



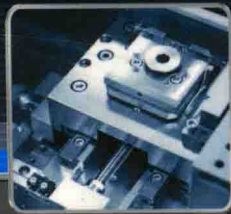
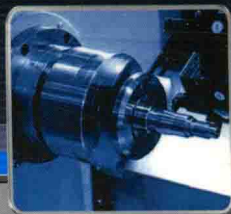
“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

冲压模具及设备

第2版

CHONGYA MUJU JI SHEBEI

◎ 徐政坤 主编





“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

冲压模具及设备

第2版

主 编 徐政坤
副主编 刘长伟 宋新华 张永江
参 编 宋 斌 文 珣
张磊明 宁同海
主 审 张 华



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书是“十二五”职业教育国家规划教材,是根据《教育部关于“十二五”职业教育教材建设的若干意见》及教育部新颁布的《高等职业学校专业教学标准(试行)》,同时参考《模具设计师职业资格标准》,在第1版的基础上进行修订的。

本书共分九章,主要介绍了冲压成形理论基础,冲裁、弯曲、拉深及其他冲压成形等冲压工序的工艺及模具设计方法,常用冲压设备的原理、结构、使用与维护,冲模材料、使用寿命、安全措施及冲压工艺过程的制订等。本书以培养技术应用能力为主线,将冲压成形原理、冲压工艺与模具设计、冲压成形设备等三门关联课程的内容进行了有机的融合,并选编了较多的应用实例和习题,突出了应用性、实用性、综合性和先进性。

本书主要作为高职院校模具设计与制造专业及机械、机电类各相关专业的教材,也可供从事模具设计与制造的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

冲压模具及设备/徐政坤主编. —2版. —北京:机械工业出版社, 2014. 10
“十二五”职业教育国家规划教材
ISBN 978-7-111-41502-2

I. ①冲… II. ①徐… III. ①冲模—高等职业教育—教材 IV. ①TG385.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第031196号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:汪光灿 责任编辑:张云鹏

版式设计:霍永明 责任校对:张晓蓉

封面设计:张静 责任印制:刘岚

涿州市京南印刷厂印刷

2015年1月第2版第1次印刷

184mm×260mm·22.5 印张·548千字

0001—2000册

标准书号:ISBN 978-7-111-41502-2

定价:45.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面防伪标均为盗版

第2版前言

本书是按照教育部《关于开展“十二五”职业教育国家规划教材选题立项工作的通知》，经过出版社初评、申报，由教育部专家组评审确定的“十二五”职业教育国家规划教材，是根据《教育部关于“十二五”职业教育教材建设的若干意见》及教育部新颁布的《高等职业学校专业教学标准（试行）》，同时参考《模具设计师职业资格标准》，在第1版基础上进行修订的。

本书主要介绍了冲压成形理论基础，冲裁、弯曲、拉深及其他冲压成形等冲压工序的工艺及模具设计方法，常用冲压设备的原理、结构、使用与维护，冲模材料、使用寿命、安全措施及冲压工艺过程的制订等。本书紧密联系生产实际，注重基本理论、基本知识的传授和基本技能的培养，融入了生产实际中的新技术、新工艺、新方法和模具专业教学改革的成功经验，力求体现应用性、实用性、综合性和先进性，突出了高职教育特色。通过本书的教学，可使学生掌握一般冲压模具设计与冲压设备的选用、使用维护方面的知识和具备解决相关实际问题的能力，逐步获得工作岗位所需的职业技能，为学生从事冲压生产与技术方面的工作打下良好的基础。

本书先后经过多次重印，受到了教师和学生的广泛好评。本次修订的主要内容如下。

1) 更新课程内容。对照相应岗位的职业标准增补或删减教材内容，并将新知识、新技术、新标准融入本书，尽可能实现课程内容与职业标准对接。

2) 对教材中的错漏进行改正，尽量采用以图（表）代文，降低难度，提高学生的学习兴趣。

3) 实例、习题主要选自生产实际，难度适中，使学生能在规定时间内理解或完成。

本书建议理论教学（含实验）时数70~80学时，综合实训2周，具体学时安排如下：

序号	教学内容	学时分配		合计
		理论课时	实验课时	
1	冲压概述	2		2
2	冲压成形的理论基础	6	2	8
3	通用冲压设备	4~6	2	6~8
4	冲裁	18~22	2	20~24
5	弯曲	8	2	10

(续)

序号	教学内容	学时分配		合计
		理论课时	实验课时	
6	拉深	10	2	12
7	其他冲压成形	6~8		6~8
8	冲压模具的使用寿命、材料及安全措施	2~4		2~4
9	冲压工艺过程的制订	4		4
合 计		60~70	10	70~80
综合实训		2 周		

