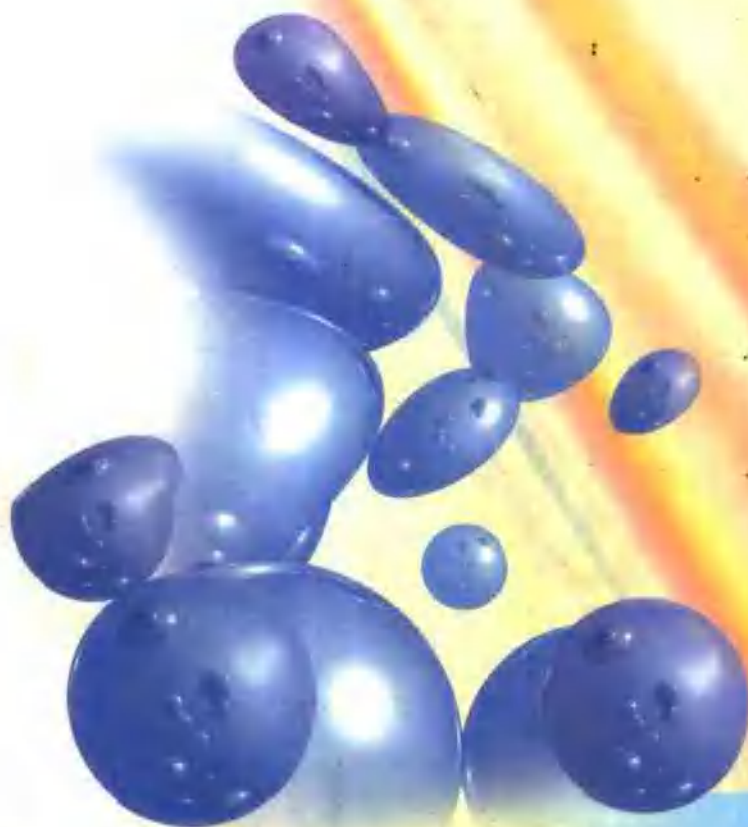




普通中等专业教育机电类规划教材

冲压工艺与冲模设计

福建高级工业专门学校 翁其金 主编



机械工业出版社

普通中等专业教育机电类规划教材

冲压工艺与冲模设计

主 编 翁其金
参 编 马壹华
主 审 周晓明



机械工业出版社

本书共十二章,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,论述了自动模与多工位级进模设计方法、冷冲压工艺过程设计的基本思路及冲模设计的基本方法,同时还简单介绍了几种简易冲模的结构与设计方法。

本书是中等专业学校模具专业教学用书,亦可供高等职业技术教育及模具设计技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

冲压工艺与冲模设计/翁其金主编. —北京:机械工业出版社, 1999.10 重印

普通中等专业教育机电类规划教材

ISBN 7-111-06706-1

I. 冲… II. 翁… III. ①冷冲压—工艺—专业学校—教材
②冲模—设计—专业学校—教材 IV. TG385.2

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第68203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:王霄飞 倪少秋 版式设计:冉晓华 责任校对:罗凤书

封面设计:海之帆 责任印制:付方敏

北京市密云县印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003年3月第1版第7次印刷

787mm×1092 1/16·24.75印张·635千字

21 001—26 000册

定价:32.00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、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是根据原机械工业部 1996 年 3 月公布的“模具设计与制造”专业教学计划和“冲压工艺与冲模设计”教学大纲编写的,是中等专业学校“模具设计与制造”专业教学用书,本书也可供高等职业技术教育及从事模具设计与制造的技术人员参考。

冲压工艺在工业生产中应用十分广泛,而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恰当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经济性的关系,适当介绍了冲压技术发展中的先进经验。内容力求适应中等专业学校的教学要求,从生产实际出发,简明通俗,重点内容附有必要的例题。

本书由福建高级工业专门学校翁其金主编,咸阳机器制造学校周晓明主审。全书共十二章。其中,翁其金编写第一、五、七、九、十、十一、十二章和第三章的第七至十五节;重庆机器制造学校马亶华编写第二、四、六、八章和第三章的第一至六节。

参加审稿会的有无锡机械制造学校戴勇、山东省机械工业学校陈中兴、芜湖机械学校韩先实、武汉船舶工业学校黄邦彦、成都市工业学校史铁梁、西安仪表工业学校刘航、陕西第一工业学校王明哲、大庸航空工业学校徐政坤、常州机械学校陈泰兴和段来根、浙江省机械工业学校范建蓓、杭州机械工业学校罗晓华、湖北第二机械工业学校郭本龙、广西机械工业学校黄诚、湖南省机械工业学校曾霞文、辽宁省农业工程学校许环璞等。

