

高等职业院校国家技能型紧缺人才培养培训工程规划教材
· 数控技术应用专业



冲压工艺与模具设计

王小彬 主编

姜琳 闫波 副主编

蒋建强 主审



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

高等职业院校国家技能型紧缺人才培养培训工程规划教材·数控技术应用专业

冲压工艺与模具设计

王小彬 主 编

娄 琳 副主编
闫 波

蒋建强 主 审



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是根据教育部最新颁布的课程要求,并结合高职高专的特点编写的。全书共分八章,主要包括冲压加工的基础知识,冲裁、弯曲和拉深工艺及其模具设计,其他成形工艺与模具设计,冷挤压工艺及其模具设计,模具材料与寿命,模具的安装使用与冲压自动化等。全书结构严谨,具有实用性、系统性和先进性的特点。

本书可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。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

冲压工艺与模具设计/王小彬主编. —北京:电子工业出版社, 2006. 3

高等职业院校国家技能型紧缺人才培养培训工程规划教材·数控技术应用专业
ISBN 7-121-02015-7

I. 冲… II. 王… III. ①冲压—工艺—高等学校:技术学校—教材 ②冲模—设计—高等学校:技术学校—教材 IV. TG38

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 158465 号

责任编辑:陈晓明 特约编辑:高文勇

印 刷:北京市李史山胶印厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:20.5 字数:525 千字

印 次:2006 年 3 月第 1 次印刷

印 数:4 000 册 定价:28.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。
联系电话:(010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

出版说明

高等职业教育是我国高等教育体系的重要组成部分,也是我国职业教育体系的重要组成部分。社会需求是职业教育发展的最大动力。根据劳动市场技能人才的紧缺状况和相关行业人员资源需求预测,教育部会同劳动和社会保障部、国防科工委、信息产业部、交通部、卫生部启动了“职业院校制造业和现代服务业技能型紧缺人才培养培训工程”,明确了高等职业教育的根本任务是要从劳动力市场的实际需要出发,坚持以就业为导向,以全面素质为基础,以能力为本位,把提高学生的职业能力放在突出的位置,加强实践教学,努力造就数以千万计的制造业和现代服务业一线迫切需要的高素质技能型人才,并且优先确定了“数控技术应用”、“计算机应用与软件技术”、“汽车运用与维修”、“护理”等四个专业领域,在全国选择确定 200 多所高职院校作为承担技能型紧缺人才培养培训工程示范性院校,其中计算机应用与软件技术专业 79 所,软件示范性高职院校 35 所,数控技术应用专业 90 所,汽车运用与维修专业 63 所。为加快实施技能型人才培养培训工程,教育部决定,在 3~5 年内,高职院校学制要由 3 年逐步改为 2 年。

为了适应高等职业教育发展与改革的新形势,电子工业出版社在国家教育部、信息产业部有关司局的支持、指导和帮助下,进行了调研,探索出版符合高等职业教育教学模式、教学方法、学制改革的新教材的路子,并于 2004 年 4 月 3 日~13 日在南京分别召开了“计算机应用与软件技术”、“数控技术应用”、“汽车运用与维修”等 3 个专业的教材研讨会。参加会议的 150 多名骨干教师来自全国 100 多所高职院校,很多教师是双师型的教师,具有丰富的教学经验和实践经验。会议根据教育部制定的 3 个专业的高职两年制培养建议方案,确定了主干课程和基础课程共 60 个选题,其中,“计算机应用与软件技术专业”30 个;“数控技术应用专业”12 个;汽车运用与维修专业 18 个。

这批教材的编写指导思想是以两年制高等职业教育技能型人才为培养目标,明确职业岗位对专业核心能力和一般专业能力的要求,重点培养学生的技术运用能力和岗位工作能力,并围绕核心能力的培养形成系列课程链路。教材编写注重技能性、实用性,加强实验、实训、实习等实践环节。教材的编写内容和学时数较以往教材有根本的变化,不但对教材内容系统地进行了精选、优化和压缩,而且适当考虑了相应的职业资格证书的课程内容,有利于学生在获得学历证书的同时,顺利获得相应的职业资格证书,增强学生的就业竞争能力。为了突出教学效果,这批教材将配备电子教案,重点教材将配备多媒体课件。

