

高职高专机电类规划教材

冷冲压技术

翁其金 主编



机械工业出版社
China Machine Press

高职高专机电类规划教材

冷 冲 压 技 术

翁其金	主编
马亶华	参编
周晓明	主审



机 械 工 业 出 版 社

本书共十一章,主要内容是分析冲裁、弯曲、拉深、冷挤压及其它冲压成形等冲压基本工序。叙述了自动模与多工位级进冲压成形与模具、非轴对称板料零件的成形与模具,论述了冲压工艺过程设计的基本原则及冲模设计的基本方法。

本书是高职高专模具专业的教学用书,也可供从事模具设计与制造工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

冷冲压技术/翁其金主编. 北京:机械工业出版社,
2000.11

高职高专机电类规划教材

ISBN 7-111-08525-6

I. 冷… II. 翁… III. 冷冲压 高等教育:技术教育—
教材 IV. TG38

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 76748 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:董连仁 版式设计:冉晓华 责任校对:魏俊云

封面设计:方 芬 责任印制:郭景龙

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm^{1/16}·25.25 印张·624 千字

0 001—4 000 册

定价:33.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821,68326677-2527

前 言

本书是根据教育部“关于加强高职高专教育教材建设的若干意见”，国家机械工业局教材编辑室“关于组织新编高职高专模具专业教材的原则”以及“冷冲压技术”课程教学大纲编写的；是高职高专模具设计与制造专业教学用书。本书也可供从事模具设计与制造工程技术人员参考。

冷冲压在工业生产中应用十分广泛，冲模是实现冲压工艺不可缺少的工艺装备。本书在阐明冲压工艺的基础上，详细叙述了正确设计冲模结构和确定冲模几何参数的基本方法，客观地分析了冲压工艺、冲模、冲压设备、冲压原材料、冲压件质量及冲压件的经济性，叙述了自动模、多工位级进冲压成形与模具、非轴对称板料零件的成形与模具。内容力求适应高等职业技术学院的教学要求，从实际出发，注重能力的培养，重点内容附有必要的例题。

本书由福建职业技术学院翁其金主编，陕西工业职业技术学院周晓明主审。全书共十一章。其中翁其金编写第一、五、七、八、九、十、十一章和第三章的第七至十五节；重庆工业职业技术学院马竄华编写第二、四、六章和第三章第一至六节。

