



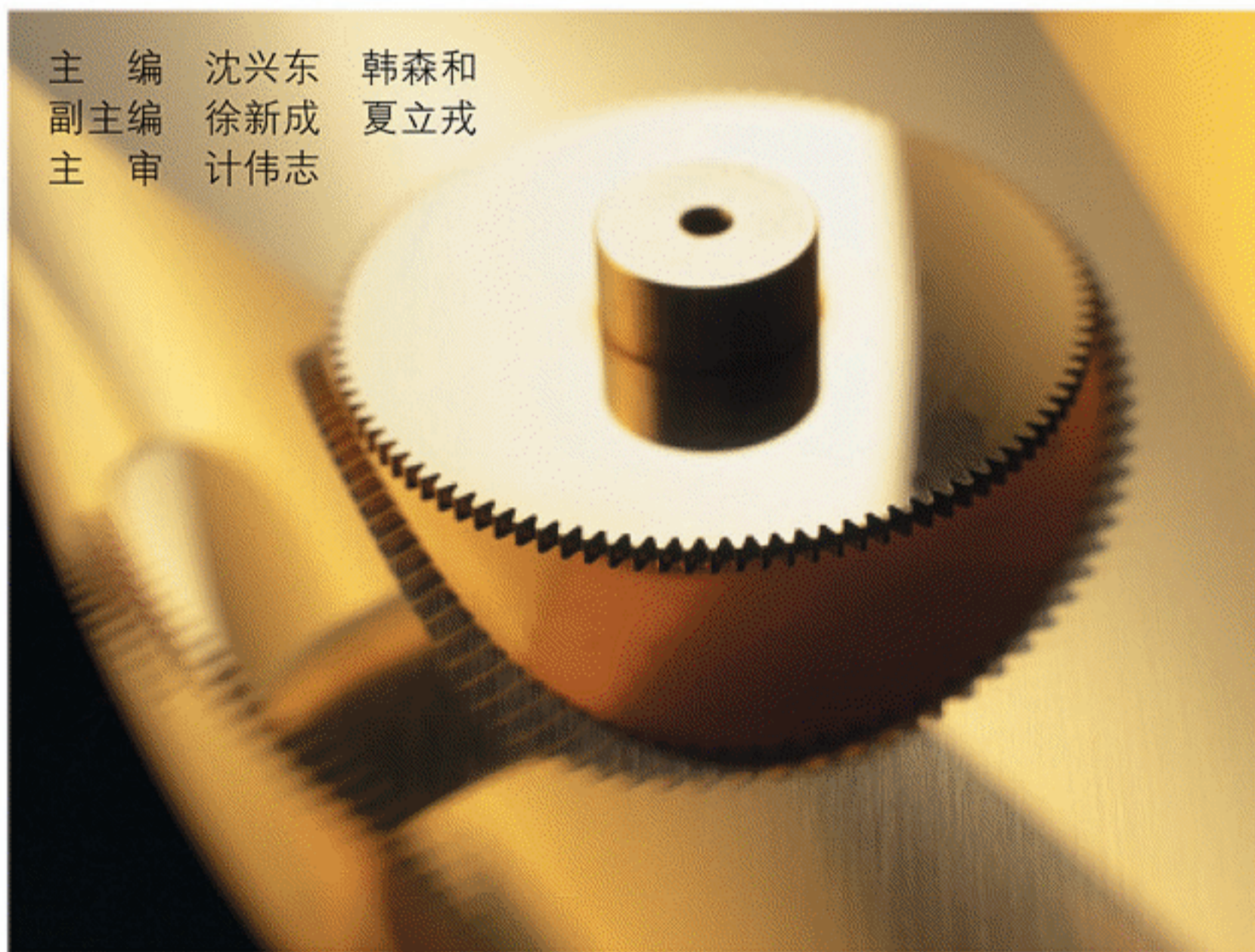
高等职业教育通用教材

ERSHIYISHIJI GAODENGZHIYEJIAOYU TONGYONGJIAOCAI

冲压工艺与模具设计

CHONGYAGONGYI
YUMOJUSHEJI

主 编 沈兴东 韩森和
副主编 徐新成 夏立戎
主 审 计伟志



山东科学技术出版社
www.lkj.com.cn

图书在版编目 (C I P) 数据

冲压工艺与模具设计 / 沈兴东主编. — 济南: 山东科学技术出版社, 2004.8

21 世纪高等职业教育通用教材

ISBN 7 - 5331 - 3752 - 3

I. 冲... II. 沈... 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 (2004) 第 071701 号

21 世纪高等职业教育通用教材 冲压工艺与模具设计

主 编 沈兴东 韩森和
副主编 徐新成 夏立戎
主 审 计伟志

出版者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路 16 号

邮编: 250002 电话: (0531)2098088

网址: www.lkj.com.cn

电子邮件: sdkj@jn-public.sd.cninfo.net

发行者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路 16 号

邮编: 250002 电话: (0531)2098071

印刷者: 山东人民印刷厂

地址: 泰安市灵山大街东首

邮编: 271000 电话: (0538)6119320

开本: 787mm × 1092mm 1/16

印张: 22.25

字数: 500 千

版次: 2004 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

印数: 1 - 3000

ISBN 7 - 5331 - 3752 - 3 TG·11

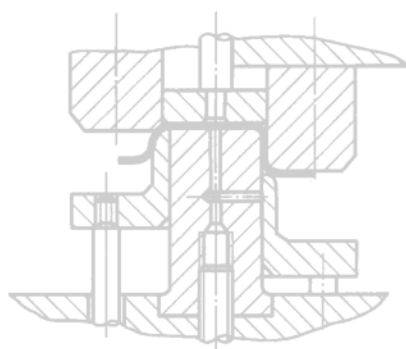
定价: 32.00 元

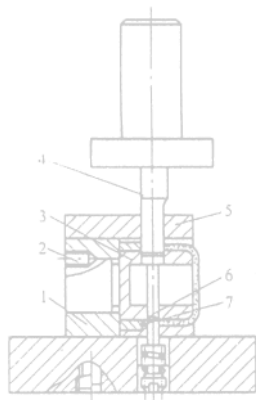
内容提要

本书为21世纪高等职业教育通用教材，是根据高等职业教育的特点，以培养学生基本技能为目标，针对模具设计与制造专业，同时兼顾机电专业和机械类专业而编写的。