这批教材按照两年制高职教学计划编写。第一学期教学所用的基础教材将于 2004 年 9 月前出版。第二学期及之后的教材大部分将于 2004 年 12 月前出版。这批教材是伴随着高等职业教育的改革与发展而问世的,可满足当前两年制高等职业教育教学的需求,教材所存在的一些不尽如人意之处,将在今后的教学实践中不断修订、完善和充实。我们将在教育部和信息产业部的指导和帮助下,一如既往地依靠业内专家,与科研、教学、产业第一线人员紧密结合,加强合作,与时俱进,不断开拓,为高等职业教育提供优质的教学资源和服务。

电子工业出版社
高等职业教育教材事业部
2004 年 8 月

参与编写“高等职业院校国家技能型紧缺人才培养培训工程 规划教材”的院校及单位名单

吉林交通职业技术学院
长春汽车高等专科学校
山西交通职业技术学院
湖南交通职业技术学院
云南交通职业技术学院
南京交通职业技术学院
陕西交通职业技术学院
浙江交通职业技术学院
江西交通职业技术学院
福建交通职业技术学院
南京工业职业技术学院
浙江工贸职业技术学院
四川职业技术学院
郴州职业技术学院
浙江师范大学高等技术学院
辽宁铁岭农业职业技术学院
河北承德石油高等专科学校
邢台职业技术学院
保定职业技术学院
武汉工交职业学院
湖南生物机电职业技术学院
大庆职业学院
三峡大学职业技术学院
无锡职业技术学院
哈尔滨工业大学华德应用技术学院
长治职业技术学院
江西机电职业技术学院
湖北省襄樊机电工程学院
河南漯河职业技术学院
吉林电子信息职业技术学院
陕西国防工业职业技术学院
天津中德职业技术学院
河南机电高等专科学校
平原大学

苏州工业园区职业技术学院
九江职业技术学院
宁波大红鹰职业技术学院
无锡轻工职业技术学院
江苏省宜兴轻工业学院
湖南铁道职业技术学院
顺德职业技术学院
广东机电职业技术学院
常州机电职业技术学院
常州轻工职业技术学院
南京工程学院数控培训中心
上海市教育科学研究院
深圳职业技术学院
深圳信息职业技术学院
湖北轻工职业技术学院
上海师范大学
广东技术师范学院
包头职业技术学院
山东济宁职业技术学院
无锡科技职业学院
钟山学院信息工程系
合肥通用职业技术学院
广东轻工职业技术学院
山东信息职业技术学院
大连东软信息技术学院
西北工业大学金叶信息技术学院
福建信息职业技术学院
福州大学工程技术学院
江苏信息职业技术学院
辽宁信息职业技术学院
华北工学院软件职业技术学院
南海东软信息技术职业学院
天津电子信息职业技术学院
北京信息职业技术学院

安徽新华学院
安徽文达信息技术职业学院
杭州电子工业学院软件职业技术学院
常州信息职业技术学院
武汉软件职业学院
长春工业大学软件职业技术学院
淮安信息职业技术学院
上海电机高等专科学校
安徽电子信息职业技术学院
上海托普信息技术学院
浙江工业大学
内蒙古电子信息职业学院
武汉职业技术学院
南京师范大学计算机系
苏州托普信息技术学院
北京联合大学
安徽滁州职业技术学院
新疆农业职业技术学院
上海交通大学软件学院
天津职业大学
沈阳职业技术学院
南京信息职业技术学院
南京四开电子有限公司
新加坡 MTS 数控公司
上海宇龙软件工程有限公司
北京富益电子技术开发公司
安徽职业技术学院
河北化工医药职业技术学院
河北工业职业技术学院
河北师大职业技术学院
北京轻工职业技术学院
成都电子机械高等专科学校
广州铁路职业技术学院
广东番禺职业技术学院
桂林电子工业学院高职学院
桂林工学院
河南职业技术师范学院
黄冈职业技术学院
黄石高等专科学校