有不足之处，请批评指正。

2000年8月 编者

7A10 03/02

目 录

前言

第一章 概述 1

- 一、冷冲压的特点和应用 1
- 二、冷冲压的现状和发展动向 1
- 三、冷冲压基本工序的分类 3
- 四、学习要求和学习方法 7

第二章 冷冲压变形基础 8

第一节 塑性、变形抗力及其影响因素 8

- 一、塑性变形、塑性、变形抗力的概念 8
- 二、影响金属塑性和变形抗力的因素 8

第二节 冲压成形的应力和应变 9

- 一、应力状态 9
- 二、塑性条件（屈服条件） 12
- 三、应变状态 14
- 四、塑性变形时应力与应变的关系 15

第三节 冷冲压成形中的硬化现象 17

- 一、硬化现象 17
- 二、硬化曲线 17
- 三、拉伸试验的卸载规律和反载软化现象 19

第四节 冷冲压材料及其冲压成形性能 20

- 一、材料的冲压成形性能 20
- 二、板料的冲压成形性能试验 21
- 三、对冷冲压材料的基本要求 25
- 四、常用冷冲压材料及其在图样上的表示方法 25

第三章 冲裁 27

第一节 冲裁过程的分析 27

- 一、冲裁变形过程 27
- 二、冲裁切断面分析 28
- 三、提高冲裁件质量的途径 29

第二节 冲裁模间隙 29

- 一、间隙对冲裁件质量的影响 29
- 二、间隙对冲裁力的影响 31

三、间隙对模具寿命的影响 31

四、冲裁模间隙值的确定 32

第三节 凸模与凹模刃口尺寸的确定 34

一、凸、凹模刃口尺寸计算的依据和原则 34

二、凸、凹模刃口尺寸的计算方法 35

第四节 冲裁件的工艺性 40

一、冲裁件的结构工艺性 41

二、冲裁件的精度和断面粗糙度 42

第五节 排样 42

一、材料的合理利用 43

二、排样方法 43

三、搭边 45

四、条料宽度与导料板间距离的计算 47

五、排样图 48

第六节 冲裁力和压力中心的计算 49

一、冲裁力的计算 49

二、卸料力、推件力及顶件力的计算 49

三、压力机公称压力的确定 50

四、降低冲裁力的方法 50

五、冲模压力中心的确定 52

第七节 冲裁模分类 54

第八节 典型冲裁模的结构分析 55

一、单工序冲裁模（简单冲裁模） 56

二、级进模 62

三、复合模 68

第九节 冲裁模主要部件和零件的设计与选用 70

一、冲模零件的分类 70

二、工作零件 71

三、定位零件 84

四、卸料装置 92

五、模架及零件 99

六、其它支承零件 103

七、紧固件 105

八、冲模的组合结构	106	三、顶件力或压料力	147
第十节 整修	107	四、压力机公称压力的确定	148
一、整修原理	107	第六节 弯曲件的工艺性	148
二、外缘整修模具工作部分尺寸 计算	107	一、弯曲件的精度	148
三、内缘整修模具工作部分尺寸 计算	108	二、弯曲件的材料	148
四、整修特点及应用场合	109	三、弯曲件的结构	148
第十一节 精密冲裁	110	第七节 弯曲件的工序安排	150
一、带齿压料板精冲(简称精冲)	110	一、弯曲件的工序安排原则	150
二、半精密冲裁	123	二、典型弯曲件的工序安排	151
第十二节 非金属材料冲裁	125	第八节 弯曲模设计	152
第十三节 锌基合金冲裁模	127	一、典型弯曲模结构	152
一、锌基合金冲裁模的特点及应用	127	二、弯曲模结构设计应注意的问题	158
二、锌基合金的成分和性能	127	三、弯曲模工作部分尺寸的设计	159
三、锌基合金冲裁模的设计和制造	128	第五章 拉深	162
第十四节 聚氨酯橡胶冲裁模	130	第一节 拉深基本原理	162
一、聚氨酯橡胶冲裁模的特点及 应用	130	一、拉深变形过程及特点	162
二、聚氨酯橡胶特性及选用	130	二、拉深过程中坯料内的应力与 应变状态	165
三、聚氨酯橡胶冲裁模的设计	131	三、拉深时凸缘区的应力分布与 起皱	167
第四章 弯曲	134	四、筒壁传力区的受力分析与 拉裂	169
第一节 弯曲变形过程及变形特点	134	第二节 旋转体拉深件坯料尺寸的 确定	171
一、弯曲变形过程	134	一、坯料形状和尺寸确定的依据	171
二、塑性弯曲变形区的应力、应变 状态	134	二、简单旋转体拉深件坯料尺寸的 确定	171
三、弯曲变形程度及其表示方法	135	三、复杂旋转体拉深件坯料尺寸的 确定	174
四、板料塑性弯曲的变形特点	137	第三节 圆筒形件的拉深系数	177
第二节 最小弯曲半径	138	一、拉深系数及其极限	177
一、影响最小弯曲半径的因素	138	二、影响极限拉深系数的因素	179
二、最小弯曲半径 $r_{\min}$ 的数值	139	三、极限拉深系数的确定	180
三、提高弯曲极限变形程度的方法	139	第四节 圆筒形件的拉深次数及工序件 尺寸的确定	181
第三节 弯曲卸载后的回弹	139	一、无凸缘圆筒形件的拉深次数及工序 件尺寸的确定	181
一、回弹现象	139	二、有凸缘圆筒形件拉深方法及工序件 尺寸的确定	183
二、影响回弹的因素	140	第五节 圆筒形件拉深的压料力与 拉深力	190
三、回弹值的确定	141	一、拉深时的起皱与防皱措施	190
四、减少回弹的措施	143	二、压料力的确定	191
第四节 弯曲件坯料尺寸的计算	145		
一、弯曲中性层位置的确定	145		
二、弯曲件坯料尺寸的计算	145		
第五节 弯曲力的计算	147		
一、自由弯曲时的弯曲力	147		
二、校正弯曲时的弯曲力	147		

