍了级进模设计之前所必须进行的工艺分析与计算的基本知识;第三章为排样设计,是本书的重点内容之一,对毛坯排样、冲切刃口设计与工序排样作了详细介绍;第四章为级进模结构设计,对级进模结构设计的方法和基本知识作了介绍;第五章为级进模零件设计,主要介绍了几类典型零件的设计要求和设计思想;第六章为模具零件选材,讨论了模具材料的基本性能和选材方法,介绍了模具零件的热处理和表面处理方法;第七章为级进模制造技术,对级进模制造中的主要零件加工工艺方法和装配工艺作了讨论;第八章为模具标准化与模具图要求,介绍了模具设计制造中的标准化思想和级进模设计制图的基本要求;第九章为计算机辅助多工位级进模设计,对级进模 CAD 系统的基本构成和功能作了简要介绍。

本书由王俊彪任主编,第一、三、四、五、六、八、九章及附录由王俊彪编写,第二章由李顺平、王俊彪编写,第七章由王仲奇编写。本书承蒙孙文焕教授审阅,并提出了诸多宝贵意见,在此表示诚挚的感谢。

本书在编写过程中,参考和引用了国内外诸多资料中的数据和插图,在此谨向有关作者和研究者致以衷心的感谢。

限于作者水平与经验,错误与不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

1998 年 5 月

目 录

第一章 概论	1
第一节 冲压加工系统	1
第二节 模具的类型和特点	2
第三节 级进模的功能与结构	5
第四节 级进模设计方法	7
第二章 冲压工艺设计	10
第一节 工艺设计内容	10
第二节 工艺方案设计	11
第三节 工艺性分析	13
第四节 工艺计算	20
习 题	26
第三章 排样设计	27
第一节 概述	27
第二节 毛坯排样	27
第三节 冲切刃口设计	34
第四节 工序排样	40
习 题	67
第四章 级进模结构设计	70
第一节 级进模结构设计方法	71
第二节 模具结构概要设计	77
第三节 模具工作单元设计	83
第四节 卸料机构设计	85
第五节 导料与定距机构设计	90
第六节 固定机构设计	98
第七节 侧冲机构设计	106
第八节 安全机构设计	109
习 题	111

第五章 模具零件设计	112
第一节 概述	112
第二节 凸模和凹模设计	113
第三节 模板类零件设计	122
第四节 弹性元件设计	127
习 题	130
第六章 模具零件选材	131
第一节 常用的模具材料及性能	131
第二节 模具材料选择指南	135
第三节 模具材料常用的热处理方法	142
第四节 模具材料表面强化工艺	145
第五节 模具寿命	148
习 题	149
第七章 级进模制造技术	150
第一节 级进模制造过程及特点	150
第二节 级进模零件加工工艺及设备	154
第三节 级进模装配技术	167
习 题	172
第八章 模具标准化与模具图要求	173
第一节 标准化的意义	173
第二节 模具标准化的内容与应用	173
第三节 模具设计制图及简化画法	177
第九章 计算机辅助多工位级进模设计	180
第一节 概述	180
第二节 级进模 CAD 系统的构成	182
第三节 级进模 CAD 系统的主要模块	185
习 题	193
附录 级进模设计举例	194
参考文献	203

第一章 概 论

第一节 冲压加工系统

冲压是一类典型的金属加工工艺,它是利用金属材料的塑性变形来改变毛坯材料的形状和尺寸,获得所需产品零件的加工过程。

冲压加工的特点:

- (1) 生产率高。
- (2) 材料利用率高。
- (3) 精度高,质量稳定。
- (4) 操作简便。

冲裁、弯曲、拉深、成形是四种最基本的冲压加工工序,由此四种工序的组合可以实现复杂产品的冲压加工。各种零件的结构、尺寸、材料、精度各异,所采用的冲压加工方法也各不相同,但冲床、模具和材料是每一个冲压过程不可缺少的。冲床、模具和材料是冲压加工的三个基本要素(图 1-1)。与一般机械加工不同,冲压过程对操作者的技术水平要求低,而相关的技术含量实际上体现在模具上,因此模具具有技术密集型的特点。冷冲模就是指进行冲压加工的模具,是冲压加工的基本要素之一。据统计,在各类模具中冷冲模所占的比例约为 46%。由于冲压加工中产品的形状、尺寸、精度甚至材质等均由模具决定,所以其设计和制造对于提高冲压加工水平、保证冲压产品质量具有重要意义。