本书由张家界航空工业职业技术学院徐政坤主编，张家界航空工业职业技术学院宋新华及宋斌、西安理工大学高等技术学院刘长伟、辽宁机电职业技术学院张永江、深圳信息职业技术学院张磊明、重庆理工大学汽车学院文琨、河北机电职业技术学院宁同海参与了修订，由福建信息职业技术学院张华主审。为便于教学，本书配套有助教课件，选择本书作为教材的教师可登录 www.cmpedu.com 网站，注册、免费下载。

编写过程中，编者参阅了国内出版的有关教材和资料，得到了中航工业南方航空工业（集团）有限公司周红梅的有益指导，在此一并表示衷心感谢！

本书经全国职业教育教材审定委员会曹根基、司徒渝审定。教育部专家在评审过程中对本书提出了很多宝贵的建议，在此对他们表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

第1版前言

本书是根据教育部“关于加强高职高专教材建设的若干意见”、机械工业教育发展中心“关于组织编写五年制高职教育专业教材编写的通知”及全国机械职业教育模具设计与制造专业教学指导委员会制定的“冲压模具及设备”课程基本要求和教材编写大纲,遵循“理论联系实际,体现应用性、实用性、综合性和先进性,激发创新”的原则,在总结近几年各院校模具专业教改经验的基础上编写的。本书的主要特点是:

1. 根据从事冲压成形工艺及模具设计的工程技术应用性人才的实际要求,理论以“必需、够用”为度,着眼于解决现场实际问题,同时融合相关知识为一体,突出综合素质的培养,并注意加强专业知识的广度,积极吸纳新技术,体现了应用性、实用性、综合性和先进性。

2. 将冲压成形原理、冲压工艺与模具设计、冲压成形设备三门关联课程的内容进行了有机的融合;采用通俗易懂的文字和丰富的图表,在简要介绍冲压成形基本理论的基础上,较为详细地介绍了各类冲压成形工艺及模具的设计与计算基本方法;讲述了常用冲压设备的类型、结构、选择、使用与维护等方面的基本知识;客观分析了冲压工艺、冲压模具、冲压设备、冲压材料及冲压件质量与经济性的关系,体系新颖。

3. 各章均选编了较多的应用实例和习题,重点章节精选了综合应用实例和大型连续作业,实用性和可操作性强,便于教学和自学。

本书可作为高职高专各类院校模具设计与制造专业及机械、机电类各相关专业的教材,也可供从事模具设计与制造的工程技术人员参考。

本书由张家界航空工业职业技术学院徐政坤任主编,西安理工大学高等技术学院刘长伟及辽宁机电职业技术学院张永江任副主编,福建信息职业技术学院张华主审。全书共十章,第一章、第四章(不包括第九、十节)、第十章由徐政坤编写;第二章由张家界航空工业职业技术学院宋斌编写;第三章、第四章(第九、十节)由刘长伟编写;第五章由深圳信息职业技术学院张磊明编写;第六章由重庆工业职业技术学院文俐编写;第七章由河北机电职业技术学院宁同海编写;第八章、第九章由张永江编写。

由于编者水平有限,书中错误和缺点在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2004年6月

目 录

第2版前言

第1版前言

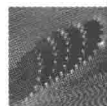
第一章 冲压概述	1
思考练习题	8

第二章 冲压成形的理论基础	9
第一节 金属塑性变形概述	9
第二节 塑性变形时的应力与应变	13
第三节 加工硬化与硬化曲线	18
第四节 冲压成形中的变形趋向性及其控制	20
第五节 冲压材料及其冲压成形性能	22
思考练习题	30

第三章 通用冲压设备	31
第一节 冲压设备的分类及型号	31
第二节 曲柄压力机	33
第三节 液压机	65
思考练习题	74

第四章 冲裁	75
第一节 冲裁变形过程分析	75
第二节 冲裁件的工艺性	80
第三节 冲裁间隙	82
第四节 凸、凹模刃口尺寸的确定	86
第五节 排样	91
第六节 冲压力与压力中心的计算	99
第七节 冲裁模的典型结构	105
第八节 冲裁模主要零部件的设计与选用	120
第九节 精密冲裁与精冲压力机	150
第十节 冲裁模设计步骤及实例	168
思考练习题	178