三、压料装置	192	一、缩口变形特点及变形程度	243
四、拉深力的计算	195	二、缩口工艺计算	244
五、压力机公称压力的确定	195	三、缩口模结构	245
六、拉深功的计算	196	第四节 旋压	246
第六节 阶梯形件的拉深	196	一、旋压工艺	246
一、判断能否一次拉深成形	196	二、变薄旋压工艺	247
二、阶梯形件多次拉深的方法	197	第五节 校形	250
第七节 盒形件的拉深	198	一、校形的特点及应用	250
一、盒形件拉深的变形特点	198	二、平板零件的校平	251
二、盒形件坯料的形状和尺寸 的确定	199	三、空间形状零件的整形	252
三、盒形件拉深变形程度	201	第七章 冷挤压	253
四、盒形件的多工序拉深方法及工序件 尺寸的确定	202	第一节 概述	253
五、其它盒形零件的拉深	206	一、冷挤压的分类	253
六、盒形件拉深力的计算	207	二、冷挤压的特点及应用	253
第八节 轴对称曲面形状零件的拉深	207	三、当前应用冷挤压技术应解决的主要 问题	256
一、轴对称曲面形状零件的拉深 特点	208	第二节 冷挤压的金属变形	258
二、球形件拉深方法	211	一、正挤压的金属变形	258
三、抛物线形零件的拉深方法	212	二、反挤压的金属变形	260
四、锥形零件的拉深	213	三、复合挤压的金属变形	260
第九节 拉深件的工艺性	216	四、冷挤压的变形程度	261
一、拉深件的公差等级	216	第三节 冷挤压的材料与坯料准备	263
二、拉深件的结构工艺性	216	一、冷挤压用原材料	263
第十节 拉深模	217	二、冷挤压坯料形状和尺寸的确定	263
一、拉深模分类及其典型结构	217	三、冷挤压坯料的加工方法	264
二、拉深模工作部分的结构和尺寸	220	四、冷挤压坯料的软化处理	265
第十一节 其它拉深方法	224	五、冷挤压坯料的表面处理与润滑	265
一、柔性模拉深	224	第四节 冷挤压力的确定	265
二、差温拉深	226	一、冷挤压力曲线	265
三、变薄拉深	227	二、单位挤压力及其影响因素	266
第六章 其它冲压成形	231	三、挤压力的确定	266
第一节 胀形	231	四、冷挤压力机的选用	271
一、胀形的变形特点	231	第五节 冷挤压件的工艺性	271
二、平板坯料的起伏成形	231	一、冷挤压件的结构工艺性	271
三、空心坯料的胀形	233	二、冷挤压件的尺寸公差与表面粗 糙度	272
第二节 翻孔与翻边	236	第六节 冷挤压工艺过程设计	273
一、翻孔	236	一、冷挤压工艺方案的确定	273
二、翻边	239	二、冷挤压件图的设计	276
三、变薄翻孔	241	三、冷挤压的典型实例	277
四、翻孔翻边模结构	243	第七节 冷挤压模具	279
第三节 缩口	243	一、典型冷挤压模具结构	279
		二、冷挤压凸模与凹模的设计	280

三、预应力组合凹模的设计·····	285	第十章 冲压模具寿命及模具材料 ·····	354
第八节 温热挤压·····	288	第一节 冲压模具寿命·····	354
第八章 非轴对称曲面零件冲压 ·····	289	一、冷冲模的工作条件及失效形式·····	354
第一节 非轴对称曲面零件冲压工艺·····	289	二、影响冲模寿命的因素及提高冲模寿命的措施·····	355
一、零件及其成形特点·····	289	第二节 冲压模具材料·····	358
二、模型·····	289	一、对冷冲模工作零件材料的要求·····	358
三、冲压工艺·····	289	二、冷冲模具材料的种类及特性·····	359
第二节 非轴对称曲面零件冲模·····	292	三、冷冲模具材料的选用及热处理要求·····	361
一、拉深模·····	292	第十一章 冲压工艺过程的制定 ·····	365
二、切边模·····	296	第一节 制定冲压工艺过程的基础·····	365
三、翻边模·····	299	一、工艺设计的原始资料·····	365
第九章 自动模与多工位级进模 ·····	301	二、掌握变形规律,正确制定工艺过程·····	365
第一节 冲压生产的自动化与自动模·····	301	第二节 冲压工艺过程与冲模设计要点·····	370
第二节 自动送料装置·····	301	一、对零件图的分析·····	373
一、自动送料装置的分类·····	301	二、冲压件总体工艺方案的确定·····	374
二、两种常用自动送料装置·····	303	三、冲压工序性质、数目与顺序的确定·····	374
三、自动上件装置·····	312	四、冲压工序件形状和尺寸的确定·····	381
第三节 自动出件装置·····	321	五、冲压辅助工序·····	382
一、气动式出件装置·····	321	六、冲模类型与结构形式的确定·····	383
二、机械式出件装置·····	321	七、冲压设备的选择·····	385
三、出件与冲压工作的配合·····	323	八、模具图绘制·····	386
第四节 自动检测与保护装置·····	323	九、冲压工艺文件的编写·····	386
一、原材料的检测与自动保护·····	324	第三节 冲压工艺过程制定实例·····	387
二、模具内的检测与保护装置·····	325	一、零件图的分析·····	387
三、出件检测与自动保护装置·····	325	二、外壳冲压工艺过程的确定·····	388
第五节 自动模设计要点·····	326	三、主要工艺参数的计算·····	390
一、对自动模的要求·····	326	四、冲压工艺过程卡的编写·····	391
二、自动模设计应注意的问题·····	326	附录 A 冲压工艺卡片首页·····	393
第六节 多工位级进模·····	327	附录 B 冲压工艺卡片续页·····	394
一、多工位级进模的分类·····	327	参考文献 ·····	395
二、多工位级进模设计步骤·····	329		
三、多工位级进模的排样图设计·····	329		
四、多工位级进模的步距精度与条料的定位误差·····	332		
五、多工位级进模结构设计·····	334		
六、多工位级进模实例分析·····	342		

