

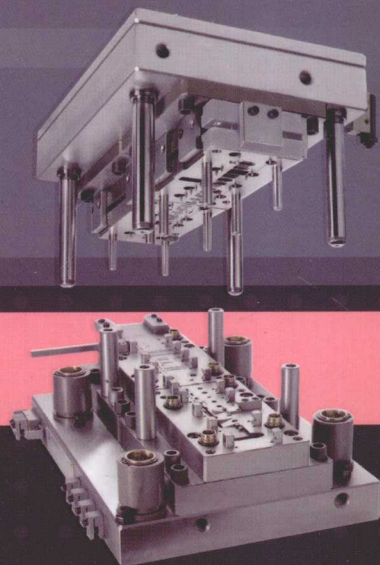


职业教育院校机电类专业规划教材
模具设计与制造专业教学用书

冲压工艺及 模具结构

CHONGYA GONGYI JI
MUJU JIEGOU

周松兵 ◎ 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



职业教育院校机电类专业规划教材
模具设计与制造专业教学用书

冲压工艺及模具结构

主 编 周松兵
副主编 李 强 杨关全
参 编 柳效文 杨 华
杨 烨 肖本胜 陈爱群
主 审 韩森和



机械工业出版社

本书是为了适应现代制造业发展对职业技术教育的需要,结合教育部关于培养国家紧缺型技能人才的精神,由机械工业出版社组织编写的数控模具专业系列教材之一。

全书共7单元,主要阐述了冷冲压基本知识、冲裁工艺与模具结构、弯曲工艺与模具结构、拉深工艺与模具结构、级进模、其他冲压工艺与模具结构、冲压模具零件制造与装配等内容。

本书具有以下特色:第一,突出职业教育特色,做到图文直观形象;第二,注重以工作过程为导向,在知识安排上通过实践引入理论知识,做到对学生知识、技能和素质的全面培养;第三,注重培养学生的安全意识、环保意识、节能意识等;第四,吸取相关教材优点,充实新工艺、新技术、新知识等;第五,每单元配备有知识重点及思考题和习题,培养学生观察、分析、探索和应用能力。

本书主要面向职业院校的工科学生,还可以作为机械类、近机类职工培训及技术培训教材,也可作为工程技术人员的自学和参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

冲压工艺及模具结构/周松兵主编. —北京:机械工业出版社,2009.5
职业教育院校机电类专业规划教材. 模具设计与制造专业教学用书
ISBN 978-7-111-27070-6

I. 冲… II. 周… III. ①冲压-工艺-高等学校:技术学校-教材②
冲模-结构-高等学校:技术学校-教材 IV. TG38

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第071679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:冯 铨 版式设计:霍永明

责任校对:李秋荣 封面设计:王伟光 责任印制:邓 博

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2009年8月第1版第1次印刷

184mm×260mm·20印张·491千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-27070-6

定价:34.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379182

封面无防伪标均为盗版

职业教育院校机电类专业规划教材

编 委 会

顾 问：黄正轴

主 任：李 强

副主任：陈少斌 周 平 李京平 杨伟桥 龙善寰 肖少兵
艾小玲 韩卫宏 汪光灿

委 员：欧阳德祥 韩森和 蔡继红 唐 萍 刘伦富
汤学达 周松兵 李 军 张玉梅 高海宝
王 巍 余幼平 余常青 禹 诚 邹福召
何有恒 周大勇 刘文芳 毛江华 奚建胜
李春荣 王 敏 张国俭 何世勇 王 曦
武 峰 刘金铁 王 晖 任国兴 董庆怀

前言

本书是根据教育部颁发的《模具专业教学大纲（试行）》基本要求，结合职业院校数控模具专业课程设置研讨会会议精神编写的。本书内容由冲压工艺基础、冲压成形和模具零件制造与装配三部分组成，主要包括冷冲压基本知识、冲裁工艺与模具结构、弯曲工艺与模具结构、拉深工艺与模具结构、级进模、其他冲压工艺与模具结构、冲压模具零件制造与装配等。

本书在编写过程中，编者走访了许多大型机械制造企业，其中包括东风汽车公司相关专业生产厂家、湖北三环集团、湖北通达集团、湖北先锋模具公司等，收集了大量的生产资料和案例。为适应职业教育教学改革新形势的需要，贯彻以学生为主体、以能力为本位的教学指导思想，突出职业教育特色，在编写本书时主要考虑了下列特点：

（1）淡化理论，突出实用 在教材的内容上，适当加大模具结构与冲压工艺等应用性较强知识的比例，体现中等职业教育学校的培养目标，即注重培养技术文化素质，紧密结合生产实际。

（2）优化组合，突出新颖 在教材的结构上，采用每单元开头有教学重点，然后是典型模具的拆装实训，单元末有思考题与习题，以利于学生学后巩固。同时，课堂教学与实验、实习教学有机结合，使理论与实践紧密结合，注重培养学生的动手能力、分析问题和解决问题的能力。