由于编者水平有限,错误缺点在所难免,恳切希望广大读者批评指正。

编 者

1998 年 3 月

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 18

第四节 冷冲压材料及其冲压成形性能 19

- 一、材料的冲压成形性能 19
- 二、板料的冲压成形性能试验 20
- 三、对冷冲压材料的基本要求 24
- 四、常用冷冲压材料及其在图样上的表示方法 24

第三章 冲裁 26

第一节 冲裁过程的分析 26

- 一、冲裁变形过程 26
- 二、冲裁断面分析 27
- 三、提高冲裁件质量的途径 28

第二节 冲裁模间隙 28

- 一、间隙对冲裁件质量的影响 28
- 二、间隙对冲裁力的影响 30
- 三、间隙对模具寿命的影响 30
- 四、冲裁模间隙值的确定 30

第三节 凸模与凹模刃口尺寸的确定 33

- 一、凸、凹模刃口尺寸计算的依据和

原则 33

二、凸、凹模刃口尺寸的计算方法 33

第四节 冲裁件的工艺性 39

- 一、冲裁件的结构工艺性 39
- 二、冲裁件的精度和断面粗糙度 40

第五节 排样 41

- 一、材料的合理利用 41
- 二、排样方法 42
- 三、搭边 42
- 四、条料宽度与导料板间距离的计算 44
- 五、排样图 46

第六节 冲裁力和压力中心的计算 47

- 一、冲裁力的计算 47
- 二、卸料力、推件力及顶件力的计算 47
- 三、压力机公称压力的确定 48
- 四、降低冲裁力的方法 48
- 五、冲模压力中心的确定 50

第七节 冲裁模分类 52

第八节 典型冲裁模的结构分析 53

- 一、单工序冲裁模(简单冲裁模) 53
- 二、级进模 59
- 三、复合模 64

第九节 冲裁模主要部件和零件的设计与

选用 67

- 一、冲模零件的分类 67
- 二、工作零件 68
- 三、定位零件 78
- 四、卸料装置 86
- 五、模架及零件 94
- 六、其它支承零件 99
- 七、紧固件 100
- 八、冲模的组合结构 100