湖北孝感职业技术学院
湖南信息职业技术学院
江西蓝天职业技术学院
江西渝州科技职业技术学院
江西工业职业技术学院
柳州职业技术学院
南京金陵科技学院
西安科技学院
西安电子科技大学
上海新侨职业技术学院
四川工商职业技术学院
绵阳职业技术学院
苏州工商职业技术学院
天津渤海职业技术学院
宁波高等专科学校
太原电力高等专科学校
无锡商业职业技术学院
新乡师范高等专科学校
浙江水利水电专科学校
浙江工商职业技术学院
杭州职业技术学院
浙江财经学院信息学院
台州职业技术学院
湛江海洋大学海滨学院
天津滨海职业技术学院

前 言

本教材是根据教育部“关于加强高职高专教育教材建设的若干意见”和“冲压工艺与模具设计”课程教学大纲编写的,以培养学生从事实际工作的基本能力和基本技能为目的,理论知识以必需、够用为度。在阐明冲压工艺的基础上,详细叙述了正确设计冲压模具结构的基本方法。

本书的主要特点如下:

(1) 作为一门专业课,本书将冲压工艺与冲压模具紧密结合,使读者能综合掌握冲压技术。

(2) “冲压工艺与模具设计”具有极强的实践性特点,本书力求理论联系实际,引用了大量的实例,对典型模具结构进行分析,加深读者对课程内容的理解。

(3) 本书在编写过程中,严格遵循“实用性、综合性、先进性和创新性”的原则。

(4) 根据能力为本位的思想,省略了一些繁琐的理论推导及复杂计算,而注重实际应用知识和拓展读者知识面。

本书计划为 100 学时左右。

本书由吉林电子信息职业技术学院王小彬老师担任主编,漯河职业技术学院娄琳老师和山西机电职业技术学院闫波老师担任副主编,苏州经贸职业技术学院蒋建强老师担任主审。

本书编写分工情况如下:第 2、3、4、5、6 章由王小彬编写;第 1、8 章由娄琳编写;第 7 章由闫波编写,全书由王小彬统稿。参编老师还有吉林电子信息职业技术学院汤春雨老师和于均老师、天津大学机械学院范胜波老师、天津理工大学机械学院董艇舰老师、三峡大学职业技术学院唐耀红老师、泰山职业技术学院韩廷水老师、青岛市轻工工程学校葛秀光老师。

本书所有参考文献均在书后列出,在此对相关作者表示谢意!

由于编者水平有限,加之编写时间仓促,书中缺点错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者
2005 年 7 月

目 录

第 1 章 冲压加工的基础知识	(1)
1.1 冲压加工的基本概念与基本工序	(1)
1.1.1 冲压加工的基本概念	(1)
1.1.2 冲压加工的基本工序	(1)
1.2 金属塑性变形的力学规律	(4)
1.2.1 塑性、变形抗力及其影响因素	(4)
1.2.2 加工硬化与硬化曲线	(6)
1.2.3 加载-卸载规律与反载软化现象	(9)
1.2.4 塑性变形时应力与应变的关系	(10)
1.3 冲压成形的力学特点及其变形趋向性	(11)
1.3.1 冲压成形时的力学特点	(11)
1.3.2 冲压变形的分类	(11)
1.3.3 冲压变形中的变形趋向性	(12)
1.3.4 变形趋向性的控制	(13)
1.4 冲压材料及其冲压成形性能	(14)
1.4.1 材料的冲压成形性能	(14)
1.4.2 对冲压材料的基本要求	(15)
1.4.3 冲压常用材料及选用	(16)
习题 1	(17)
第 2 章 冲裁工艺与冲裁模设计	(18)
2.1 冲裁工艺分析	(18)
2.1.1 冲裁变形过程	(18)
2.1.2 冲裁断面质量分析	(19)
2.2 冲压力和压力中心的确定	(21)
2.2.1 冲裁力、卸料力及推件力的计算	(21)
2.2.2 压力机公称压力的确定	(24)
2.2.3 压力中心的确定	(25)
2.3 冲裁间隙	(27)
2.3.1 间隙的影响	(27)
2.3.2 间隙大小的确定	(29)
2.4 冲裁模工作部分的设计计算	(34)
2.4.1 冲裁模刃口尺寸的计算	(34)
2.4.2 计算举例	(38)
2.5 排样设计	(40)
2.5.1 材料利用率	(41)