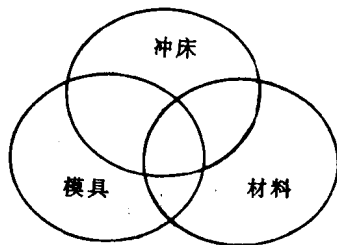


图 1-1 冲压加工三要素

冲压是生产中应用广泛的一类加工方法,主要用于金属薄板料零件的加工。在产品零件的整个生产系统中,冲压只是一个子系统(图 1-2),所涉及的也仅是产品制造过程的一部分。随着市场对产品成本和周期等要求的提高,从系统的整体优化中确定相关的各要素已成为技术和管理发展的重要方向。模具虽然只是冲压系统的一个因素,只在冲压子系统内发生作用,但由于各因素相互关联,只有充分考虑各因素的相互作用,才能更全面地认识和掌握系统的全过程。因此模具设计和制造也只有纳入整个冲压生产系统中考虑才能取得更大的经济效益。图 1-3 为冲压加工系统所涉及的因素。显然这些因素也是模具设计和制造的变量或优化对象。

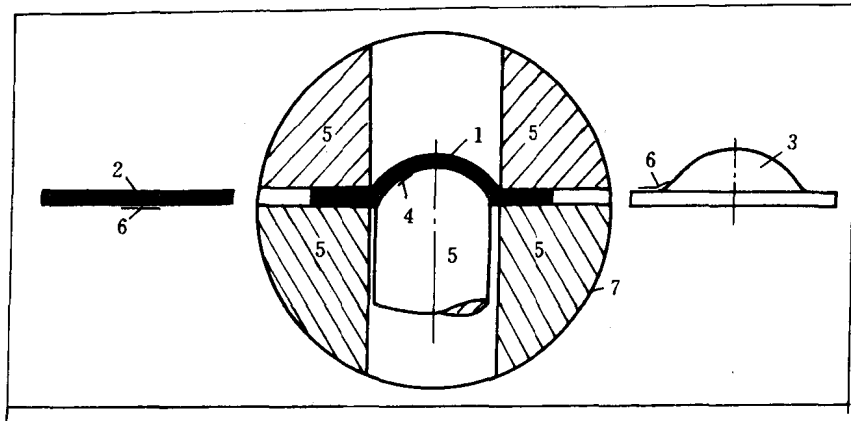


图 1-2 冲压加工系统

1—工件塑性区 2—毛坯材料 3—产品零件 4—边界区(摩擦与润滑)
5—模具 6—表面状态 7—压力机 8—冲压加工子系统

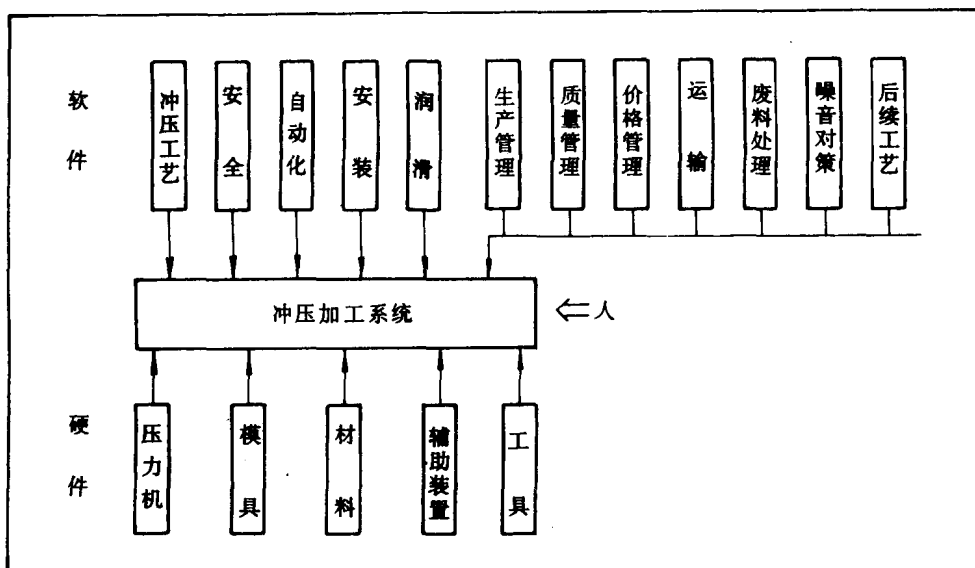


图 1-3 影响冲压加工的因素

第二节 模具的类型和特点

一、冷冲模类型

冷冲模有多种形式,按照冲压加工工序的性质可分为冲裁模、弯曲模、拉深模等;从冲压工序的组合来看,可分为简单模、复合模和级进模,其中后一种分类方法更为普遍。简单模是在模具上只有一个加工工位,而且在冲床的一次行程中只完成一类冲压加工工艺。复合模也只有一个工位,但在冲床的一次行程中要完成两类以上的加工工艺。级进模由多个工位组成,各工位

完成不同的加工,各工位顺序关联,在冲床的一次行程中完成一系列不同的冲压加工。表 1-1 是冷冲模分类情况,表 1-2 为简单模、复合模和级进模三类模具的比较。

在三类模具中,级进模最为复杂,设计难度也最大。级进模是冷冲模中的高精度模具。

表 1-1 常见冷冲模的类型

大 类	中 类	小 类
简单模	冲裁模	落料模、冲孔模、切边模、切断模、冲缺模等
	弯曲模	V 形弯曲模、U 形弯曲模、L 形弯曲模、圆环弯曲模等
	拉深模	筒形件单次拉深模、盒形件拉深模、无压边圈拉深模等
	成形模	翻边模、胀形模、压印模等