第十节 硬质合金冲裁模 101

- 一、硬质合金材料性能及其模具寿命 101
- 二、硬质合金冲模模结构特点 102
- 三、硬质合金冲裁模对冲裁工艺设计的要求 103

第十一节 小孔冲裁模 105

一、提高冲孔小孔凸模强度和刚度的方法	105	二、弯曲模结构设计应注意的问题	156
二、小孔冲裁模典型结构	106	三、弯曲模工作部分尺寸的设计	156
第十二节 整修	107	第五章 拉深	160
一、整修原理	107	第一节 拉深基本原理	160
二、外缘整修模具工作部分尺寸计算	107	一、拉深变形过程及特点	160
三、内缘整修模具工作部分尺寸计算	108	二、拉深过程中坯料内的应力与应变状态	163
四、整修特点及应用场合	110	三、拉深时凸缘区的应力分布与起皱	165
第十三节 精密冲裁	110	四、筒壁传力区的受力分析与拉裂	167
一、带齿压料板精冲(简称精冲)	110	第二节 旋转体拉深件坯料尺寸的确定	168
二、半精密冲裁	125	一、坯料形状和尺寸确定的依据	168
第十四节 非金属材料冲裁	126	二、简单旋转体拉深件坯料尺寸的确定	169
第十五节 冲裁工艺及冲裁模设计要点	128	三、复杂旋转体拉深件坯料尺寸的确定	172
第四章 弯曲	133	第三节 圆筒形件的拉深系数	175
第一节 弯曲变形过程及变形特点	133	一、拉深系数及其极限	175
一、弯曲变形过程	133	二、影响极限拉深系数的因素	176
二、塑性弯曲变形区的应力、应变状态	133	三、极限拉深系数的确定	177
三、弯曲变形程度及其表示方法	135	第四节 圆筒形件的拉深次数及工序件尺寸的确定	178
四、板料塑性弯曲的变形特点	136	一、无凸缘圆筒形件的拉深次数及工序件尺寸的确定	178
第二节 最小弯曲半径	136	二、有凸缘圆筒形件拉深方法及工序件尺寸的确定	180
一、影响最小弯曲半径的因素	137	第五节 圆筒形件拉深的压料力与拉深力	187
二、最小弯曲半径 $r_{\min}$ 的数值	137	一、拉深时的起皱与防皱措施	187
三、提高弯曲极限变形程度的方法	138	二、压料力的确定	188
第三节 弯曲卸载后的回弹	138	三、压料装置	189
一、回弹现象	138	四、拉深力的计算	192
二、影响回弹的因素	138	五、压力机公称压力的确定	192
三、回弹值的确定	140	六、拉深功的计算	193
四、减少回弹的措施	141	第六节 阶梯形件的拉深	193
第四节 弯曲件坯料尺寸的计算	143	一、判断能否一次拉深成形	193
一、弯曲中性层位置的确定	143	二、阶梯形件多次拉深的方法	194
二、弯曲件坯料尺寸的计算	143	第七节 盒形件的拉深	195
第五节 弯曲力的计算	145	一、盒形件拉深的变形特点	195
一、自由弯曲时的弯曲力	145	二、盒形件坯料的形状和尺寸的确定	196
二、校正弯曲时的弯曲力	145	三、盒形件拉深变形程度	198
三、顶件力或压料力	146	四、盒形件的多工序拉深方法及工序件尺寸的确定	199
四、压力机公称压力的确定	146	五、其它盒形零件的拉深	203
第六节 弯曲件的工艺性	146	六、盒形件拉深力的计算	204
一、弯曲件的精度	146	第八节 曲面形状零件的拉深	204
二、弯曲件的材料	147	一、曲面形状零件的拉深特点	205
三、弯曲件的结构	147		
第七节 弯曲件的工序安排	148		
一、弯曲件的工序安排原则	148		
二、典型弯曲件的工序安排	149		
第八节 弯曲模设计	150		
一、典型弯曲模结构	150		

一、球形件拉深方法	208	一、冷挤压的分类	259
二、抛物线形零件的拉深方法	209	二、冷挤压的特点及应用	262
四、锥形零件的拉深	210	三、当前应用冷挤压技术应解决的主要 问题	264
第九节 非旋转体曲面零件拉深	213	第二节 冷挤压的金属变形	264
一、成形特点	213	一、正挤压的金属变形	264
二、成形工艺	213	二、反挤压的金属变形	266
三、非旋转体零件的拉深模	214	三、复合挤压的金属变形	266
第十节 拉深件的工艺性	218	四、冷挤压的变形程度	267
一、拉深件的公差等级	218	第三节 冷挤压的材料与坯料准备	269
二、拉深件的结构工艺性	218	一、冷挤压用原材料	269
第十一节 拉深模	218	二、冷挤压坯料形状和尺寸的确定	269
一、拉深模分类及其典型结构	218	三、冷挤压坯料的加工方法	271
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	271
第十二节 其它拉深方法	225	五、冷挤压坯料的表面处理与润滑	271
一、柔性模拉深	225	第四节 冷挤压力的确定	272
二、带料连续拉深	228	一、冷挤压力曲线	272
三、变薄拉深	233	二、单位挤压力及其影响因素	272
第十三节 拉深工艺的辅助工序	236	三、挤压力的确定	272
一、润滑	236	四、冷挤压力机的选用	276
二、热处理	237	第五节 冷挤压件的工艺性	277
三、酸洗	237	一、冷挤压件的结构工艺性	277
第六章 其它冲压成形	238	二、冷挤压件的尺寸公差与表面粗糙度	277
第一节 胀形	238	第六节 冷挤压工艺过程设计	279
一、胀形的变形特点	238	一、冷挤压工艺方案的确定	279
二、平板坯料的起伏成形	238	二、冷挤压件图的设计	283
三、空心坯料的胀形	240	三、冷挤压的典型实例	283
第二节 翻孔与翻边	242	第七节 冷挤压模具	285
一、翻孔	242	一、典型冷挤压模具结构	285
二、翻边	246	二、冷挤压凸模与凹模的设计	288
三、变薄翻孔	248	三、预应力组合凹模的设计	291
四、翻孔翻边模结构	249	第八节 温热挤压	294
第三节 缩口	250	第八章 简易冲模	295
一、缩口变形特点及变形程度	250	第一节 锌基合金冲模	295
二、缩口工艺计算	250	一、锌基合金冲模的特点及应用	295
三、缩口模结构	252	二、锌基合金的成分和性能	295
第四节 旋压	252	三、锌基合金冲裁模的设计和制造	295
一、旋压工艺	252	四、锌基合金成形模的设计和制造	298
二、变薄旋压工艺	254	第二节 聚氨酯橡胶冲模	298
第五节 校形	256	一、聚氨酯橡胶冲模的特点及应用	298
一、校形的特点及应用	256	二、聚氨酯橡胶特性及选用	299
二、平板零件的校平	257	三、聚氨酯橡胶冲裁模的设计	299
三、空间形状零件的整形	258	四、其它聚氨酯橡胶冲模的典型结构	301
第七章 冷挤压	259	第三节 薄板冲模	302
第一节 概述	259		