（3）深入浅出，图文并茂 文字表述通俗易懂，简明扼要；内容由浅入深，循序渐进；图文对照，形象清晰；避开原理、机理分析的繁琐性，突出应用性。这样既有利于教师教学，又有利于学生自学，体现以学生为主体的教育理念。

全书按总课时约 100 学时编写，具体分配建议如下：

单元	课程内容	学时分配					
		讲课	实验	习题	上机	其他	小计
单元一	冷冲压基本知识	6					6
单元二	冲裁工艺与模具结构	16	16				32
单元三	弯曲工艺与模具结构	8	8				16
单元四	拉深工艺与模具结构	10	8				18
单元五	级进模	4	4				8
单元六	其他冲压工艺与模具结构	6	4				10
单元七	冲压模具零件制造与装配	4	2				6
机动		6	6				12
合 计		60	48				108

本书由周松兵担任主编并负责拟定编写大纲和统稿，李强、杨关全任副主编。武汉职业

技术学院机电工程学院韩森和教授担任主审。

参加本书编写的有：湖北十堰职业技术（集团）学校李强（编写单元一）、襄樊机电工程学校杨关全和陈爱群（编写单元二、单元六）、湖北信息工程学校柳效文（编写单元三）、湖北十堰职业技术（集团）学校周松兵（编写单元四、单元七部分内容）、湖北三环车身有限公司杨焯和肖本胜（编写单元五）、湖北十堰职业技术（集团）学校杨华（编写单元七部分内容）。

本书在编写过程中，得到机械工业出版社、武汉职业技术学院机电工程学院韩森和教授和欧阳德祥副教授、湖北十堰职业技术（集团）学校、襄樊机电工程学校、湖北信息工程学校、湖北三环车身有限公司、万向通达集团雷召新工程师和东风汽车有限公司商用车公司车身分公司侯建飞工程师的大力支持，同时得到许多兄弟院校和社会企业的帮助，并引用了许多同行所编著的教材和著作中的大量资料，在此一并表示衷心感谢！