复合模		落料冲孔复合模、拉深切边复合模、落料弯曲模、落料拉深复合模等
级进模	级进冲裁模	冲孔—落料级进模、冲孔—切断级进模等
	级进成形模	冲孔—冲缺—弯曲—侧弯—分断级进模、冲孔—拉深—拉深—成形—冲孔—切边级进模等

表 1-2 三类冷冲模比较

模具类型	优 点	缺 点	应 用
简单模	模具结构简单 易适应产品零件形状的变更 材料利用率高 加工方向可自由设定 模具制造时间短,费用低	产品尺寸精度较低 模具数量多,占用设备多 生产率低,中间半成品多	小批量生产 大、中型零件的冲压 试制
复合模	材料利用率高 产品零件内外形同轴度高 对条料的尺寸精度要求低 模具数量少	模具中薄壁零件多 结构复杂 产品零件出件较难 模具寿命较短 模具制造时间长,费用高	内外形精度要求高 大批量生产
级进模	生产率高 操作安全 不产生半成品 生产率与工位数无关 能完成复杂加工工序	材料利用率有时较低 模具设计制造难度大 模具制造时间长,费用高	大批量生产 中、小零件冲压

二、级进模特点

(1) 冲压生产效率高。级进模是复合工序冲模,在一副模具内可以完成复杂零件的冲裁、翻边、弯曲、拉深、立体成形以及装配等工艺,减少了中间转运和重复定位等工作,显著提高了

生产效率。而且工位数量的增加不影响生产率,可以冲制很小的精密产品零件。

(2) 操作安全简单。级进模冲压时操作者不必将手伸入模具的危险区域。对大量生产,还采用自动送料机构,模具内装有安全检测装置,冲压加工发生误送进或意外时,压力机自动停机,因而表现出操作安全和自动化程度高等特点,便于实现冲压过程的机械化和自动化。

(3) 模具寿命长。复杂内形或外形可分解为简单的凸模和凹模外形,分段逐次冲切,工序可以分散在若干工位,不必集中在一个工位(图 1-4),在工序集中的区域还可以设置空位,从而避免了凸、凹模壁厚过小的问题,改变了凸、凹模受力状态,提高了模具强度,延长了模具寿命。此外,多工位级进模采用卸料板兼作凸模导向板,对提高模具寿命也非常有利。

(4) 产品质量高。多工位级进模在一副模具内完成产品的全部成形工序,克服了用简单模时多次定位带来的操作不便和累积误差。级进模可以把复杂外形分解,凸模和凹模形状比较简单,配合高精度的导向、定距系统,能够保证产品零件的加工精度。