一、薄板冲模的特点及应用	302	一、冷冲模的工作条件及失效形式	352
二、薄板冲模结构及工作部分的设计	302	二、影响冲模寿命的因素及提高冲模寿命的措施	353
三、薄板冲模主要零件的制造	304	第二节 冲压模具材料	356
第四节 组合冲模	305	一、对冷冲模工作零件材料的要求	356
一、分解式组合冲压原理	305	二、冷冲模具材料的种类及特性	356
二、分解式组合冲模的特点及应用	305	三、冷冲模具材料的选用及热处理要求	359
三、典型分解式组合冲模结构	306	第十一章 冲压生产及冲模的安全	
四、分解式组合冲模的设计	308	措施	363
第九章 自动模与多工位级进模	211	第一节 冲压生产的安全措施	363
第一节 冲压生产的自动化与自动模	211	一、冲压生产发生事故的原因	363
第二节 自动送料装置	211	二、冲压生产中安全保护的主要措施	363
一、自动送料装置的分类	211	第二节 冲模的安全措施	363
二、两种常用自动送料装置	211	一、冲模结构的安全措施	363
三、自动上件装置	321	二、冲模的安全装置	364
第三节 自动出件装置	330	三、冲模的其它安全措施	365
一、气动式出件装置	330	第十二章 冲压工艺过程的制定	366
二、机械式出件装置	330	第一节 制定冲压工艺过程的基础	366
三、出件与冲压工作的配合	332	一、工艺设计的原始资料	366
第四节 自动检测与保护装置	332	二、掌握变形规律, 正确制定工艺过程	366
一、原材料的检测与自动保护	333	第二节 冲压工艺过程的制定	371
二、模具内的检测与保护装置	333	一、对零件图的分析	371
三、出件检测与自动保护装置	334	二、冲压件总体工艺方案的确定	372
第五节 自动模设计要点	334	三、冲压工序性质、数目与顺序的确定	372
一、对自动模的要求	334	四、冲压工件形状和尺寸的确定	379
二、自动模设计应注意的问题	334	五、冲压设备的选择	380
第六节 多工位级进模	335	六、冲压工艺文件的编写	380
一、多工位级进模的分类	336	第三节 冲压件工艺过程制定实例	380
二、多工位级进模设计步骤	336	一、零件图的分析	380
三、多工位级进模的排样图设计	336	二、外壳冲压工艺过程的确定	381
四、多工位级进模的步距精度与条料的定位误差	340	三、主要工艺参数的计算	383
五、多工位级进模结构设计	344	四、冲压工艺过程卡的编写	385
第十章 冲压模具寿命及模具材料	352	参考文献	386
第一节 冲压模具寿命	352		

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，没有符合要求的冲模，冷冲压就无法进行；没有先进的冲模，先进的冲压工艺也就无法实现。

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。冷冲压产品壁厚、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。

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，具有明显的经济效果。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。

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和实施之中。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。国内实际生产应用情况表明，这方面的水平正在不断提高。

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。

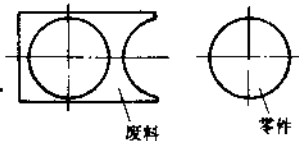
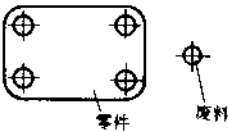
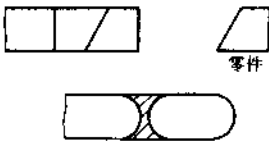
三、冷冲压基本工序的分类

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。

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

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工件或工序件
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
切 断		将材料沿敞开轮廓分离，被分离的材料成为工件或工序件

(续)