由于编者水平有限，编写时间短促，书中难免有不妥之处，恳请各位同仁和专家批评指正。

编 者

目 录

前言

单元一 冷冲压基本知识 1

第一节 冷冲压概论 2

第二节 冷冲压材料 12

第三节 冲压模具零件常用材料及选用 20

第四节 模具零件加工方法 27

第五节 冲压安全操作规程 34

第六节 冷冲压工艺规程的制定 36

思考题和习题 45

单元二 冲裁工艺与模具结构 47

实训课题一 落料冲孔复合模的拆装 48

第一节 冲裁变形过程与冲裁件质量分析 52

第二节 冲裁件的工艺性 56

第三节 排样与搭边 59

第四节 凸模和凹模间隙 64

第五节 冲裁凸模与凹模刃口尺寸的确定 66

第六节 冲裁力和压力中心 70

第七节 冲裁模典型结构 74

第八节 冲裁模工作零件的结构 82

第九节 定位零件的结构 89

第十节 退料零件的结构 92

第十一节 模架零件 95

第十二节 冲裁模其他组成零件 97

第十三节 冷冲模的组合结构 97

第十四节 冲裁模具设计一般步骤 98

第十五节 精冲简介 101

第十六节 其他冲裁模简介 104

实训课题二 典型冲裁模设计实例 108

思考题和习题 112

单元三 弯曲工艺与模具结构 115

实训课题三 弯曲模的拆装 116

第一节 弯曲变形特点及分析 118

第二节 弯曲工艺性及工序安排 121

第三节 弯曲件的质量分析 125

第四节 弯曲工艺计算 128

第五节 弯曲模的典型结构 132

第六节 弯曲模具主要工作零件的结构 137

实训课题四 典型弯曲模设计实例 141

思考题和习题 142

单元四 拉深工艺与模具结构 147

实训课题五 拉深模的拆装 148

第一节 拉深变形特点及分析 151

第二节 拉深件的结构工艺性 156

第三节 圆筒形件拉深系数及确定方法 158

第四节 圆筒形件拉深次数及确定方法 160

第五节 拉深件坯料尺寸计算 161

第六节 圆筒形件拉深工序尺寸的计算 166

第七节 拉深力、压料力的计算与压力机的
选用 175

第八节 拉深模工作部件的结构 177

第九节 常用拉深模具结构简介 182

第十节 其他形状零件的拉深 187

第十一节 拉深工艺的辅助工序 194

实训课题六 拉深模设计实例 195

思考题和习题 198

单元五 级进模 201

第一节 概述 202

第二节 工序安排和排样设计 204

第三节 级进模凸、凹模设计 212

第四节 级进模卸料和托料装置 216

第五节 级进模其他结构设计 219

第六节 级进模典型结构 225

第七节 级进模的维护与常见故障的排
除 230

实验课题七 级进模模具设计实例 233

思考题和习题 236

单元六 其他冲压工艺与模具结构 239

第一节 胀形	240	附录	304
第二节 缩口	244	附录 A 冲裁模初始双面间隙 Z (一)	304
第三节 翻边	247	附录 B 冲裁模初始双面间隙 Z (二)	305
第四节 冷挤压	252	附录 C 滑动导向标准模架的技术参数	305
第五节 校形	265	附录 D 滚动导向标准模架的技术参数	306
第六节 覆盖件的成形工艺及模具设计	267	附录 E 开式固定压力机 (部分) 主要技术规格	306
思考题和习题	280	附录 F 开式双柱可倾式压力机 (部分) 主要技术规格	307
单元七 冲压模具零件制造与装配	283	附录 G 闭式单点压力机 (部分) 主要技术规格	307
第一节 概述	284	附录 H 双动拉深压力机 (部分) 主要技术规格	308
第二节 冲裁模零件制造与装配	285	参考文献	310
第三节 成形模零件制造与装配特点	290		
第四节 级进模零件制造与装配特点	293		
第五节 冲裁模设计与制造实例	294		
第六节 拉深模设计与制造实例	300		
思考题和习题	303		

单元一

冷冲压基本知识

本单元学习目的：

1. 掌握冷冲压的特点及冲压工序的种类。
 2. 了解常用冲压材料及冲压设备。
 3. 掌握冲压模具常用材料的选用、常用冲压模架的特点及选用。
 4. 掌握模具零件常用的加工方法。
 5. 熟悉冲压安全操作规程，会分析冲压生产中的事故原因及预防措施。
 6. 掌握冲压工艺规程制定的方法，能制定一般冲压件的工艺规程。
-

第一节 冷冲压概论

冷冲压是指在室温下,利用安装在压力机上的模具对被加工材料施加一定的压力,使之产生分离和塑性变形,从而获得所需形状和尺寸的零件(也称制件)的一种加工方法。因为通常使用的材料为板料,故也常称为板料冲压。

冲压模具是指在冷冲压加工中,将材料(金属或非金属)加工成零件(或半成品)的一种特殊工艺装备,称为冷冲压模具(俗称冷冲模)。

据不完全统计,冲压件在汽车、拖拉机行业中约占60%,在电子工业中约占85%,而在日用五金产品中约占到90%。如一辆新型轿车投产需配套2000副以上各类专用模具;一台冰箱投产需配套350副以上各类专用模具;一台洗衣机投产需配套200副以上各类专用模具。可以这么说,一个国家模具工业发展的水平,能反映出这个国家现代化、工业化发展的程度。

在冲压零件的生产中,合理的冲压成形工艺、先进的模具、高效的冲压设备是必不可少的三要素,如图1-1所示。

一、冷冲压变形基本知识

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

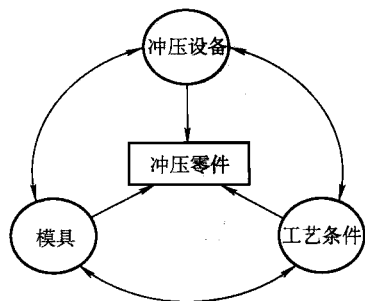


图 1-1 冲压零件生产三要素

1. 金属塑性变形概述

(1) 塑性、塑性变形与变形抗力的概念

1) 塑性。塑性是指固体材料在外力作用发生永久变形而不破坏其完整性的能力。塑性的好坏用塑性指标来评定。塑性指标以材料开始破坏时的变形量表示,它可借助于各种试验方法测定。

2) 塑性变形。塑性变形是指物体在外力作用下产生变形,若外力去除以后,物体并不能完全恢复自己原有形状和尺寸的特性。

3) 变形抗力。变形抗力是指在一定的变形条件(加载状况、变形温度及速度)下引起物体塑性变形的单位变形力。变形抗力反映了物体在外力作用下抵抗塑性变形的能力。

(2) 塑性变形对金属组织和性能的影响 金属受外力作用产生塑性变形后,不仅其形状和尺寸发生了变化,而且其内部组织和性能也将发生变化,主要包括:形成了纤维组织;形成了亚组织;产生了内应力;产生了加工硬化。

(3) 影响金属塑性的因素 影响金属的塑性因素很多,主要有以下几个方面:

1) 金属的成分和组织结构。一般来说,组成金属的元素越少、晶粒越细小、组织分布越均匀,则金属的塑性越好。

2) 变形时的应力状态。金属变形时,压应力的成分越大,金属越不易被破坏,其塑性也就越好。与此相反,拉应力则易于扩展材料的裂纹与缺陷,所以拉应力的成分越大,越不利于金属可塑性的发挥。