(5) 生产成本较低。级进模由于结构比较复杂,所以制造费用比较高,同时材料利用率也往往比较低,但由于使用级进模时生产效率高、压力机占有数少、需要的操作工人数和车间面积少,减少了半成品的储存和运输,因而产品零件的综合生产成本并不高。

(6) 设计和制造难度大,对经验的依赖性强。级进模结构复杂,技术含量高,设计灵活性大、难度大;设计和制造中的经验、推断和目测工作量多,人才培养时间长,个人之间的差别大;同一产品零件可有多种不同的设计方案,设计的灵活性大。图 1-5 所示为同一产品零件的不同级进冲压工序方案,显然所用的模具结构必然也不会完全相同。模具设计与制造中有诸多不确定因素,要在修模、调整、试冲时解决。设计和制造周期长,费用高,适用于批量生产。级进模还受尺寸限制,产品尺寸不宜太大。

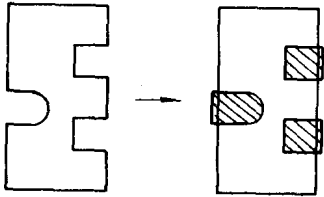


图 1-4 刃口设计示意图

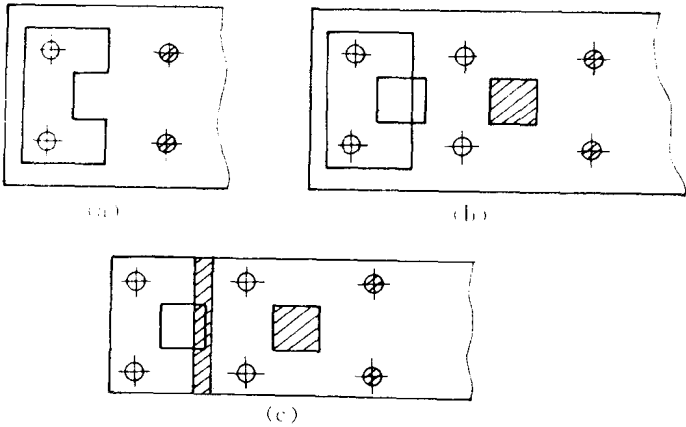


图 1-5 级进冲压工序比较

(7) 按订单生产,而不是按计划生产,订货受市场影响大,交货期要求短。一般一副模具只

设计制造一次,属单件生产,模具制造中的固定费用高。这也是各类模具的共同特点。

由于上述诸多特点,级进模得到了广泛的应用,在各类冷冲模具中,级进模所占比例为27%(表1-3)。随着设计和制造技术的发展,级进模的工位数逐步增加、精度提高、功能复合化,在设计和制造中普遍采用先进的CAD/CAM技术及数控加工技术。

表 1-3 各类冷冲模应用情况

模具类型	级进模	弯曲模	冲裁模	传递模	拉深模	其 它
比 例/(%)	27	19	18	17	14	5

第三节 级进模的功能与结构

级进模又称连续模或跳步模。级进模有两个或两个以上的工位,在冲床的一次行程中,在模具的各个工位上同时完成两个或两个以上不同的加工。条料在模具内向前送进过程中,经各工位逐步冲切,至最终工位形成产品零件。在压力机的每次冲程中,级进模至少冲出一个零件。

一、级进模的功能

一般零件的成形由多个工序组成,级进模设计中首先应将零件的成形工序分解,然后对工序内容进行组合排序,分别将确定的加工内容安排在若干个等距离的工位上,每个工位完成零件的一部分加工,从而将一个复杂零件的加工变为多个简单工序组的合成。冲压加工过程中,随着冲床的连续工作,被加工材料(一般为条料或带料)在级进模内逐次向前送进,经过多个工位逐步冲切后获得一个完整的冲压产品。一个复杂的零件用一副级进模即可完成冲制。图1-6所示为级进加工过程。在冲床的每次行程中,要从模具中冲出一个或数个产品零件(或半成品),模具是实现冲压加工的载体(图1-7)。模具完成冲压任务所必需的功能分为基本功能和辅助功能。