第一章 概 述

一、冷冲压的特点和应用

冷冲压是利用安装在压力机上的冲模对材料施加压力，使其产生分离或塑性变形，从而获得所需要零件（俗称冲压件或冲件）的一种压力加工方法。因为它通常是在室温下进行加工，所以称为冷冲压。又因为它主要是用板料加工成零件，所以又称为板料冲压。冷冲压不但可以加工金属材料，而且还可以加工非金属材料。

冲模是将材料加工成所需冲件的一种工艺装备。冲模在冷冲压中至关重要，不符合要求的冲模，冷冲压就无法进行；先进的冲压工艺也必须依靠相应的冲模来实现。

冷冲压生产过程的主要特征是依靠冲模和冲压设备完成加工，便于实现自动化，生产率很高，操作简便。对于普通压力机，每台每分钟可生产几件到几十件冲压件，而高速冲床每分钟可生产数百件甚至千件以上冲压件。冷冲压所获得的零件一般无需进行切削加工，因而是一种节省能源、节省原材料的无（或少）切削加工方法。由于冷冲压所用原材料多是表面质量好的板料或带料，冲件的尺寸公差由冲模来保证，所以产品尺寸稳定，互换性好。冷冲压产品壁薄、质量轻、刚度好，可以加工成形状复杂的零件，小到钟表的秒针、大到汽车纵梁、覆盖件等。

但是，冷冲压必须具备相应的冲模，而冲模制造的主要特征是单件小批量生产，精度高，技术要求高，是技术密集型产品。因而，在一般情况下，只有在产品生产批量大的情况下才能获得较高的经济效益。

综上所述，冷冲压与其它加工方法相比，具有独到的特点，所以在工业生产中，尤其在大批量生产中应用十分广泛。相当多的工业部门都越来越多地采用冷冲压加工产品零部件，如汽车、拖拉机、电器、仪表、电子、国防以及日用品等行业。在这些工业部门中，冲压件所占的比重都相当大，不少过去用铸造、锻造、切削加工方法制造的零件，现在已被质量轻、刚度好的冲压件所代替。通过冲压加工制造，大大提高了生产率，降低了成本。可以说，如果在生产中不广泛采用冲压工艺，许多工业部门的产品要提高生产率、提高质量、降低成本，进行产品的更新换代是难以实现的。

二、冷冲压的现状和发展动向

随着近代工业的发展，对冷冲压提出了越来越高的要求，因而也促进了冷冲压技术的迅速发展。

1. 冲压工艺方面

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，是研究和推广的大方向。

冷挤压是一种生产率高、产品质量好的先进加工工艺。用冷挤压方法生产的零件一般不需要或只需要进行少量切削加工。目前，冷挤压不但用于生产有色金属零件，而且还用于生产黑色金属零件。随着模具设计与制造技术及模具材料的发展，冷挤压的应用范围将越来越广泛。

精密冲裁是提高冲裁零件质量的有效方法。它可以扩大冲压加工范围。目前,精冲技术已用于大型、厚、硬材料的加工。精密冲裁加工零件的厚度已达 25mm,一部分过去用切削加工方法生产的零件现在已改为用精密冲裁方法制造。不仅如此,三维精冲件已在生产中开发和应用。

超塑性成形方法具有突出的特点,即能在很低的变形抗力下得到非常大的变形,这对于制造形状复杂和大型板料零件具有突出的优越性,可以用一次成形代替多道普通的冲压成形工序。目前,这种新工艺虽然还处于开发和推广应用阶段,但在实际生产中已显示出其优越性,可用超塑性加工的金属材料的品种也正在不断增加。

用液体、橡胶、聚氨酯等作柔软性凸模或凹模来代替刚性凸模或凹模,对板料进行冲压加工,在特定的生产条件下,具有明显的经济效益。用此种方法能加工出用普通冲压方法难以加工的材料和复杂形状零件,因而在生产中受到人们的重视。

高能成形等高速成形方法对于加工各种尺寸大、形状复杂、批量小、强度和精度要求很高的板料零件,具有很重要的实际意义。

2. 冲模方面

冲模是实现冲压生产的基本条件。在冲模的设计和制造上,目前正朝着以下两方面发展。一方面,为了适应高速、自动、精密、安全等大批量现代化生产的需要,冲模正向高效率、高精度、高寿命、自动化方向发展。在我国,工位数达 37 甚至更多的级进模,寿命达千万次以上甚至亿次的硬质合金模,精度和自动化程度相当高的冲模都已经应用在生产中。同时,由于这样的冲模对加工、装配、调整、维修要求很高,因此各种高效、精密、数控、自动化的模具加工机床和检测设备也正在迅速发展,如我国的数控铣床、数控加工中心和坐标磨床等先进模具加工设备已达到一定的水平。另一方面,为了产品更新换代和试制或小批量生产的需要,锌基合金模、聚氨酯橡胶模、薄板冲模、钢带冲模、组合冲模等各种简易冲模及其制造工艺也得到迅速发展。为适应汽车工业的发展,大型覆盖件冲模设计与制造水平也有很大提高,已能生产成套轿车覆盖件模具。