3) 变形温度。变形温度对金属的塑性有重大影响。就大多数金属而言,其总的趋势是:

随着温度的升高，塑性增加，变形抗力降低（金属的软化）。

4) 变形速度。变形速度是指单位时间内金属变形的变化量。在冲压生产中常以压力机滑块的移动速度来近似反映金属的变形速度。一般情况下，对于小型件的冲压，一般可以不考虑速度因素，只需考虑设备的类型、公称压力和功率等；对于大型复杂件，宜采用低速成形（如采用液压机或低速压力机冲压）。另外，对于加热成形工序，变形速度比较敏感的材料（如不锈钢、耐热合金、钛合金等），也宜低速成形。

5) 尺寸因素。同一种材料，在其他条件相同的情况下，尺寸越大，塑性越差。

2. 塑性变形时的应力与应变

在冲压过程中，材料的塑性变形主要是模具对材料施加的外力所引起的内力或内力直接作用的结果。因为一定的力的作用方式和大小都对应着一定的变形，所以为了研究和分析金属材料的变形性质和变形规律，控制变形的发展，就必须了解材料内各点的应力与应变状态以及它们之间的相互关系。

(1) 应力与应变状态

1) 点的应力状态。在外力的作用下，材料内各质点之间产生的相互作用力称为内力。单位面积上内力的大小称为应力。材料内某一点的应力大小与分布称为该点的应力状态。

可以证明，对任何一种应力状态来说，总存在这样一组坐标系，使得单元体各表面上只有正应力，而没有切应力。这时的三个坐标轴称为主轴，三个坐标轴的方向称为主方向，三个正应力称为主应力，三个主应力的作用面称为主平面。一个应力状态只有一组主应力，而主方向可通过对变形过程的分析近似确定或通过试验确定。用主应力来表示点的应力状态，可以大大简化分析、运算工作。

以主应力表示点的应力状态称为主应力状态，表示主应力个数及其符号的简图称为主应力图。可能出现的主应力图共有九种，其中四种三向主应力图，三种双向主应力图，两种单向主应力图，如图 1-2 所示。

2) 点的应变状态。变形体内存在应力必伴随有应变，点的应变状态也是通过单元体的变形来表示的。

与点的应力状态一样，当采用主轴坐标系时，单元体就只有三个主应变分量 ε_1 、 ε_2 和 ε_3 ，而没有切应变分量。与应力状态一样，任何一种主应变状态也可分解成以平均主应变 ε_m [$\varepsilon_m = (\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3)/3$] 为应变值的三向等应变状态和以各向主应变与 ε_m 的差值为应变值构成的偏应变状态，如图 1-3 所示。其中三向等应变状态使单元体体积发生微小的变化，偏应变状态使单元体形状发生变化。

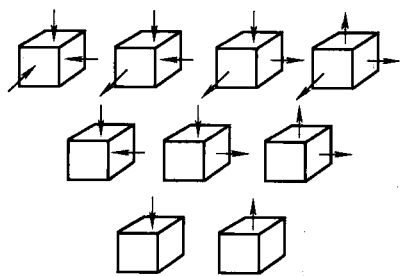


图 1-2 九种主应力图

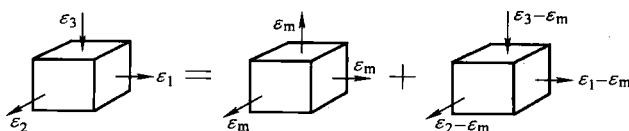


图 1-3 应变状态的分解

根据体积不变定律, 可以得出如下结论: 塑性变形时, 物体只有形状和尺寸发生变化, 而体积保持不变; 不论应变状态如何, 其中必有一个主应变的符号与其他两个主应变的符号相反, 这个主应变的绝对值最大, 称为最大主应变; 当已知两个主应变数值时, 便可算出第三个主应变; 任何一种物体的塑性变形方式只有三种, 与此相应的主应变状态图也只有三种, 如图 1-4 所示。

(2) 塑性条件 (屈服条件)

决定受力物体内质点由弹性状态向塑性状态过渡的条件, 称为塑性条件或屈服条件。金属由弹性变形过渡到塑性变形, 主要取决于在一定变形条件 (变形温

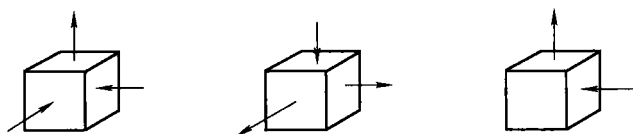


图 1-4 三种主应变图

度与变形速度) 下金属的物理力学性质和所处的应力状态。一般来说, 在材料性质和变形条件一定的情况下, 塑性条件主要决定于物体的应力状态。

屈雷斯加屈服条件 (法国工程师屈雷斯加提出) 和密席斯屈服条件 (德国力学家密席斯提出): 在一定的变形条件下, 无论变形物体所处的应力状态如何, 只要其三个主应力的组合满足一定条件, 材料便开始屈服。