2.5.2	排样方法	(42)
2.5.3	搭边和条料宽度的确定	(44)
2.6	冲裁工艺设计	(49)
2.6.1	冲裁件的工艺性	(49)
2.6.2	冲裁工艺方案的确定	(52)
2.7	冲裁模典型结构分析	(54)
2.7.1	冲裁模的分类	(55)
2.7.2	冲裁模的结构组成	(55)
2.7.3	冲裁模的典型结构	(56)
2.8	冲模主要零部件的设计	(69)
2.8.1	工作零件	(69)
2.8.2	定位零件	(75)
2.8.3	压料及卸料零件	(81)
2.8.4	固定与紧固零件	(83)
2.8.5	导向零件	(85)
2.8.6	冲模的标准组合	(87)
2.9	冲裁模设计步骤及实例	(88)
2.9.1	冲裁模设计步骤	(88)
2.9.2	冲裁模设计实例	(92)
习题 2		(99)
第 3 章	弯曲工艺与弯曲模设计	(102)
3.1	弯曲变形分析	(102)
3.1.1	弯曲变形过程及特点	(102)
3.1.2	塑性弯曲变形区的应力、应变状态	(104)
3.2	弯曲工艺设计	(107)
3.2.1	最小弯曲半径的确定	(107)
3.2.2	弯曲件的工艺性	(108)
3.2.3	弯曲件的工序安排	(112)
3.3	弯曲力的计算	(113)
3.3.1	弯曲力的计算	(113)
3.3.2	顶件力和压边力	(114)
3.3.3	压力机公称压力的确定	(114)
3.4	弯曲件的毛坯长度计算	(114)
3.4.1	应变中性层的位置	(114)
3.4.2	$r > 0.5r$ 的弯曲件	(114)
3.4.3	$r < 0.5r$ 的弯曲件	(115)
3.4.4	铰链式弯曲件	(115)
3.5	弯曲模工作部分尺寸的设计	(117)
3.5.1	凸、凹模圆角半径	(117)

3.5.2	凹模工作深度	(118)
3.5.3	弯曲凸模和凹模的间隙	(119)
3.5.4	U 形件弯曲凸、凹模宽度尺寸及公差	(119)
3.6	弯曲模的结构设计	(120)
3.6.1	弯曲模结构设计要点	(120)
3.6.2	弯曲模的典型结构	(120)
3.7	弯曲模设计实例	(128)
3.8	提高弯曲件精度的工艺措施	(132)
3.8.1	拉裂	(132)
3.8.2	截面畸变	(133)
3.8.3	翘曲	(133)
3.8.4	弯曲回弹	(134)
习题 3		(137)
第 4 章	拉深工艺与拉深模设计	(139)
4.1	拉深变形分析	(139)
4.1.1	拉深变形过程分析	(139)
4.1.2	起皱与拉裂	(144)
4.2	旋转体拉深件毛坯尺寸计算	(146)
4.2.1	坯料形状和尺寸确定的依据	(146)
4.2.2	形状简单的旋转体拉深件毛坯直径的计算	(147)
4.2.3	形状复杂的旋转体拉深件毛坯直径的计算	(149)
4.3	圆筒形件的拉深系数和工序尺寸计算	(150)
4.3.1	拉深系数	(150)
4.3.2	无凸缘圆筒形件工序尺寸的确定	(153)
4.3.3	带凸缘圆筒形件拉深方法及工序尺寸的确定	(156)
4.3.4	阶梯圆筒件的拉深	(162)
4.4	其他旋转体零件的拉深	(165)
4.4.1	概述	(165)
4.4.2	球面零件的拉深	(166)
4.4.3	锥形零件的拉深	(168)
4.4.4	抛物面零件的拉深	(171)
4.5	盒形件拉深	(171)
4.5.1	盒形件拉深的特点	(171)
4.5.2	盒形(包括正方形)件毛坯尺寸的确定	(173)
4.5.3	盒形件多次拉深工艺计算	(175)
4.6	压料力、压料圈及拉深力的确定	(180)
4.6.1	压料力的计算	(180)
4.6.2	拉深力及拉深功的计算	(183)
4.7	拉深模工作部分的尺寸设计	(184)