在模具材料及热处理、模具表面处理等方面,国内外都进行了不少研制工作,并取得了很好的实际效果,如 65Nb、LD1、012Al、CG2 等就是我国研制的性能优良的冲模材料。

模具的标准化和专业化生产,已得到模具行业的广泛重视。这是由于模具标准化是组织模具专业化生产的前提,而模具的专业化生产是提高模具质量、缩短模具制造周期、降低成本的关键。我国已经颁布了冷冲压术语、冷冲模零部件的国家标准。冲模的专业化生产正处于积极组织 and 实施之中。但总的来说,我国冲模的标准化和专业化水平还是比较低的。

模具的计算机辅助设计(CAD)与计算机辅助制造(CAM)也已引起国内外模具行业的极大重视。可以说,计算机辅助设计与制造是冲压工艺编制及冲模设计与制造走向全盘自动化的重大措施。由于采用了 CAD/CAM 技术,不仅使冲模设计和制造周期大为缩短,而且提高了质量。因而它的开发和应用已成为当前冲模乃至其它模具技术发展中引人注目的课题。在我国,一些大专院校、科研和企业单位正积极进行这方面的研究开发工作,并取得了一定的成果。可以预计,模具的 CAD/CAM 技术将会有较快的发展。

3. 冲压设备和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、高寿命、高效率的冲模需要高精度、高自动化的压力机与之相匹配。目前,这方面主要是从两个方面予以研究

和发展：一是对目前我国大量使用的普通冲压设备加以改进，即在普通压力机的基础上加上送料装置和检测装置，以实现半自动化或全自动化生产，改进冲压设备结构，保证必要的刚度和精度，提高其工艺性能，以提高冲压件精度，延长冲模使用寿命；二是积极发展高速压力机和多工位自动压力机，开发数控压力机、冲压柔性制造系统（FMS）及各种专用压力机，以满足大批量生产的需要。

冲压生产的自动化是提高劳动生产率和改善劳动条件的有效措施。由于冷冲压操作简单，坯料和工序件形状比较规则，一致性好，所以容易实现生产的自动化。冲压生产的自动化包括原材料的输送、冲压工艺过程及检测、冲模的更换与安装、废料处理等各个环节，但最基本的是压力机自动化和冲模自动化。除了上述自动压力机和数控压力机之外，适用于各种条件下自动操作的通用装置和检测装置，如带料、条料或工序件的自动送料装置、自动出件与理件装置、送料位置和加工结果检测装置、安全保护装置等，都是实现普通压力机和冲模自动化的基本装置。

4. 冷冲压基本原理的研究

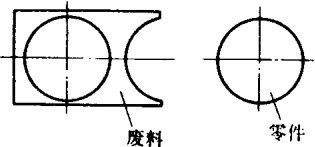
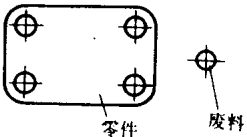
冷冲压工艺及冲模设计与制造方面的发展，均与冲压变形基本原理的研究取得进展是分不开的。例如，板料冲压工艺性能的研究，冲压成形过程应力应变分析和计算机模拟，板料变形规律的研究，从坯料变形规律出发进行坯料与冲模之间相互作用的研究，在冲压变形条件下的摩擦、润滑机理方面的研究等，为逐步建立起紧密结合生产实际的先进的冲压工艺及冲模设计方法打下了基础。因此，可以说冲压成形基本理论的研究是提高冲压技术的基础。在这方面，国内外的学者进行了不少工作，并取得了一定进展。

三、冷冲压基本工序的分类

冷冲压加工的零件，由于其形状、尺寸、精度要求、生产批量、原材料性能等各不相同，因此生产中所采用的冷冲压工艺方法也是多种多样的，概括起来可分为两大类，即分离工序和成形工序。分离工序是指使板料按一定的轮廓线分离而获得一定形状、尺寸和切断面质量的冲压件（俗称冲裁件）的工序；成形工序是指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，按冲压方式不同又具体分为很多基本工序，见表 1-1、表 1-2 和表 1-3。

表 1-1 分离工序

工序名称	工 序 简 图	特点及应用范围
落 料		将材料沿封闭轮廓分离，被分离下来的部分大多是平板形的零件或工序件
冲 孔		将废料沿封闭轮廓从材料或工序件上分离下来，从而在材料或工序件上获得需要的孔