在单向应力叠加三向等应力状态下, 密席斯屈服条件与屈雷斯加屈服条件是一致的; 在平面应变状态下, 两个屈服条件最大相差 15.5%。

3. 加工硬化与硬化曲线

一般常用的金属材料, 随着塑性变形程度的增加, 其强度、硬度和变形抗力逐渐增加, 而塑性和韧性逐渐降低的现象称为加工硬化。材料的硬化规律可以用硬化曲线来表示。硬化曲线实际上就是材料变形时的应力随应变变化的曲线, 可以通过拉伸、压缩或胀形试验等多种方法求得。

图 1-5 所示为拉伸试验时获得的两条应力—应变曲线, 其中曲线 1 的应力考虑了变形过程中材料截面积的变化, 真实反映了硬化规律, 故称为实际应力曲线 (又称硬化曲线或变形抗力曲线)。曲线 2 的应力没有考虑变形过程中材料截面积的变化, 因此应力 F/A_0 并不能反映材料在各变形瞬间的真实应力, 所以称之为假象应力曲线。

图 1-6 所示是用试验求得的几种金属在室温下的硬化曲线。从曲线的变化规律来看, 几乎所有的硬化曲线都具有一个共同的特点, 即在塑性变形的开始阶段, 随着变形程度的增大, 实际应力剧烈增加, 但当变形程度达到某些值以后, 变形的增加不再引起实际应力的显著增加。也就是说, 随着变形程度的增大, 材料的硬化强度 d_σ/d_ϵ (或称硬化模数) 逐渐降低。

为了实用上的需要, 常用直线或指数曲线来近似代替实际硬化曲线。用直线代替硬化曲线的实质是: 在实际应力—应变所表示的硬化曲线上, 于缩颈点处作一切线来近似代替实际

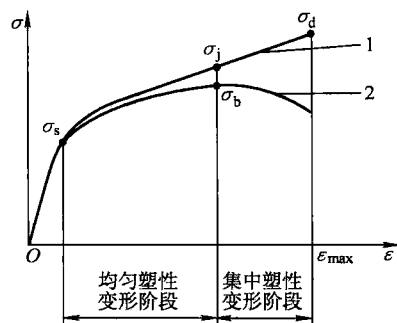


图 1-5 金属的应力—应变曲线

1—实际应力曲线 2—假象应力曲线

σ_s —屈服点应力 σ_j (σ_b)—缩颈点应力

σ_d —断裂点应力

硬化曲线，如图 1-7 所示。该硬化直线的方程式为

$$\sigma = \sigma_0 + D_\epsilon \tag{1-1}$$

式中 σ_0 ——近似屈服强度（硬化直线在纵坐标轴上的截距）；
 D_ϵ ——硬化模数（硬化直线的斜率）。

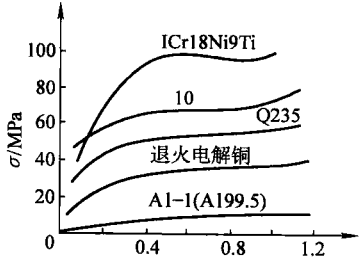


图 1-6 几种金属在室温下的硬化曲线

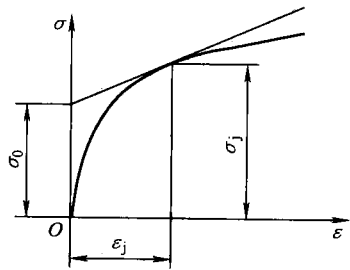


图 1-7 硬化直线

显然，用直线代替硬化曲线是非常近似的，仅在缩颈点附近精确度较高，当变形程度很小或很大时，硬化直线与实际硬化曲线之间较大的差别。所以在冲压生产中常用指数曲线表示硬化曲线，其方程式为

$$\sigma = A\epsilon^n \tag{1-2}$$

式中 A ——系数；
 n ——硬化指数。

A 和 n 与材料的种类和性能有关，可通过拉伸试验求得，其值列于表 1-1。指数曲线与材料的实际硬化曲线比较接近。

表 1-1 几种金属材料的 A 与 n 值

材料	A/MPa	n	材料	A/MPa	n
软铜	710 ~ 750	0.19 ~ 0.22	银	470	0.31
黄铜 ($w_{Zn}40\%$)	990	0.46	铜	420 ~ 460	0.27 ~ 0.34
黄铜 ($w_{Zn}35\%$)	760 ~ 820	0.39 ~ 0.44	硬铝	320 ~ 380	0.12 ~ 0.13
磷青铜	1100	0.22	铝	160 ~ 210	0.25 ~ 0.27
磷青铜 (低温退火)	890	0.52			