4.7.1	凸、凹模的圆角半径	(184)
4.7.2	凸、凹模间隙	(185)
4.7.3	凸、凹模工作部分尺寸及公差确定	(186)
4.8	拉深模结构与设计	(187)
4.8.1	拉深模的分类	(187)
4.8.2	单动压力机用拉深模	(188)
4.8.3	双动压力机用拉深模	(190)
4.9	拉深工艺设计	(190)
4.9.1	拉深件的工艺性	(190)
4.9.2	工序设计	(191)
4.9.3	拉深中的润滑	(193)
4.9.4	拉深工序间的坯件热处理	(193)
4.9.5	酸洗	(194)
4.10	其他拉深方法及模具	(194)
4.10.1	变薄拉深	(194)
4.10.2	温差拉深	(197)
习题 4		(198)
第 5 章	其他冲压成形工艺与模具设计	(201)
5.1	胀形	(201)
5.1.1	胀形的变形特点	(201)
5.1.2	平板坯料的局部胀形	(202)
5.1.3	空心坯料的胀形	(205)
5.2	翻孔与翻边	(211)
5.2.1	翻孔	(211)
5.2.2	翻边	(216)
5.2.3	翻孔翻边模结构设计	(217)
5.2.4	翻孔模设计实例	(219)
5.3	缩口	(221)
5.3.1	缩口成形的特点与缩口系数	(221)
5.3.2	缩口工艺计算	(223)
5.3.3	缩口模结构设计	(224)
5.3.4	缩口模设计实例	(225)
5.4	校平与整形	(226)
5.4.1	校平	(227)
5.4.2	整形	(229)
5.5	旋压	(230)
5.5.1	不变薄旋压	(230)
5.5.2	变薄旋压	(231)
习题 5		(233)

第 6 章 冷挤压工艺与冷挤压模设计	(235)
6.1 冷挤压分类、特点及应用	(235)
6.1.1 冷挤压的分类	(235)
6.1.2 冷挤压的特点及应用	(237)
6.1.3 当前应用冷挤压技术应解决的主要问题	(238)
6.2 冷挤压的变形程度	(238)
6.2.1 冷挤压变形程度的表示方法	(238)
6.2.2 许用变形程度	(238)
6.3 冷挤压用材料及坯料制备	(241)
6.3.1 冷挤压用材料	(241)
6.3.2 冷挤压的坯料制备	(241)
6.3.3 冷挤压坯料的软化处理	(243)
6.3.4 冷挤压坯料的表面处理和润滑	(243)
6.4 冷挤压工艺设计	(244)
6.4.1 冷挤压件的工艺性	(244)
6.4.2 冷挤压工艺过程的制订	(247)
6.4.3 冷挤压力计算	(251)
6.4.4 冷挤压变形工艺制定实例	(256)
6.5 冷挤压模具设计	(258)
6.5.1 冷挤压模具的基本结构	(258)
6.5.2 冷挤压模具设计	(261)
6.6 温热挤压简介	(266)
习题 6	(267)
第 7 章 冲压模具材料与寿命	(268)
7.1 冲模材料	(268)
7.1.1 冲模材料的性能和种类	(268)
7.1.2 冲模材料的选用及热处理要求	(271)
7.2 冲模寿命	(278)
7.2.1 冲模失效的方式与原因	(278)
7.2.2 影响冲模寿命的因素及提高冲模寿命的措施	(279)
习题 7	(281)
第 8 章 冲模的安装使用及冲压生产自动化	(282)
8.1 冲模的安装使用	(282)
8.1.1 冲压设备的选择	(282)
8.1.2 冲模的装配与调试	(286)
8.1.3 冲模安全技术	(292)
8.2 冲压生产自动化	(295)
8.2.1 冲压生产自动化概述	(295)
8.2.2 自动送料装置	(295)

8.2.3 自动出件装置	(309)
8.2.4 自动检测与保护装置	(310)
习题 8	(312)
参考文献	(313)

第1章 冲压加工的基础知识

1.1 冲压加工的基本概念与基本工序

1.1.1 冲压加工的基本概念

冲压是利用安装在冲压设备（主要是压力机）上的模具对材料施加压力，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对材料进行冷变形加工，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。

冲压加工三要素是冲压工艺与模具、冲压设备和冲压材料。冲压材料主要指各种板料或带料，如钢板、铜、铝及其合金板料等。冲压所使用的模具称为冲压模具，简称冲模。冲模是将材料（金属或非金属）批量加工成所需冲件的专用工具。冲压设备是指进行冲压加工所必需的成套机器、装置、生产线或加工中心。现在生产中采用的多为传统的冲压设备，主要包括各种机械压力机、液压机等。