第五章 弯曲	180
第一节 弯曲变形过程分析	180



第二节	弯曲件的质量问题及控制	183
第三节	弯曲件的工艺性	192
第四节	弯曲件的展开尺寸计算	195
第五节	弯曲力的计算	197
第六节	弯曲件的工序安排	199
第七节	弯曲模设计	200
第八节	弯曲模设计实例	211
思考练习题		215
第六章 拉深		
第一节	拉深变形过程分析	217
第二节	拉深件的工艺性	218
第三节	旋转体拉深件毛坯尺寸的确定	223
第四节	圆筒形件的拉深工艺计算	225
第五节	拉深力、压料力与拉深压力机	229
第六节	其他形状零件的拉深	235
第七节	拉深工艺的辅助工序	245
第八节	拉深模设计	264
第九节	拉深模设计实例	266
思考练习题		273
第七章 其他冲压成形		
第一节	胀形	276
第二节	翻孔与翻边	278
第三节	缩口	287
第四节	校平与整形	295
第五节	冷挤压	301
思考练习题		304
第八章 冲压模具的使用寿命、材料及安全措施		
第一节	冲压模具的使用寿命	315
第二节	冲压模具材料	317
第三节	冲模的安全措施	321
思考练习题		326
第九章 冲压工艺过程的制订		
第一节	冲压工艺过程制订的步骤及方法	329
第二节	冲压工艺过程制订实例	330
思考练习题		339
参考文献		350

第一章 冲压概述



学习目的

掌握冲压的概念、特点及应用，熟悉冲压的基本工序及模具基本结构，了解冲压技术的现状、发展方向及冲压设计一般程序，注意本课程的特点与学习方法。



学习重点

冲压的概念、特点及应用，冲压的基本工序及模具基本结构。

一、冲压的概念、特点及应用

冲压是利用安装在冲压设备（主要是压力机）上的模具对被冲材料（金属或非金属）施加压力，使其产生分离或塑性变形，从而获得所需零件（俗称冲压件或冲件）的一种压力加工方法。冲压通常是在常温下进行，且主要采用板料来加工成所需零件，所以也称为冷冲压或板料冲压。冲压是材料压力加工或塑性加工的主要方法之一，是建立在金属塑性变形理论基础上的材料成形技术。

冲压所使用的模具称为冲压模具，简称冲模。冲模是将材料批量加工成所需冲件的专用工具。冲模在冲压中至关重要，没有符合要求的冲模，批量冲压生产就难以进行；没有先进的冲模，先进的冲压工艺就无法实现。

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

与机械加工及塑性加工的其他方法相比，冲压加工无论在技术方面还是经济方面都具有许多独特的优点。主要表现在以下几个方面。

1) 冲压加工的生产效率高，且操作方便，易于实现机械化与自动化。这是因为冲压是依靠冲模和冲压设备来完成加工，普通压力机的行程次数为每分钟几十次，高速压力机每分钟可达数百次甚至千次以上，而且每次冲压行程就可能得到一个或多个冲压件。

2) 冲压时由模具保证冲压件的尺寸与形状精度，而模具的寿命一般较长，所以冲压件的尺寸稳定，互换性好，具有“一模一样”的特征。

3) 冲压可加工出尺寸范围较大、形状较复杂的零件，如小到钟表的秒针，大到汽车纵梁、覆盖件等，加上冲压时材料的冷变形硬化效应，冲压件的强度和刚度均较高。

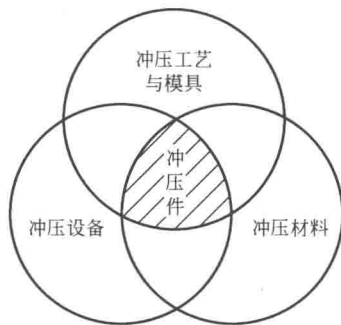


图 1-1 冲压加工的要素

4) 冲压一般没有切屑碎料生成, 材料的消耗较少, 且不需其他加热设备, 因而是一种省料、节能的加工方法, 冲压件的成本较低。

但是, 冲压加工所使用的模具一般具有专用性, 有时一个复杂零件需要数套模具才能加工成形, 且模具制造精度高, 技术要求高, 周期长, 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。

冲压在现代工业生产中, 尤其是大批量生产中应用十分广泛。许多工业部门越来越多地采用冲压方法加工产品零部件, 如汽车、农机、仪器、仪表、电子、航空、航天、家电及轻工等行业中, 冲压件所占的比例都很大, 少则 60% 以上, 多则 90% 以上。不少过去用锻造、铸造和切削加工方法制造的零件, 现在大多数也被质量小、刚度好的冲压件所代替。因此可以说, 如果生产中不广泛采用冲压工艺, 许多工业部门要提高生产效率、降低生产成本、加速产品更新换代等都是难以实现的。

二、冲压的基本工序及模具

由于冲压加工的零件种类繁多, 各类零件的形状、尺寸和精度要求又各不相同, 因而生产中采用的冲压工序也是多种多样的。概括起来, 可将冲压工序分为分离工序和成形工序两大类。分离工序是指使坯料沿一定的轮廓线分离而获得一定形状、尺寸和断面质量的冲压件 (俗称冲裁件) 的工序; 成形工序是指使坯料在不破裂的条件下产生塑性变形而获得一定形状和尺寸的冲压件的工序。