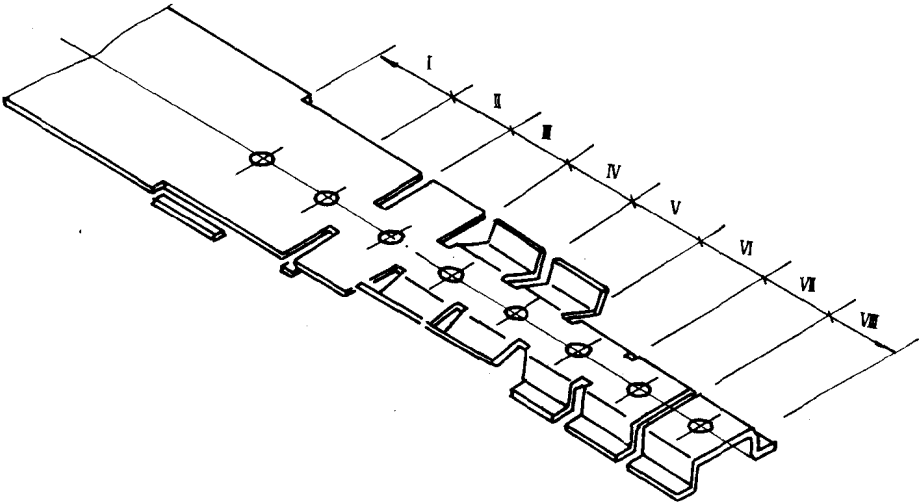


图 1-6 级进加工过程

1. 级进模基本功能

级进模的基本功能是利用凸模和凹模在板料上施加一定形式和大小的作用力,使材料产生塑性变形,从而将毛坯料转变为产品零件的能力,即“誉”写出产品外形的能力。例如,冲裁是冲裁模的基本功能,而使毛坯突缘材料收缩为杯形件则是拉深模的基本功能。实现级进模基本功能的零件称为模具的工作零件。

2. 级进模辅助功能

级进模的辅助功能是为支持完成基本功能所必备的功能,即“后勤”保障功能,主要包括:

- (1) 模具零件紧固和定位功能;
- (2) 模具导向功能;
- (3) 上料、出件和卸料功能;
- (4) 板料、工序件定位功能;
- (5) 模具刚性和安全保障等。

级进模的辅助功能对产品质量和生产率有着重要的影响,是判断模具优劣的主要标志。

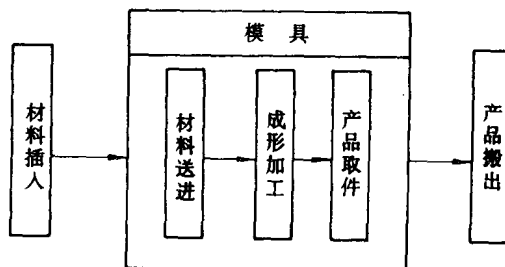


图 1-7 模具功能

二、级进模的构成

模具的功能与结构是统一的,功能只有通过一定的结构来实现,而模具的基本结构必须以满足功能需要为前提。因此,根据级进模的功能,其基本构成要素可划分为工作单元、卸料单元、导向单元、定位单元、安装单元和紧固单元等(表 1-4)。

表 1-4 级进模构成

结 构 单 元	典 型 零 件
工作单元	凸模、凹模、凸凹模
卸料单元	卸料板、卸料螺钉、卸料弹簧
导向单元	模架、导柱、导套、导板
定位单元	导料板、侧刃、挡料销、侧压、导正销
安装单元	模座、模柄
紧固单元	固定板、螺钉、圆柱销

当然,不同产品零件的加工工艺方法不同,模具的功能要求不同,因而导致结构不统一。另一方面,同一功能可通过不同的结构来实现,这就形成了模具设计异彩纷呈的局面。模具设计的任务便是根据功能需求确定切实合理、可行的结构,并按工程要求设计出具体的零件。

第四节 级进模设计方法

一、级进模设计流程

级进模设计也是一个系统,其流程如图 1-8 所示。具体可以分为四个阶段,即工艺设计、排样、概要设计、结构设计、零件设计。

工艺设计就是对产品零件所包括的成形工序逐一进行分析,以确定产品零件的加工工艺方案。工艺设计前应充分了解产品零件的要求及实际的生产条件。

排样与概要设计以工艺设计可行为前提,具体确定级进模加工产品零件时的工序方案和模具的基本结构形式,初步给出模具的估价和制造周期,确定是否继续开展模具详细的设计和制造。