本书共设12章，主要讲述冲裁、弯曲、拉深工艺及其模具设计，还较为详尽地讲解了胀形、翻边、冷挤压、缩口、旋压、校形、大型覆盖件成形等冲压工艺与模具设计，最后介绍了级进模、冲模材料与寿命、冲压工艺规程的编制以及冲压模具CAD新知识，在附录中列出冲压常用数据和模具中英文术语对照。每章后附有适量的复习题供教学参考。

本书突出实用，强调综合运用，并融会最新技术，也可供专业技术人员参考。





前 言

本书为21世纪高等职业教育通用教材，是根据高等职业教育的特点，以培养学生基本技能为目标，针对模具设计与制造专业，同时兼顾机电专业和机械类专业而编写的。

课程性质：模具设计与制造专业、材料成型专业专业骨干课，机械制造专业、机电专业、数控加工专业的专业（基础）课。

先修课程：机械制图及CAD、公差与配合、机械设计、工程力学、金属工艺学（材料与成形加工）、机械制造技术等。

编写原则：①强化应用，突出实践（淡化应力应变分析，强调变形过程、实际应用情况，注重模具设计与维护）；②理论够用为度（消减冲压理论知识章节，其主要结论性知识与各加工方法有机结合）；③按照学生的认识规律，课程设计与理论课程并行进行，如首先讲解冲裁变形过程、间隙、刃口尺寸计算等基本知识，然后在进行模具拆装的同时讲解模具结构、特点、定距、卸料、导向方式等，再按设计顺序讲解排样、冲裁力、压力机选择、压力中心计算、凹模设计、凸模设计、定卸料零件设计，一种类型模具（特别是冲裁）课程讲完，学生的课程设计也相应地完成；④最新技术融会于各章中。



主要内容：根据冲压工艺与模具设计工作需要，本书首先介绍了冲压加工特点与分类、冲床等冲压加工的基本知识，然后较详细地讲解了正确设计冲压工艺和冲压模具结构的基本方法。

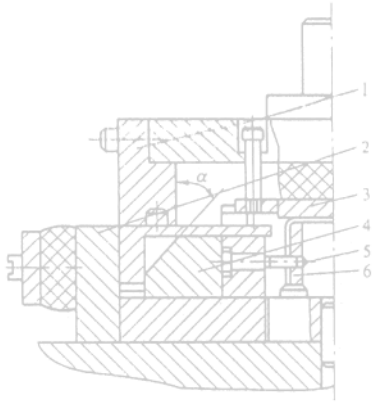
本书主要讲述冲裁、弯曲、拉深工艺及其模具设计，还较为详尽地讲解了胀形、翻边、冷挤压、缩口、旋压、校形、大型覆盖件成形等冲压工艺与模具设计，最后介绍了级进模、冲模材料与寿命、冲压工艺规程的编制以及冲压模具CAD新知识，在附录中列出冲压常用数据和中英文术语对照。每章后附有适量的复习题供教学参考。

本书突出实用，强调综合运用，并融会最新技术，也可供专业技术人员参考。

全书共设12章。天津职业大学沈兴东编写了第1章、第8章、第9章和第11章；武汉职业技术学院韩森和编写了第2章，詹华西编写了第12章；上海工程技术大学徐新成编写了第4章；上海市工业技术学校夏立戎编写了第3章；江西工业工程职业技术学院张国文编写了第5章、第6章和第7章；江西渝州科技学院姚振国编写了第10章和附录。全书由沈兴东负责统稿。本书由上海工程技术大学计伟志教授担任主审。本书编写过程中始终得到“21世纪高职高专教材编委会”的大力支持和帮助，并参考了许多教材的先进经验，王文生老师帮助进行了图稿处理，在此均表示由衷的感谢。