(续)

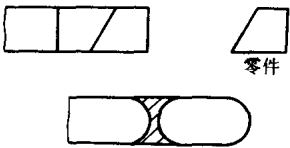
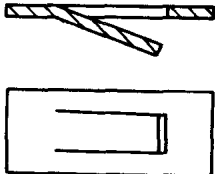
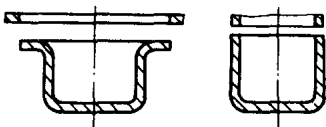
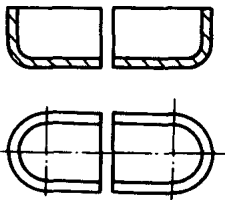
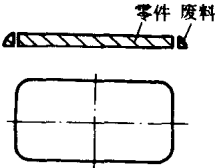
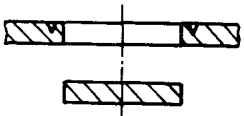
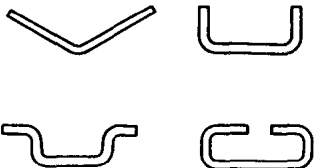
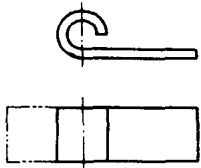
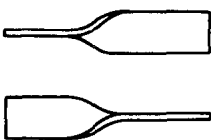
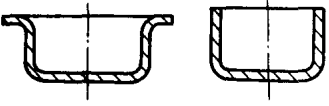
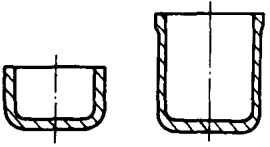
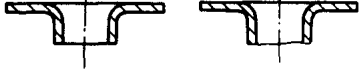
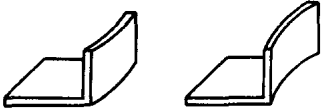
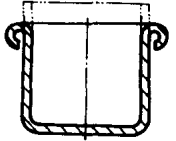
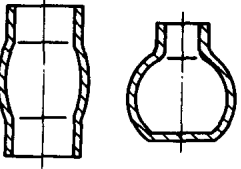
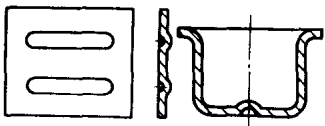
工序名称	工序简图	特点及应用范围
切 断		将材料沿敞开轮廓分离,被分离的材料成为零件或工序件
切 舌		将材料沿敞开轮廓局部而不是完全分离,并使被局部分离的部分达到工件所要求的一定位置,不再位于分离前所处的平面上
切 边		利用冲模修切成形工序件的边缘,使之具有一定直径,一定高度或一定形状
剖 切		用剖切模将成形工序件一分为几,主要用于不对称零件的成双或成组冲压成形之后的分离
整 修		沿外形或内形轮廓切去少量材料,从而降低断面粗糙度,提高断面垂直度和零件尺寸精度
精 冲		用精冲模冲出尺寸精度高,断面光洁且垂直的零件

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

(续)

工序名称	工序简图	特点及应用范围
卷 边		将工序件边缘卷成接近封闭圆形, 用于加工类似铰链的零件
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序件的一部分相对另一部分扭转一定角度
拉 深		将平板形的坯料或工序件变为开口空心件, 或把开口空心工序件进一步改变形状和尺寸成为开口空心件
变薄拉深		将拉深后的空心工序件进一步拉深, 使其侧壁减薄, 高度增大, 以获得底部厚度大于侧壁的零件
翻 孔		沿内孔周围将材料翻成竖边, 其直径比原内孔大
翻 边		沿外形曲线周围翻成侧立短边
卷 缘		将空心件上口边缘卷成接近封闭圆形, 用于加工类似牙杯的零件
胀 形		将空心工序件或管状件沿径向往外扩张, 形成局部直径较大的零件
起 伏		依靠材料的伸长变形使工序件形成局部凹陷或凸起

(续)