冲压加工与机械加工、其他塑性加工方法相比，无论在技术方面还是经济方面都具有许多独特的优点，主要表现如下：

（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。

（2）冲压时模具保证了冲压件的尺寸与形状精度，且一般不破坏冲压材料的表面质量，而模具的寿命一般较长，所以冲压件的质量稳定，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，加上冲压时材料的加工硬化效应，冲压件的强度和刚度均较高。

（4）冲压一般没有切屑碎料生成，材料的消耗较少，且不需要其他加热设备，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，且模具制造的精度高，技术要求高，是技术密集型产品。因此，只有在生产批量较大的情况下，冲压加工的优点才能充分体现出来，获得较好的经济效益。

综上所述，冲压技术在工业生产中，尤其在大批量生产中应用十分广泛。许多工业部门都越来越多地采用冲压工艺制造产品零部件，如汽车、拖拉机、电器、仪表、电子、国防以及日用品等行业。

1.1.2 冲压加工的基本工序

由于冲压件种类繁多，因此生产中所采用的冲压工艺方法也是多种多样的，概括起来可分为两大类：分离工序和成形工序。分离工序是指使板料按一定的轮廓分离而获得一定形状、尺寸和切断面质量的工件（俗称冲裁件）的冲压工序；成形工序是指板料在不断裂分离的条

件下产生塑性变形而获得一定形状和尺寸的工件的冲压工序。

上述两类工序，按冲压方式不同又具体分为很多基本工序，见表 1.1、表 1.2 所示。

表 1.1 分离工序

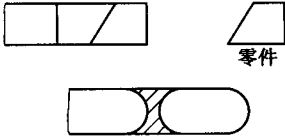
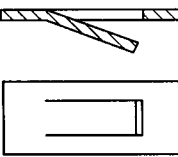
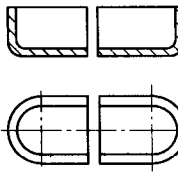
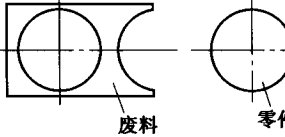
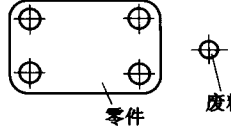
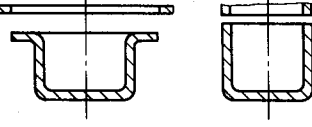
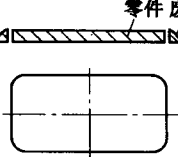
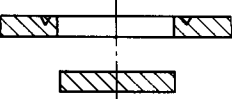
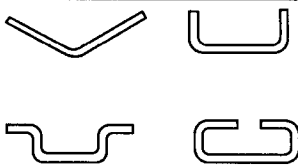
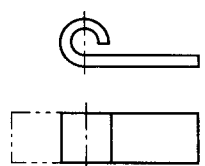
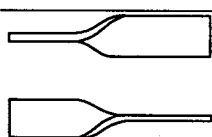
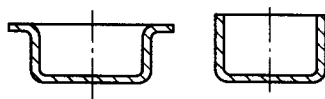
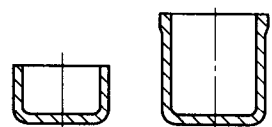
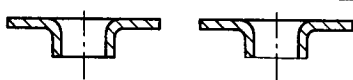
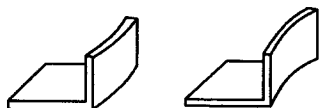
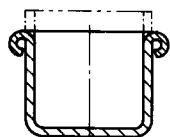
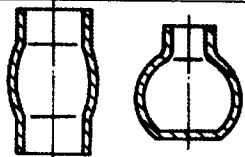
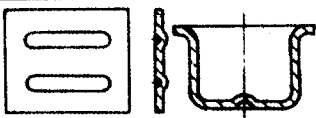
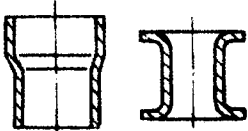
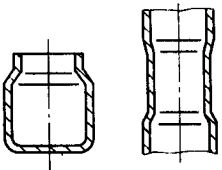
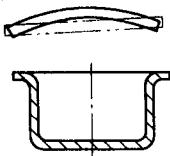
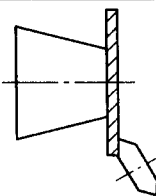
工 序 名 称		简 图	特点及应用范围
冲 裁	切断	 零件	用冲头、凹模（或上、下刀刃）使板料沿不封闭的轮廓断裂分离的一种冲裁工序。其断裂分离之轮廓线有的为直线，有的为曲线（此时有叫冲缺口的），有的为半封闭形（此时有叫冲槽的）
	切口		使坯料沿不封闭的轮廓线部分割断开，而不完全分离成两部分的一种冲裁加工。其中被分开的部分有的基本上位于板平面（此时有叫切开的），有的与板平面成一定角度（此时有叫切舌的）。
	剖切		将半成品坯料件按其剖面断裂分离成几个部分的一种冲裁加工
	落料	 废料 零件	使板料沿封闭的轮廓线断裂分离（落下去的部分为工件）的一种冲裁加工
	冲孔	 零件 废料	使平板坯料沿封闭的轮廓线断裂分离（冲下去的部分为废料）的一种冲裁加工
	切（修）边		将半成品坯料件不规整或多余的边缘部分切离掉的一种冲裁加工
整修		 零件 废料	对落料件的外缘部分进行再次冲切的一种整修方法
精密冲裁			精密冲裁是在冲裁的基础上，采取了强力的齿圈压边与反顶力、近乎零的小间隙以及采用小圆角刃口等工艺措施而实现板料塑性分离的冲压分离加工方法。其变形条件要求较高，但其工件的断面及工件的质量在分离加工中为最好。精密冲裁简称精冲，其基本工序主要有精冲落料和精冲孔