硬化指数 n （又称 n 值）是表明材料塑性变形时硬化性能的重要参数。 n 值大时，表示变形过程中材料的变形抗力随变形程度的增加而迅速增大，因而对板料的冲压成形性能及冲压件的质量都有较大的影响。

4. 冲压成形中的变形趋向性及其控制

(1) 冲压成形中的各向异性 在冲压成形过程中，坯料的各个部分在同一模具的作用下，却有可能发生不同形式的变形，即具有不同的变形规律，即各向异性。分析研究冲压成形中的各向异性及控制方法，对制定冲压工艺过程、确定工艺参数、设计冲压模具以及分析冲压过程中出现的某些产品质量问题等，都有非常重要的实际意义。

一般情况下，总是可以把冲压过程中的坯料划分成为变形区和传力区。冲压设备施加的变形力通过模具，并进一步通过坯料传力区作用于变形区，使其发生塑性变形。如图 1-8 所

示的拉深和缩口成形中,坯料的A区是变形区,B区是传力区,C区则是已变形区。

由于变形区发生塑性变形所需的力是由模具通过传力区获得的,而同一坯料上的变形区和传力区都是相毗邻的,在这样同一个内力的作用下,变形区和传力区都有可能产生塑性变形。但由于它们之间的尺寸关系及变形条件不同,其应力应变状态也不相同,因而它们可能产生的塑性变形方式及变形的先后是不相同的。通常,总有一个区需要的变形力比较小,并首先满足塑性条件而进入塑性状态,产生塑性变形,我们把这个区称之为相对的弱区。如图1-8a所示的拉深变形,虽然变形区A和传力区B都受到径向拉应力 σ_r 作用,但A区比B区还多一个切向压应力 σ_θ 的作用,根据屈雷斯加屈服条件 $\sigma_1 - \sigma_3 \geq \sigma_s$,A区中 $\sigma_1 - \sigma_3 = \sigma_\theta + \sigma_r$,B区中 $\sigma_1 - \sigma_3 = \sigma_r$,因 $\sigma_\theta + \sigma_r > \sigma_r$,所以在外力F的作用下,变形区A最先满足屈服条件产生屈服变形,成为相对弱区。

为了保证冲压过程的顺利进行,必须保证冲压工序中应该变形的部分(变形区)成为弱区,以便将塑性变形局限于变形区的同时,排除传力区产生任何不必要的塑性变形的可能。由此可以得出一个十分重要的结论:在冲压成形过程中,需要最小变形力的区是个相对的弱区,而且弱区必先变形,因此变形区应为弱区。

“弱区必先变形,变形区应为弱区”的结论,在冲压生产中具有很重要的实用意义。很多冲压工艺的极限变形参数的确定、复杂形状件的冲压工艺过程设计等,都是以这个结论作为分析和计算依据的。

(2) 控制变形各向异性的措施 在实际生产中,控制坯料变形各向异性的措施主要以下几方面:

1) 改变坯料各部分的相对尺寸。实践证明,变形坯料各部分的相对尺寸关系,是决定变形趋向性的最重要因素,因而改变坯料的尺寸关系,是控制坯料变形趋向性的有效方法。如图1-9所示,模具对环形坯料进行冲压时,当坯料的外径 D 、内径 d_0 及凸模直径 d_p 具有不同的相对关系时,就可能具有三种不同的变形趋向(即拉深、翻孔和胀形),从而形成三种形状完全不同的冲件。

当 D 、 d_0 都较小,并满足条件 $D/d_p < 1.5 \sim 2$ 、 $d_0/d_p < 0.15$ 时,宽度为 $(D - d_p)$ 的环形部分产生塑性变形所需的力最小而成为弱区,因而产生外径收缩的拉深变形,得到拉深件(图1-9b);

当 D 、 d_0 都较大,并满足条件 $D/d_p > 2.5$ 、 $d_0/d_p < 0.2 \sim 0.3$ 时,宽度为 $(d_p - d_0)$ 的内环形部分产生塑性变形所需的力最小而成为弱区,因而产生内孔扩大的翻孔变形,得到翻孔件(图1-9c);

当 D 较大、 d_0 较小甚至为0,并满足条件 $D/d_p > 2.5$ 、 $d_0/d_p < 0.15$ 时,这时坯料外环的拉深变形和内环的翻孔变形阻力都很大,使凸、凹模圆角及附近的金属成为弱区而产生厚度变薄的胀形变形,得到胀形件(图1-9d)。胀形时,坯料的外径和内孔尺寸都不发生变化或变化很小,成形仅靠坯料的局部变薄来实现。