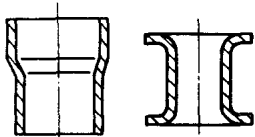
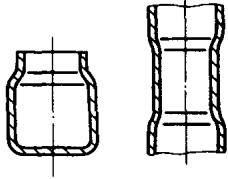
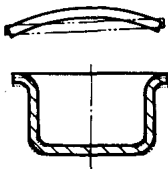
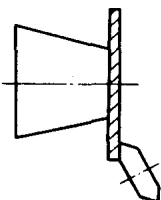
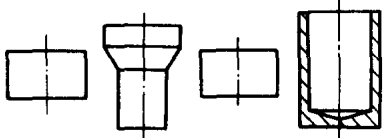
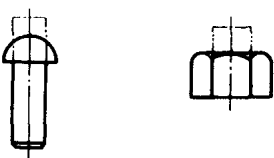
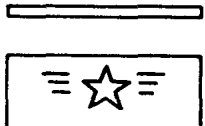
工序名称	工序简图	特点及应用范围
扩口		将空心工序件或管状件敞开处向外扩张, 形成口部直径较大的零件
缩口缩径		将空心工序件或管状件口部或中部加压使其直径缩小, 形成口部或中部直径较小的零件
校平整形		校平是将有拱弯或翘曲的平板形零件压平以提高其平直度; 整形是依靠材料的局部变形, 少量改变工序件形状和尺寸, 以保证工件的精度
旋压		用旋轮使旋转状态下的坯料逐步成形为各种旋转体空心件

表 1-3 立体冲压

工序名称	工序简图	特点及应用范围
冷挤压		对放在模腔内的坯料施加强大压力, 使冷态下的金属产生塑性变形, 并将其从凹模孔或凸、凹模之间间隙挤出, 以获得空心件或横截面积较小的实心件
冷镦		用冷镦模使坯料产生轴向压缩, 使其横截面积增大, 从而获得如螺钉、螺母等零件
压花		压花是强制局部排挤材料, 在工序件表面形成浅凹花纹、图案、文字或符号, 但在压花表面的背面并无对应于浅凹的凸起

在实际生产中,当生产批量大时,如果仅以表中所列的基本工序组成冲压工艺过程,则生产率可能很低,不能满足生产需要。因此,一般采用组合工序,即把两个以上的单独工序组合成一道工序,构成所谓复合、级进、复合一级进的组合工序。

为了进一步提高劳动生产率,充分发挥冷冲压的优点,还可应用冷冲压方法进行产品的某些装配工作。视实际需要,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。

上述冲压成形的分类方法比较直观,真实地反映出各类零件的实际成形过程和工艺特点,便于制定各类零件的冲压工艺并进行冲模设计,在实际生产中得到广泛的应用。但是,冲压成形时,材料受力情况和变形性质很复杂,要分析和解决每一种成形的实际问题,应把各种成形按其成形时变形区的应力和应变特点加以归类,找出每一类成形工艺的共同规律和产生问题及解决问题的办法,这就是另一种冲压成形的分类方法。按此分类法,即把冷冲压成形方法分为伸长类变形和压缩类变形,它能充分反映出各类成形变形区的受力与变形特点,反映出同类成形的共同规律,对解决问题具有很大的实际意义。

四、学习要求和学习方法

学生学完冲压工艺及冲模设计之后,应初步掌握冷冲压成形的基本原理;掌握冲压工艺过程设计和冲模设计的基本方法;具有设计一般复杂程度冲压件的工艺过程和一般复杂程度冲模的能力;能够运用已学习的基本知识,分析和解决生产中常见的产品质量、工艺及模具方面的技术问题;能够合理选用冲压设备和设计一般的自动送料和自动出件装置;了解冲压成形新工艺、新模具及其发展动向。

由于冲压工艺及冲模设计是一门实践性和实用性很强的学科,而且它又是以金属学与热处理、塑性力学、金属塑性成形原理以及许多技术基础学科为基础,与冲压设备、模具制造工艺学密切联系的,因而在学习时必须注意理论联系实际,认真参加实验、实习、设计等重要教学环节,注意综合运用基础学科和相关学科的基本知识。

第二章 冷冲压变形基础

第一节 塑性、变形抗力及其影响因素

关于金属的结晶构造、塑性变形机理等，在金属学中已有介绍，故不再赘述。本节只讨论金属的塑性、变形抗力及其影响因素。

一、塑性变形、塑性、变形抗力的概念

在冲压技术中，经常见到塑性变形、塑性、变形抗力、柔软性等术语，它们的含义分别是：物体在外力作用下会产生变形，如果外力被取消后，物体不能恢复到原始的形状和尺寸，这样的变形称为塑性变形；物体具有塑性变形的能力称为塑性；在一定的加载条件和一定的变形温度、速度条件下，引起塑性变形的单位变形力称为变形抗力；柔软性应理解为金属对变形的抵抗能力，变形抗力越小，则柔软性越好。

塑性和柔软性是有严格区别的两个概念，变形抗力小的软金属可能塑性不好，而柔软性不好的硬金属可能有很好的塑性。例如，奥氏体不锈钢的塑性好而柔软性却差。

塑性不仅仅决定于变形物体的种类，并且与变形方式（应力应变状态）以及变形条件（变形温度和变形速度）有关。例如，铅通常具有很好的塑性，但在三向等拉应力作用下却像脆性材料一样破裂，没有塑性变形。又如，极脆的大理石，在三向压应力作用下却能产生较大的塑性变形。这两个例子充分证明：材料的塑性，并非某种物质不变的性质、而是与物质种类、变形方式以及变形条件有关。