上述两类工序, 按基本变形方式不同又可分为冲裁、弯曲、拉深和成形等基本工序, 每种基本工序还包含有多种单一工序。冲压工序的具体分类及特点见表 1-1 和表 1-2。

表 1-1 分离工序

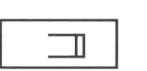
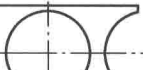
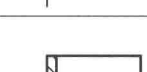
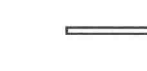
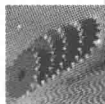
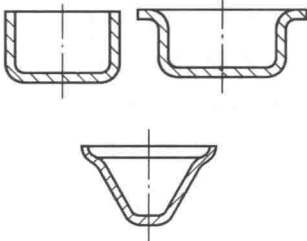
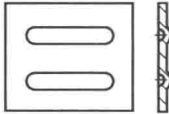
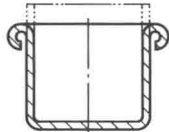
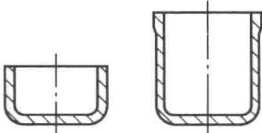
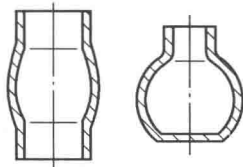
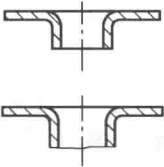
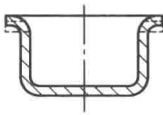
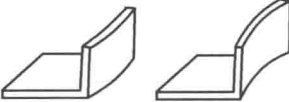
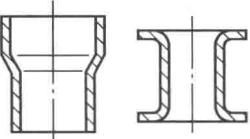
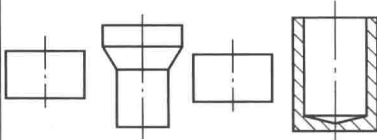
工序名称	简 图	特 点	工序名称	简 图	特 点
切 断		用剪刀或冲模切断板料, 切断线不封闭	切 口		在坯料上沿不封闭线冲出缺口, 切口部分发生弯曲
落 料		用冲模沿封闭线冲切板料, 冲下来的部分为冲件	切 边		将工件的边缘部分切除
冲 孔		用冲模沿封闭线冲切板料, 冲下来的部分为废料	剖 切		把工件切开成两个或多个零件

表 1-2 成形工序

工序名称	简 图	特 点	工序名称	简 图	特 点
弯 曲		将板料沿直线弯成一定的角度和曲率	扭 弯		把工件的一部分相对另一部分扭转成一定角度
拉 弯		在拉力和弯矩共同作用下实现弯曲变形	滚 弯		通过一系列轧辊把平板卷成复杂形状



(续)

工 序 名 称			工 序 名 称				
简 图			简 图				
特 点			特 点				
拉 探	拉 探		把平板坯料制成开口空心件,壁厚基本不变	成 形	起伏		依靠材料的伸长变形使工件形成局部凹陷或凸起
	卷缘		把空心件的口部卷成接近封闭的圆形				
变薄拉深		把空心件进一步拉深成侧壁比底部薄的零件	胀形			将空心件或管状件沿径向往外扩张,形成局部直径较大的零件	
翻孔		沿工件上孔的边缘翻出竖立边缘	整形			依靠材料的局部变形,少量改变工件形状和尺寸,以提高其精度	
翻边		沿工件的外缘翻起弧形的竖立边缘	校平			将有拱弯或翘曲的平板形件压平,以提高其平面度	
扩口		把空心件的口部扩大	冷挤压		将放在模腔内的坯料从凹模孔或凸、凹模间隙中挤出,以获得实心或空心件		
缩口		把空心件的口部缩小					

在实际生产中,当冲压件的生产批量较大、尺寸较小而公差要求较小时,若用分散的单一工序来冲压是不经济的,甚至也难以达到要求,这时在工艺上多采用工序集中的方案,即把两种或两种以上的单一工序集中在一副模具内完成,称为组合工序。根据工序组合的方法不同,又可将其分为复合、级进和复合-级进三种组合方式。