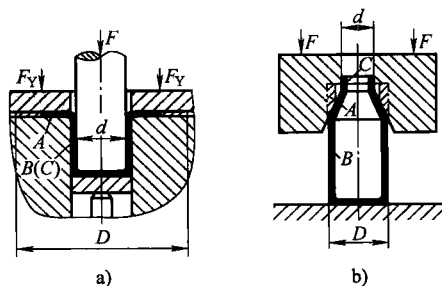


图 1-8 冲压成形时坯料的变形区与传力区

a) 拉深 b) 缩口

A—变形区 B—传力区 C—已变形区

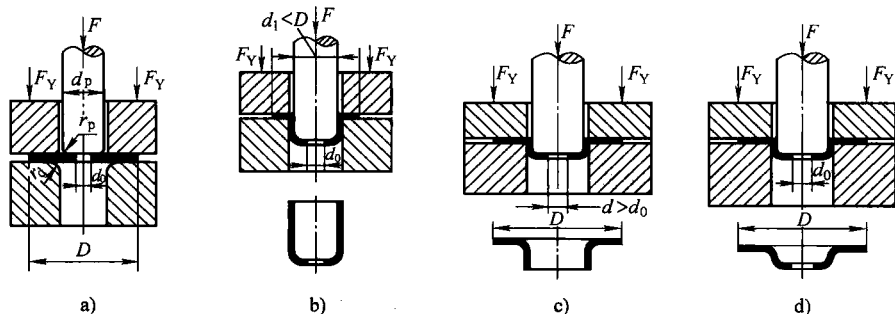


图 1-9 环形坯料的变形趋向

a) 变形前的坯料与模具 b) 拉深 c) 翻孔 d) 胀形

2) 改变模具工作部分的几何形状和尺寸。这种方法主要是通过改变模具的凸模和凹模圆角半径来控制坯料的变形趋向。如图 1-9a 中, 如果增大凸模圆角半径 r_p 、减小凹模圆角半径 r_d , 可使翻孔变形的阻力减小, 拉深变形阻力增大, 所以有利于翻孔变形的实现。反之, 如果增大凹模圆角半径而减小凸模圆角半径, 则有利于拉深变形的实现。

3) 改变坯料与模具接触面之间的摩擦阻力。如图 1-9 中, 若加大坯料与压料圈及坯料与凹模端面之间的摩擦力 (如加大压力 F_Y 或减少润滑), 则由于坯料从凹模面上流动的阻力增大, 结果不利于实现拉深变形而利于实现翻孔或胀形变形。如果增大坯料与凸模表面间的摩擦力, 并通过润滑等方法减小坯料与凹模和压料圈之间的摩擦力, 则有利于实现拉深变形。所以, 正确选择润滑及润滑部位, 也是控制坯料变形趋向的重要方法。

4) 改变坯料局部区域的温度。这种方法主要是通过局部加热或局部冷却来降低变形区的变形抗力或提高传力区强度, 从而实现对坯料变形趋向的控制。例如, 在拉深和缩口时, 可采用局部加热坯料变形区的方法, 使变形区软化, 以利于拉深或缩口变形。又如在不锈钢零件拉深时, 可采用局部深冷传力区的方法来增大其承载能力, 从而达到增大变形程度的目的。

二、冷冲压的特点及应用

1. 冷冲压的特点

(1) 生产率高 冷冲压生产依靠冲模和冲压设备来完成加工, 便于实现自动化, 生产率高, 操作简便。对于普通压力机, 每分钟可生产几件到几十件制件, 而高速压力机每分钟可生产数百件甚至几千件制件。大批量生产时, 成本较低。

(2) 制件精度较高 冷冲压生产加工出来的制件尺寸稳定、精度较高、互换性好,

(3) 适宜加工形状复杂的零件 金属材料在压力作用下, 能获得其他加工方法难以加工或无法加工的、形状复杂的零件。

(4) 成本低, 力学性能好 冷冲压是一种少无切削的加工方法, 可以获得合理的金属流线分布, 材料利用率较高, 零件强度、刚度好。

2. 冷冲压的应用

由于冷冲压在技术上的和经济上的特别之处, 因而在现代工业生产中占有重要的地位。在汽车、拖拉机、电器、电子、仪表、国防、航空航天以及日用品生产中随处可见到冷冲压产品。如不锈钢饭盒、搪瓷盆、高压锅、汽车覆盖件、冰箱门板、电子电器上的金属零件、枪炮弹壳等。目前世界各主要工业国, 其锻压机床的产量和拥有量都已超过机床总数的 50%

以上,美国、日本等国的模具产值也已超过机床工业的产值。在我国,近年来锻压机床的增长速度已超过了金属切削机床的增长速度,板带材的需求也逐年增长,据专家预测,今后各种机器零件中粗加工的75%、精加工的50%以上要采用压力加工,其中冷冲压占有相当的比例。