结构设计和零件设计就是为级进模正式投入生产而具体地开展的设计,在这一阶段部分模具零件的加工也将同期展开。结构与零件设计的主要结果是模具装配图(包括零件明细表)、需加工的模具零件的工程图(包括技术要求)。

在模具概要设计完成后,设计部门继续设计,生产部门开始备料、联系外协加工和外购件订货等。随着模具零件设计的进行,加工逐步展开,待零件加工完成时,外购件和外协件也到齐,即可开始模具的装配。

随着计算机技术的发展,CAD/CAM 和 NC 加工技术等为模具设计和制造提供了全新的手段,以往需要设计人员完成的计算、制图和编程等工作,可以由计算机完成,从而提高了设计效率和质量。由此,不仅促进了模具设计手段、方法的变化,而且设计结果的表达方式等也在发生着变化。

二、设计注意事项

随着产品向精密化和复杂化发展,产品零件也日益复杂,级进模的工位数随之增加、精度要求提高、寿命要求更高,这对级进模的设计技术就提出了新的要求。在级进模设计中要注意以下问题:

(1) 要用系统的观点,从冲压、模具制造等多方面构成的大系统中确定级进模的结构和零件方案,要重视实践经验的作用。一方面要切合实际,确立切实可行的模具方案,要考虑现有的模具制造条件、冲压生产条件。另一方面,要重视新技术的发展和应用,特别是计算机技术的应用,要从工程角度发展相应的软件系统,以提高效率、降低成本、缩短周期。

(2) 级进模结构复杂,设计难度大,制造费用高,周期长,因此设计应坚持科学、严谨、求实的精神,认真分析、详细规划,务求设计合理、制造方便、满足使用要求。要充分了解产品零件加工的需求和模具制造和使用条件,表 1-5 是级进模设计前应掌握的数据。表 1-6 是级进模设计时的规划表。

(3) 模具设计和制造具有技术密集型的特点,设计和制造密切相关。以往模具设计和制造分别在两个不同的阶段完成,设计图纸绘制好后制造开始实施,周期相对较长。随着产品市场竞争的加剧和计算机技术的发展,产品制造周期日益缩短,对模具设计和制造周期的要求也愈来愈短,因此,模具设计和制造的交叉并行已成为必然。要在模具设计制造过程中实施并行工