复合冲压:在压力机的一次工作行程中,在模具的同一工位上同时完成两种或两种以上不同工序的一种组合方式。

级进冲压:在压力机的一次工作行程中,按照一定的顺序在同一模具的不同工位上完成

两种或两种以上工序的一种组合方式。

复合-级进冲压：在一副冲模上包含复合和级进两种方式的组合工序。

冲模的结构类型也很多，按工序性质通常可分为冲裁模、弯曲模、拉深模、成形模和挤压模等；按工序的组合方式可分为单工序模、复合模和级进模等。但不论何种类型的冲模，都是由上模和下模两部分组成，上模被紧固在压力机滑块上，可随滑块作上、下往复运动，是冲模的活动部分；下模被固定在压力机工作台或垫板上，是冲模的固定部分。工作时，坯料在下模面上通过定位零件定位，压力机滑块带动上模下压，在模具工作零件（即凸模、凹模）的作用下，坯料便产生分离或塑性变形，从而获得所需形状与尺寸的冲件。上模回升时，模具的卸料与出件装置将冲件或废料从凸、凹模上卸下或推（顶）出来，以便进行下一次冲压循环。图1-2所示为几种常见冲模的结构简图，其中，凸模1和凹模5是工作零件，定位板3和挡料销4是定位零件，卸料板2、推件杆6、压料板（顶件板）7等构成模具卸料与出件装置，其余是模具的支承与固定零件。

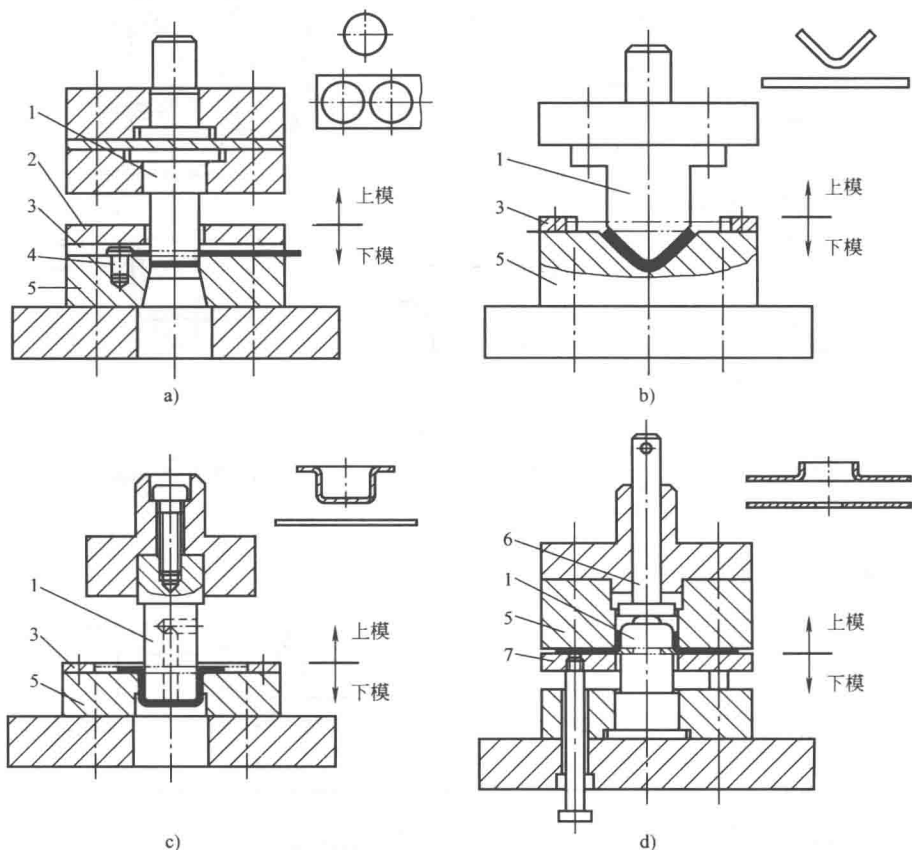


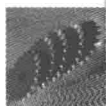
图1-2 几种常见冲模的结构简图

a) 冲裁模（落料模） b) 弯曲模 c) 拉深模 d) 成形模（翻孔模）

1—凸模 2—卸料板 3—定位板 4—挡料销 5—凹模 6—推件杆 7—压料板

三、冲压技术的现状及发展方向

随着科学技术的不断进步和工业生产的迅速发展，许多新技术、新工艺、新设备、新材



料不断涌现,从而促进了冲压技术的不断革新和发展。其主要表现和发展方向如下。

1. 冲压成形理论及冲压工艺方面

冲压成形理论的研究是提高冲压技术的基础。目前,国内外对冲压成形理论的研究非常重视,在材料冲压性能研究、冲压成形过程应力应变分析、板料变形规律研究及坯料与模具之间的相互作用研究等方面均取得了较大的进展。特别是随着计算机技术的飞跃发展和塑性变形理论的进一步完善,近年来国内外已经应用塑性成形过程的计算机模拟技术,即利用有限元(FEM)等数值分析方法模拟金属的塑性成形过程。根据分析结果,设计人员可预测某一工艺方案成形的可行性及可能出现的质量问题,并通过在计算机上选择修改相关参数,来实现工艺及模具的优化设计。这样既节省了昂贵的试模费用,也缩短了制模周期。