塑性的大小可以用塑性指标来评定，而塑性指标可以通过各种试验方法求得。

二、影响金属塑性和变形抗力的因素

能否充分利用金属的塑性并在最小变形抗力的情况下获得所需的工件，是冲压加工中的一个重要问题。影响金属的塑性和变形抗力的因素很多，这里只讨论物理方面的因素。关于应力应变状态对塑性和变形抗力的影响将在下一节中介绍。

1. 金属组织

组成金属的晶格类型，杂质的性质、数量及分布情况，晶粒大小、形状及晶界强度等不同，金属的塑性就不同。一般来说，组成金属的化学成分越复杂，对金属的塑性及变形抗力的影响也越大。例如，纯铁比碳钢的塑性好、变形抗力低。

2. 变形温度

在冲压工艺中，有时也采用加热成型的方法。加热的目的是：提高塑性，增加材料在一次成形中所能达到的变形程度；降低材料的变形抗力；提高工件的成形准确度。此外，在某些工序中（如差温拉深）还可采用局部冷却的方法来提高板料危险断面的强度，以增加板料在一次成形中所能达到的变形程度。

在弹性范围内，温度增加可使金属的弹性模量下降。在塑性范围内，温度增加主要影响金属的软化作用并使金属发生物理化学变化。

金属的软化与冷作硬化恰好相反，软化表现为金属强度指标降低，塑性指标增加。这是因为，随温度增加金属内部出现了回复、再结晶，增加了新的滑移系统，产生了热塑性等现象的结果。

当金属受热时，晶粒本身与晶粒之间产生了各种物理化学变化。例如，析出扩散异相、溶解自由相及晶间杂质、氧化与脱碳等。这些物理化学变化对于塑性变形的影响，视金属的具体性质而异。例如低碳钢，在 $200\sim 400^{\circ}\text{C}$ 之间时，因为时效作用（夹杂物以沉淀的形式析出，产生沉淀硬化），使变形抗力增加，塑性降低，这一温度范围称为冷脆区。而在 $800\sim 950^{\circ}\text{C}$ 的范围内，又会出现热脆区，使塑性降低。其原因是铁与硫形成的化合物 FeS 几乎不溶于固体铁中，形成低熔点的共晶体（ $\text{Fe}+\text{FeS}+\text{FeO}$ ），如果处在晶粒边界的共晶体熔化，就会破坏晶粒间的结合。因此，选择变形温度时，碳钢应避免冷脆区和热脆区。

总之，为了提高材料的变形程度，减小材料的变形抗力，在确定变形温度时，必须根据不同材料的温度—力学性能曲线、加热对材料可能产生的不利影响（如氢脆、晶间腐蚀、氧化、脱碳等）以及材料的变形性质作出正确的选择。

3. 变形速度

严格说来，变形速度是指单位时间内应变的变化量。但在实际应用中困难较大，故通常以压力机滑块的移动速度近似说明金属的变形速度。

由于变形速度对金属塑性变形的影响比较复杂，不同学者的研究结果出入很大，难以提供确切的资料。一般凭生产经验而定，通常是：

（1）对于小零件的冲压工序，例如冲裁、弯曲、拉深、翻边等，一般可以不考虑速度因素，只需考虑设备的构造、公称压力、功率等。

（2）对于大型复杂零件的成形，宜用低速。因为大尺寸复杂零件成形时，坯料各部分的变形极不均匀，易于产生局部拉裂或起皱。为了便于控制金属的流动情况，以采用低速压力机或液压机为宜。

（3）对于加热成形工序，如加热拉深、加热缩口等，为了使坯料中的危险断面能及时冷却强化，宜用低速。

（4）对于变形速度比较敏感的材料，如不锈钢、耐热合金、钛合金等，加载速度不宜超过 0.25m/s 。

4. 尺寸因素

同一种材料，在其它条件相同时，尺寸越大，塑性越差。这是因为材料尺寸越大，组织和化学成分越不一致，杂质分布越不均匀，应力分布也不均匀。例如厚板冲裁，产生剪裂纹时凸模挤入板料的深度与板料厚度的比值（称相对挤入深度）比薄板冲裁时小。

第二节 冲压成形的应力和应变

在各种冲压过程中，材料的塑性变形都是冲模对材料施加的外力所引起的内力或由内力直接作用的结果。一定的力的作用方式和力的大小都对应着一定的变形，为了研究和分析金属的塑性变形过程，首先必须了解坯料内各点的应力状态和应变状态以及它们之间的关系。

一、应力状态

模具对材料施加的外力引起材料内产生内力，单位面积上内力的大小称为应力。