三、冲压技术在制造业的地位与发展

1. 冷冲压的现状

冷冲压技术是从最初的作坊式生产发展到现在的专业化工业生产的。而我国模具工业在近20年来发展更是迅速,模具及模具加工设备市场需求潜力巨大,发展前景相当广阔。

随着工业的发展,工业产品的品种、数量越来越多,对产品质量和外观的要求则更是日趋精美。改革开放20多年以来,我国已成为使用各类模具的大国,其中,汽车、摩托车与家电产品生产用的各类模具的年需求量已占全国模具总需求量的60%以上。但是,我国模具生产能力和水平,与国外相比差距尚颇大,造成20世纪90年代模具进口量占全国模具总销售额的1/3以上,达6~10亿美元。

2. 冷冲压的发展

模具技术的发展应该为适应模具产品周期短、精度高、质量好、价格低的要求服务。随着现代科学技术的高速发展,许多新工艺、新技术、新设备、新材料不断出现,促进了冷冲压技术的不断革新和发展。主要表现和发展趋势如下:

(1) 全面推广CAD/CAM/CAE技术 模具CAD/CAM/CAE技术是模具设计制造的发展方向。随着计算机软件的发展和进步,普及CAD/CAM/CAE技术的条件已基本成熟,各企业将加大CAD/CAM技术培训和技術服务的力度;进一步扩大CAE技术的应用范围。计算机和网络的发展使CAD/CAM/CAE技术跨地区、跨企业在整个行业中推广成为可能,实现技术资源的重新整合,使虚拟制造成为可能。

(2) 模具扫描及数字化系统 高速扫描机和模具扫描系统提供了从模型或实物扫描到加工出期望的模型所需的诸多功能,大大缩短了模具的研制周期。有些快速扫描系统,可快速安装在已有的数控铣床及加工中心上,实现快速数据采集、自动生成各种不同数控系统的加工程序、不同格式的CAD数据,用于模具制造业的“逆向工程”。

(3) 模具制造方面 近年来发展的高速铣削加工,大幅度提高了加工效率,并可获得极小的表面粗糙度值。电火花铣削加工技术已成为替代传统的用成形电极加工型腔的新技术,它是由高速旋转的、简单的管状电极作三维或二维轮廓加工(像数控铣一样),因此不再需要制造复杂的成形电极。模具自动加工系统是我国长远发展的目标。模具自动加工系统应有多台机床合理组合;配有随行定位夹具或定位盘;有完整的机具、刀具数控库;有完整的数控柔性同步系统;有质量监测控制系统。

(4) 提高模具标准化程度 我国模具标准化程度正在不断提高,估计目前模具标准件使用覆盖率已达到30%左右(国外发达国家一般为80%左右)。

(5) 优质材料及先进表面处理技术 选用优质钢材和应用相应的热处理、表面处理技术可以提高模具的寿命。模具热处理的发展方向是采用真空热处理。模具表面处理应发展工艺先进的气相沉积(TiN、TiC等)、等离子喷涂等技术。研究自动化、智能化的研磨与抛光方法替代现有手工操作以提高模具表面质量,是重要的发展趋势。

(6) 先进的冲压设备 开发和引进高速压力机和多工位自动压力机、数控压力机,冲压

柔性制造系统及各种专用压力机，以满足大批量、高精度生产的需要。

四、冷冲压基本工序分类

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。冲压加工因制件的形状、尺寸和精度的不同，所采用的工序也不同。根据材料变形特点的不同，可将冷冲压工序分为分离工序和成形工序两类。

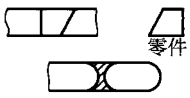
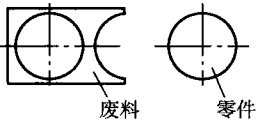
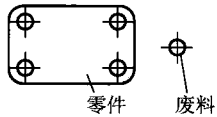
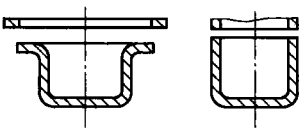
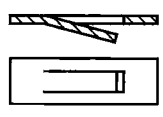
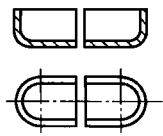
1. 分离工序

分离工序是指坯料在冲压力作用下，变形部分的应力达到强度极限以后，使坯料发生断裂而产生分离的加工工序。常见的分离冲压工序分类如表 1-2 所示。

2. 成形工序

成形工序是指坯料在冲压力作用下，变形部分的应力达到屈服极限，但未达到强度极限，使坯料产生塑性变形，成为具有一定形状、尺寸与精度制件的加工工序。常见的成形冲压工序分类如表 1-3 所示。

表 1-2 常见分离冲压工序分类

名称	工序简图	说 明
切断		将材料沿敞开的轮廓分离，被分离的材料成为零件或工序件
落料		将材料沿封闭的轮廓分离，封闭轮廓线以内的材料成为零件或工序件
冲孔		将材料沿封闭的轮廓分离，封闭轮廓线以外的材料成为零件或工序件
切边		切去成形制件不整齐的边缘材料的工序
切舌		将材料沿敞开轮廓局部而不是完全分离的一种冲压工序
剖切		将成形工序件一件分为几件的工序