研究推广能提高劳动生产率及产品质量,降低成本和扩大冲压工艺应用范围的各种冲压新工艺,也是冲压技术的发展方向之一。目前,国内外相继涌现了精密冲压工艺、软模成形工艺、高能高速成形工艺、超塑性成形工艺及无模多点成形工艺等精密、高效、经济的冲压新工艺。其中,精密冲裁是提高冲裁件质量的有效方法,它扩大了冲压的加工范围。目前,精密冲裁加工零件的厚度可达25mm,精度可达IT6~IT7。用液体、橡胶、聚氨酯等作柔性凸模或凹模来代替刚性凸模或凹模的软模成形工艺,能加工出用普通加工方法难以加工的材料和复杂形状的零件,在特定生产条件下具有明显的经济效益。采用爆炸等高能高效成形方法对于加工各种尺寸大、形状复杂、批量小、强度高和精度要求较高的板料零件,具有很重要的实用意义。利用金属材料的超塑性进行超塑性成形,可以用一次成形代替多道普通的冲压成形工序,这对于加工形状复杂和大型板料零件具有突出的优越性。无模多点成形工艺是用高度可调的凸模群体代替传统模具进行板料曲面成形的一种先进工艺技术,它以CAD/CAM/CAT技术为主要手段,能快速经济地实现三维曲面的自动化成形。

2. 冲模设计与制造方面

冲模是实现冲压生产的基本条件。目前,冲模的设计和制造正朝着以下两方面发展。一方面,为了适应高速、自动、精密、安全等大批量现代生产的需要,冲模正向高效率、高精度、高寿命及多工位、多功能方向发展,与此相适应的新型模具材料及其热处理技术,各种高效、精密、数控、自动化的模具加工机床和检测设备以及模具CAD/CAM技术也正在迅速发展。另一方面,为了适应产品更新换代和试制或小批量生产的需要,锌基合金冲模、聚氨酯橡胶冲模、薄板冲模、钢带冲模、组合冲模等各种简易冲模及其制造技术也得到了迅速发展。

精密、高效的多工位及多功能级进模和大型复杂的汽车覆盖件冲模代表了现代冲模的技术水平。目前,50个工位以上的级进模进距精度可达 $2\mu\text{m}$,多功能级进模不仅可以完成冲压全过程,还可完成焊接、装配等工序。我国已能自行设计制造出达到国际水平的精密多工位级进冲模,如某机电一体化的铁芯精密自动化多功能级进模,其主要零件的制造精度达 $2\sim 5\mu\text{m}$,进距精度 $2\sim 3\mu\text{m}$,总使用寿命达1亿次。我国主要汽车模具企业,已能生产成套轿车覆盖件模具,在设计制造方法、手段方面已基本达到了国际水平,模具结构、功能方面也接近国际水平,但在制造质量、精度、制造周期和成本方面与国外相比还存在一定差距。

模具材料及热处理与表面处理工艺对模具加工质量和使用寿命的影响很大,世界各主要工业国在此方面的研究取得了较大进展,开发了许多的新钢种,其硬度可达58~70HRC,而变形只为普通工具钢的 $1/2\sim 1/5$ 。例如,火焰淬火钢可局部硬化,且无脱碳。又如,我

国研制的 65Nb、LD₁ 和 CG2 等新钢种, 具有热加工性能好、热处理变形小、抗冲击性能佳等特点。与此同时, 还发展了一些新的热处理和表面处理工艺, 主要有气体软氮化、离子氮化、渗硼、表面涂镀、化学气相沉积 (CVD)、物理气相沉积 (PVD)、激光表面处理等。这些方法能提高模具工作表面的耐磨性、硬度和耐蚀性, 使模具使用寿命大大延长。

模具制造技术现代化是模具工业发展的基础。计算机技术、信息技术、自动化技术等先进技术正在不断向传统制造技术渗透、交叉、融合, 形成了现代模具制造技术。其中, 高速铣削加工、电火花成形加工、慢走丝线切割加工、精密磨削及抛光技术、数控测量等代表了现代冲模制造的技术水平。此外, 激光快速成形技术 (RPM) 与树脂浇注技术在快速经济制模技术中得到了成功的应用。