程的思想。

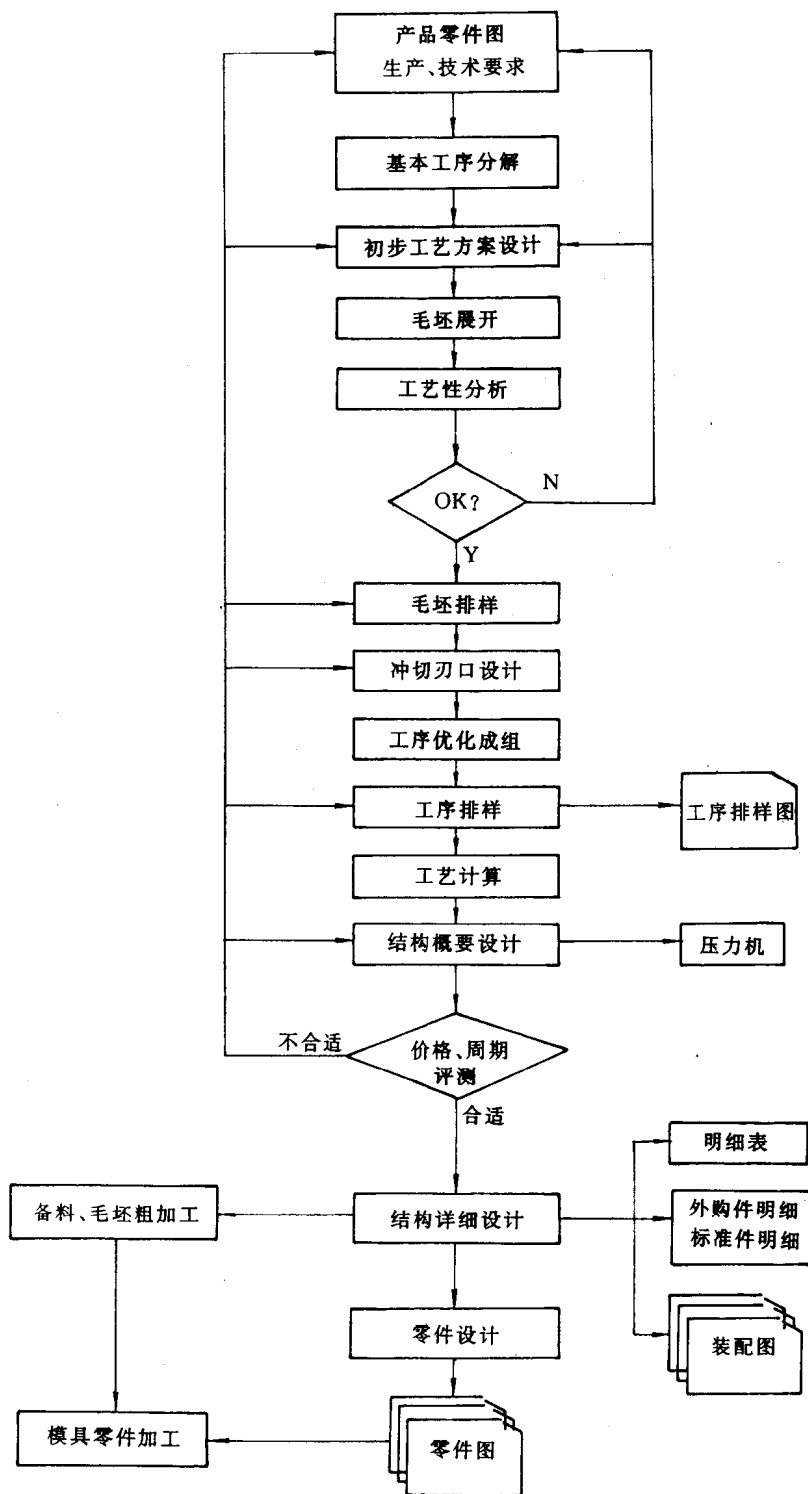


图 1-8 级进模设计流程

表 1-5 级进模设计前应掌握的数据

项 目	设计前应掌握的数据
工件与材料	板厚与精度、材质、料宽、热处理、毛刺方向的要求,纤维方向的要求
模具设计资料	批量、模具的形式、材料的送进方向的要求,凸模、凹模、导正销、误送检测器、推顶器、卸料板、导柱、限位销、浮顶销等的形式及材质,精加工方法,间隙、凹模落料角、刃口有效段长度
模具材质	凸、凹模的材质
模 架	形式、材质、尺寸、模柄尺寸
冲 床	形式、吨位、行程、每分钟冲程数、开启高度、送进方向、滑块与台面尺寸、模柄孔尺寸
尺寸标注	有效位数、尺寸公差标注要求
图 纸	图纸尺寸、图号、名称的标注要求

表 1-6 级进模设计规划表

产品名称			产品编号		
模具编号			模具交货期		
冲压加工规格			被加工材料规格		
产 量	月产		个	材 质	
总寿命			个	板 厚	
行 数			个	板料宽度	
列 数			列	板料状态	①
加工速度			r/min		②
生产方式	①	级进冲压		③	带料
	②	简单冲压			条料
	③	复合冲压			卷料
	备注			送料装置规格	
送料机构				①	
				②	
冲床规格			送进线高度		mm± (公差)
吨 位	kN		产品简图		
闭合高度	—				
模柄直径	mm				
落料孔径	×				
说明：					

第二章 冲压工艺设计

第一节 工艺设计内容

冲压工艺设计,就是根据冲压件的要求,合理安排原材料准备、各种加工工序等,使得冲压过程在经济和技术上合理可行。工艺过程设计包括以下几个方面的内容。

一、工艺方案设计

工艺方案设计就是根据冲压件的形状尺寸、材料、生产批量等特点,初步确定出冲压加工内容,并制定出几种可行的加工工艺方案,通过对产品质量、生产效率、设备条件、模具制造和寿命、操作的方便性和安全性、经济性等方面的综合比较,确定出适合具体生产条件的最佳工艺方案。