表 1.2 成形工序

工 序 名 称	工 序 简 图	特点及应用范围
弯曲		用弯曲模使材料产生塑性变形，从而弯成一定曲率、一定角度的零件，它可以加工各种复杂的弯曲件
卷边		卷边又称为卷圆或卷缘，是一种使板料四周边缘处或半成品工序件的端部卷曲成接近圆筒状的零件的冲压成形工序
拉弯		在拉力与弯矩共同作用下实现弯曲变形，使坯料的整个弯曲横断面全部受拉应力作用，从而提高弯曲件精度
扭弯		将平直或局部平直工件的一部分相对另一部分扭转一定角度
拉深		使金属平板坯料外缘缩小、变成立体带底（直壁平底）零件的一种冲压成形方法，壁厚基本不变
变薄拉深		把空心件进一步拉深成侧壁比底部薄的零件
翻孔		沿内孔周围将材料翻成竖边，其直径比内孔大
翻边		沿工件的外缘翻成侧立短边
卷缘		将空心件的口部卷成接近封闭的圆形
胀形		将空心件或管形件沿径向往外扩张，形成局部直径较大的零件

续表

工 序 名 称	工 序 简 图	特点及应用范围
起伏		依靠材料的伸长变形使工件形成局部凹陷或凸起
扩口		将空心件或管状件的口部扩大, 形成口部直径较大的零件
缩口缩径		将空心件或管状件口部或中部加压使其直径缩小, 形成口部或中部直径较小的零件
校平整形		校平是将拱弯或翘曲的平板形零件压平以提高其平直度; 整形是依靠材料的局部变形, 少量改变零件形状和尺寸, 以提高工件的精度
旋压		用滚轮使旋转状态下的坯料逐步成形为各种旋转体空心件

在实际生产中, 当生产批量大、尺寸较小而公差要求较低的工件时, 如果用分散的单一工序来冲压是不经济甚至难以达到要求的, 一般采用组合工序, 即把两种或两种以上的单独工序组合成一道工序, 构成所谓复合、级进、复合-级进等组合工序。

为了进一步提高劳动生产率, 充分发挥冲压加工的优点, 还可应用冲压方法进行产品的某些装配工作, 可以安排单独的装配工序, 也可把装配工序组合在级进组合工序中。

1.2 金属塑性变形的力学规律

1.2.1 塑性、变形抗力及其影响因素

1.2.1.1 塑性变形、塑性、变形抗力的概念

在固体材料中, 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。