模具 CAD/CAE/CAM 技术是改造传统模具生产方式的关键技术, 它以计算机软件的形式为用户提供一种有效的辅助工具, 使工程技术人员能借助计算机对产品、模具结构、成形工艺、数控加工及成本等进行设计和优化, 从而显著缩短模具设计与制造周期, 降低生产成本, 提高产品质量。随着功能强大的专业软件和高效集成制造设备的出现, 以三维造型为基础、基于并行工程 (CE) 的模具 CAD/CAE/CAM 技术正成为发展方向, 它能实现制造和装配的设计、成形过程的模拟和数控加工过程的仿真, 还可对模具可制造性进行评价, 使模具设计与制造一体化、智能化。

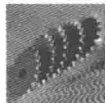
3. 冲压设备与冲压生产自动化方面

性能良好的冲压设备是提高冲压生产技术水平的基本条件, 高精度、高使用寿命、高效率的冲模需要高精度、高自动化的冲压设备相匹配。为了满足大批量高速生产的需要, 目前冲压设备也由单工位、单功能、低速压力机朝着多工位、多功能、高速和数控方向发展, 加之机械手乃至机器人的大量使用, 使冲压生产效率得到大幅度提高, 各式各样的冲压自动线和高速自动压力机纷纷投入使用。例如, 在数控四边折弯机中送入板料毛坯后, 在计算机程序控制下便可依次完成四边弯曲, 从而大幅度提高精度和生产率。又如, 在高速自动压力机上冲压电动机定、转子冲片时, 1min 可冲几百片, 并能自动叠成定、转子铁芯, 生产效率比普通压力机提高几十倍, 材料利用率高达 97%。在多功能压力机方面, 日本会田公司生产的 2000kN 冲压中心采用 CNC 控制, 只需 5min 时间就可完成自动换模、换料和调整工艺参数等工作; 美国惠特尼 (Whitney) 公司生产的 CNC 金属板材加工中心, 生产能力为普通压力机的 4~10 倍, 并能进行冲孔、分段冲裁、弯曲和拉深等多种作业。

近年来, 为了适应市场的激烈竞争, 对产品质量的要求越来越高, 且其更新换代的周期大为缩短。冲压生产为适应这一新的要求, 开发了多种适合不同批量生产的工艺、设备和模具。其中, 无需设计专用模具、性能先进的转塔数控多工位压力机、激光切割和成形机、CNC 万能折弯机等新设备已投入使用。特别是近几年来在国外已经发展起来、国内亦开始使用的冲压柔性制造单元 (FMC) 和冲压柔性制造系统 (FMS) 代表了冲压生产新的发展趋势。FMS 系统以数控冲压设备为主体, 包括板料、模具、冲压件分类存放系统、自动上料与下料系统, 生产过程完全由计算机控制, 车间实现二十四小时无人控制生产。同时, 根据不同使用要求, 可以完成各种冲压工序, 甚至焊接、装配等工序, 更换新产品方便迅速, 冲压件精度也高。

4. 冲模标准化及专业化生产方面

模具的标准化及专业化生产, 已得到模具行业的广泛重视。因为冲模属单件小批量生



产, 冲模零件既具有一定的复杂性和精密性, 又具有一定的结构典型性。因此, 只有实现了冲模的标准化, 才能使冲模和冲模零件的生产实现专业化、商品化, 从而降低模具成本, 提高模具质量和缩短制造周期。目前, 国外先进工业国家模具标准化生产程度已达 70% ~ 80%, 模具厂只需设计制造工作零件, 大部分模具零件均从标准件厂购买, 使生产效率大幅度提高。模具制造厂专业化程度越来越高, 分工越来越细, 如目前有模架厂、顶杆厂、热处理厂等, 甚至某些模具厂仅专业化制造某类产品的冲裁模或弯曲模, 这样更有利于制造水平的提高和制造周期的缩短。我国冲模标准化与专业生产近年来也有较大进展, 除反映在标准件专业化生产厂家有较多增加外, 标准件品种也有扩展, 精度亦有提高。但总体情况还满足不了模具工业发展的要求, 主要体现在标准化程度还不高 (一般在 40% 以下), 标准件的品种和规格较少, 大多数标准件厂家未形成规模化生产, 标准件质量也还存在一些问题。另外, 标准件生产的销售、供货、服务等都还有待于进一步提高。

四、冲压设计的一般程序

冲压设计包括冲压工艺设计、冲压设备选用及冲压模具设计等。冲压设计时需考虑的问题较多, 主要包括以下几方面。

- 1) 产品零件的质量要求。
- 2) 产品零件对冲压加工的适应性。
- 3) 产品零件的生产批量。
- 4) 冲压设备条件。
- 5) 模具制造条件及技术水平。
- 6) 冲压原材料性能、规格及供应状况。
- 7) 操作方便与安全生产。
- 8) 企业管理水平。