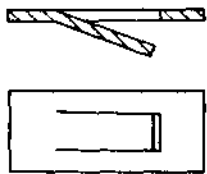
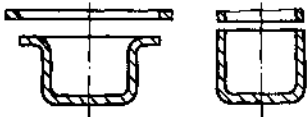
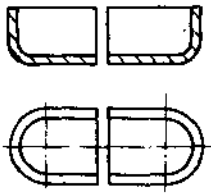
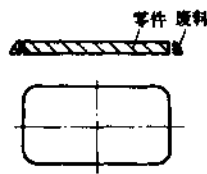
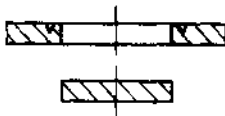
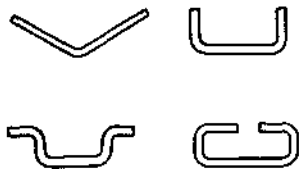
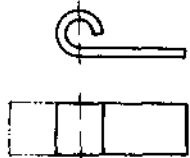
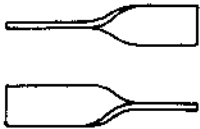
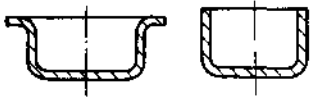
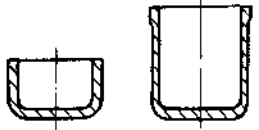
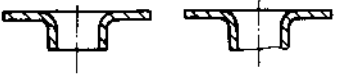
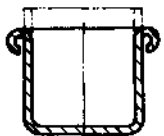
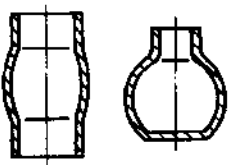
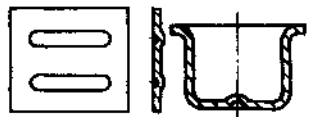
工序名称	工 序 简 图	特 点 及 应 用 范 围
切 舌		将材料沿敞开轮廓局部而不是完全分离, 并使被局部分离的部分达到工件所要求的一定位置, 不再位于分离前所处的平面上
切 边		利用冲模修切成形工序件的边缘, 使之具有一定直径, 一定高度或一定形状
剖 切		用剖切模将成形工序件一分为几, 主要用于不对称零件的成双或成组冲压成形之后的分离
整 修		沿外形或内形轮廓切去少量材料, 从而降低断面粗糙度, 提高断面垂直度和工件尺寸精度
精 冲		用精冲模冲出尺寸精度高, 断面光洁且垂直的零件

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
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, 使坯料的整个弯曲模断面全部受拉应力作用, 从而提高弯曲件精度

(续)

工序名称	工 序 简 图	特 点 及 应 用 范 围
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
扩 口		将空心工序件成管状件敞开处向外扩张, 形成口部直径较大的零件

(续)

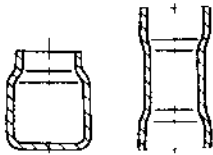
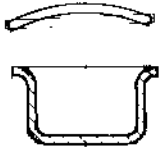
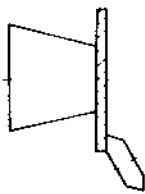
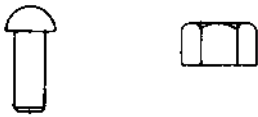
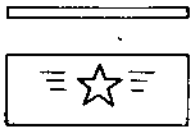
工序名称	工 序 简 图	特 点 及 应 用 范 围
缩口缩径		将空心工序件或管状件口部或中部加压使其直径缩小, 形成口部或中部直径较小的零件
校平整形		校平是将有拱弯或翘曲的平板形零件压平以提高其平直度; 整形是依靠材料的局部变形, 少量改变工序件形状和尺寸, 以保证工件的精度
旋 压		用旋轮使旋转状态下的坯料逐步成形为各种旋转体空心件

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, 以获得空心件或模截面积较小的实心件
冷 墩		用冷墩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		压花是强行局部排挤材料, 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

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，即把冷冲压成形方法分为伸长类变形和压缩类变形。这种分类方法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，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，却象脆性材料一样破裂，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，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，可使金属的弹性模数下降。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, 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, 在决定变形温度时, 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而能及时冷却强化, 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)

坯料内每一点上的受力情况, 通常称为点的应力状态。为研究变形体内各点的应力状态, 假设从变形体内任意一点取出一个无穷小的六面体体素, 体素的各个面与坐标平面平行。显