二、工艺性分析

根据产品零件的形状尺寸、材料、精度等要求,对冲压工艺方案设计中确定的各项工序内容逐一进行分析计算,确定它们对冲压工艺的适应性。对不适合冲压工艺的要求,应与有关部门协商,在保证产品使用性能的前提下,对不适合的部分进行适当修改或采取其它辅助工序方法。

三、工艺计算

为了进行模具设计和冲压加工,工艺计算首先应根据产品零件的几何形状和尺寸来计算所需毛坯的形状和尺寸,然后按照节约材料、简化模具结构的原则拟定合理的排样方案,并确定板料或条料的规格及下料方式。在模具设计之前,还应根据工艺方案计算成形力和压力中心,合理优选凸模和凹模之间的间隙等。

四、确定模具数量及功能要求

工艺设计中还应根据产品零件的工艺方案提出所需的模具数量、各模具的结构类型和基本功能要求。

五、编制工艺文件及计算说明书

冲压工艺文件一般指冲压工艺过程卡,内容包括工序名称、工序顺序、草图、模具、设备、检验要求、板料规格及性能、毛坯尺寸形状等。

设计计算说明书的内容包括冲压件工艺性分析、毛坯计算、排样及方案、工序种类及冲压次数确定、过渡形状计算、模具结构形式分析、模具工作部分尺寸计算、模具主要零件强度分

析、压力中心计算、辅助零件及设备选择说明等。

第二节 工艺方案设计

一、确定产品零件冲压工序

根据产品零件的技术要求和形状特点,选择获得零件各几何要素的合适的冲压工序,如冲孔、落料、弯曲、拉深、翻边等(图 2-1)。

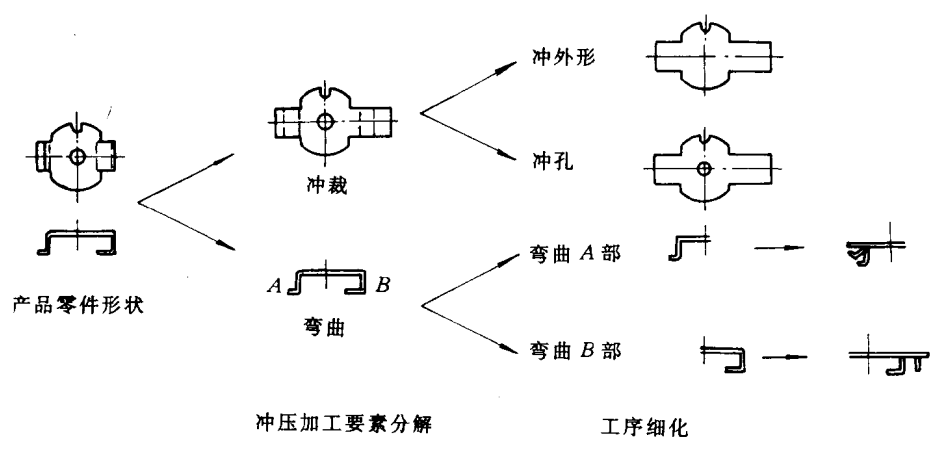


图 2-1 冲压工序分解过程

简单零件可以通过形状直观地反映出所需的冲压工序,但有些零件却需要经过分析计算才能确定选择何种冲压工序。如图 2-2 所示的零件,当 d_1, d_2 和 h 的尺寸关系不同时,会影响冲压工序的选择,可采用的工序是:

- (1) 落料—冲孔—翻边。
- (2) 落料—拉深—冲孔—翻边。

具体选择哪种工序方案则要根据产品零件的实际形状和尺寸经过计算甚至试验后方可确定。表 2-1 是一些典型弯曲件的弯曲工艺方案。

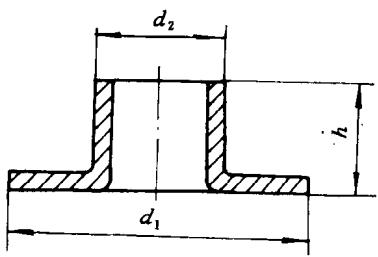


图 2-2 典型产品零件