因此, 进行冲压工艺设计时, 应该综合考虑各方面的因素, 通过认真的分析比较, 最终确定出最佳设计方案。

冲压设计一般按以下工作程序进行。

- 1) 收集冲压设计必需的原始资料。冲压设计的原始资料主要包括产品零件图样 (或样件) 及技术要求、产品零件的生产批量、车间冲压设备及模具制造条件、有关冲模标准化资料等。
- 2) 分析产品零件的冲压工艺性。如了解零件的功用及使用要求、分析零件对冲压方法的适用性及经济性等。
- 3) 确定冲压工艺方案。如确定冲压加工的方法、加工工序的顺序及组合方式等。
- 4) 确定模具结构方案。如确定冲模的类型、操作定位方式、卸料出件方式、模架类型等。
- 5) 进行有关工艺计算。如计算坯料尺寸、排样、材料利用率、工序尺寸、模具工作部分尺寸、冲压力及压力中心等。
- 6) 选择冲压设备。如选择冲压设备的类型及规格。
- 7) 编制冲压工艺规程卡片。如编制冲压工艺过程卡或冲压工序卡。
- 8) 进行模具的总体设计。如设计模具总装结构草图。

- 9) 进行模具的主要零部件设计。如设计或选用模具零部件。
- 10) 校核冲压设备。如校核冲压设备的装模尺寸及操作的安全性。
- 11) 绘制模具总装图和零件图。如绘制完整的模具总装图及非标准模具零件图。
- 12) 校核模具图样。如全面审核模具图样。
- 13) 编写设计说明书。

应当说明的是,上述冲压设计的工作程序并非一成不变,在某些情况下需要交叉进行,因此设计过程要视具体情况灵活掌握。

五、本课程的学习要求与学习方法

本课程融合了冲压成形原理、冲压工艺与冲模设计、冲压成形设备等主要内容,是模具设计与制造专业的一门主干专业课。通过本课程的学习,应初步掌握冲压工艺过程设计及模具设计的基本方法,合理选择、使用和维护冲压设备,具有设计中等复杂程度冲压件的冲压工艺及模具的能力,并能应用相关知识分析解决冲压生产中常见的产品质量及模具方面的技术问题,了解冲压新工艺、新模具、新设备及冲压技术的发展动向。

本课程是一门实践性和实用性很强的课程,它以金属学与热处理、金属塑性成形原理以及机械制图、工程力学、机械设计等技术基础课程为基础,与模具制造技术紧密相关,因此学习时不但要注意系统学好本课程的基础理论知识,而且要密切联系生产实际,认真参加实验、实训、课程设计等实践性教学环节,同时还要注意沟通与基础课程和相关课程知识间的联系,培养综合运用所学知识分析解决实际问题的能力。



思考练习题

- 1-1 什么是冲压?它与其他加工方法相比有什么特点?
- 1-2 为何冲压加工的优越性只有在批量生产的情况下才能得到充分体现?
- 1-3 冲压工序可分为哪两大类?它们的主要区别和特点是什么?
- 1-4 简述冲压技术的发展方向。

第二章 冲压成形的理论基础



学习目的

熟悉金属塑性与塑性变形的概念、影响因素、变形规律及冲压变形趋向性的控制，初步掌握冲压材料的成形性能、性能试验方法、冲压对材料的基本要求及材料的选用原则。



学习重点

影响金属塑性的因素，塑性变形时应力与应变关系，硬化与卸载规律，变形趋向性及控制，材料的冲压性能及选用。

冲压成形是金属塑性加工的主要方法之一，冲压成形的理论是建立在金属塑性变形理论的基础之上。因此，要掌握冲压成形技术，就必须对金属的塑性变形性质、规律及材料的冲压成形性能等有充分的认识。

第一节 金属塑性变形概述

一、塑性变形的物理概念

在金属物体中，原子之间作用着相当大的力，足以抵抗重力的作用，所以在没有其他外力作用的条件下，物体将保持自有的形状和尺寸。当物体受到外力作用之后，物体的形状和尺寸将发生变化，这种现象称为变形。变形的实质就是物体内部原子间的距离产生变化。

若作用于物体的外力除去以后，由外力引起的变形随之消失，物体能完全恢复成原有的形状和尺寸，这样的变形称为弹性变形。

若作用于物体的外力除去以后，物体并不能完全恢复到原有的形状和尺寸，这样的变形称为塑性变形。

塑性变形和弹性变形一样，它们都是在变形体不破坏的条件下进行的，或是在变形体局部区域不破坏的条件下进行的（即连续性不破坏）。

金属材料在外力作用下，既能产生弹性变形，又能从弹性变形发展到塑性变形，是一种具有弹塑性的工程材料。

二、塑性与变形抗力

所谓塑性，是指物体在外力的作用下产生永久变形而不破坏其完整性的能力。物体材料