由于编者水平所限，本书定存在许多不妥之处，恳请读者不吝赐教。

编者



目 录

第 1 章 冲压加工基本知识	1
1.1 冲压加工及分类	1
1.2 冲压材料	5
1.3 冲压设备——机械压力机(冲床)	9
复习题	19
第 2 章 冲裁与冲裁模具设计	21
2.1 普通冲裁模结构	21
2.2 普通冲裁模设计	31
2.3 冲裁变形过程与凸凹模刃口尺寸计算	63
2.4 其他冲裁模	72
2.5 提高冲件精度的办法	79
2.6 非金属材料冲裁	84
复习题	85
第 3 章 弯曲与弯曲模具设计	87
3.1 板料弯曲	87
3.2 最小相对弯曲半径	89
3.3 弯曲件的回弹和滑移	91
3.4 弯曲模具的设计	96
3.5 弯曲工艺性和弯曲工序	103
3.6 弯曲件展开长度的计算	106
3.7 弯曲力的计算	108
3.8 其他弯曲加工	109
复习题	110
第 4 章 拉深与拉深模具设计	112
4.1 圆筒形件拉深变形分析	112
4.2 拉深系数和影响拉深系数的因素	119
4.3 直壁旋转体拉深件毛坯尺寸计算	121
4.4 拉深凸凹模结构与设计	127



4.5 拉深模具设计与分析	133
4.6 拉深工艺	136
4.7 复杂形状零件的拉深	139
4.8 拉深工艺分析	158
4.9 其他拉深方法	166
复习题	170
第5章 胀形	172
5.1 平板的胀形	172
5.2 空心毛坯的胀形	174
复习题	180
第6章 翻边	181
6.1 内缘翻边	181
6.2 外缘翻边	189
复习题	192
第7章 冷挤压	193
7.1 冷挤压的概念	193
7.2 冷挤压的变形程度	199
7.3 冷挤压的压力	201
7.4 冷挤压的毛坯制备	207
7.5 冷挤压的工艺与模具设计	210
复习题	222
第8章 其他冲压加工	224
8.1 缩口	224
8.2 旋压	228
8.3 校形	232
8.4 大型覆盖件的成形工艺及模具设计	236
复习题	254
第9章 多工位级进模	256
9.1 概述	256
9.2 工位安排与排样设计	257
9.3 级进模常用装置	266
9.4 级进模设计实例	270
复习题	284
第10章 冲压模具材料与模具寿命	286
10.1 冲压模具材料	286
10.2 冲压模具寿命	288
复习题	294
第11章 冲压工艺规程的编制	296



11.1 冲压工艺规程编制的主要内容和步骤	296
11.2 典型冲压件冲压工艺的设计实例	302
复习题	309
第12章 冲模CAD	310
12.1 冲模CAD概述	310
12.2 冲模标准图库的创建	314
12.3 冲裁模CAD设计应用	320
12.4 3D实体建模和工程图纸管理	328
附录	336
附录一 冲压设备型号及技术参数	336
附录二 冲压常用金属材料的力学性能	338
附录三 冲压模具常用材料	341
附录四 冲压模具零件的技术要求	343
附录五 冲压模具相关术语汉英对照表	344
参考文献	347



第 1 章 冲压加工基本知识

冲压加工是利用安装在压力机上的模具，对模具里的板料施加变形力，使板料在模具里产生变形，从而获得一定形状、尺寸和性能的产品零件的生产技术。如图 1-1 所示，利用凸模和凹模对直径为 D 的圆板料加压，冲制出所需零件。由于冲压加工经常在材料的冷状态下进行，因此也称冷冲压。冷冲压是金属压力加工方法之一，是建立在金属塑性变形理论基础上的材料成形工程技术。冲压加工的原材料一般为板料或带料，故也称板料冲压。

冲压工艺是指冲压加工的具体方法（各种冲压工序的总和）和技术经验，冲压模具是指将板料加工成冲压零件的专用工艺设备。

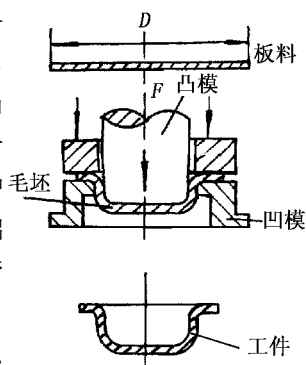


图 1-1 冲压过程简图

1.1 冲压加工及分类

1.1.1 冲压加工的特点

1. 冲压加工的优点

冲压生产靠模具和压力机完成加工过程，与其他加工方法相比，在技术和经济方面有如下优点：

- (1) 冲压件的尺寸精度由模具保证，所以其质量稳定，具有一定互换性。
- (2) 由于利用模具加工，所以可获得用其他加工方法不能或难以制造的壁薄、重量轻、刚性好、表面质量高、形状复杂的零件。
- (3) 冲压加工一般不需要加热毛坯，也不像切削加工那样需大量切削金属，所以既能又节约金属。

(4) 普通压力机每分钟可生产几十件冲压件，而高速压力机每分钟可生产几百甚至上千件，所以它是一种高效率的加工方法。

(5) 冲压零件的质量主要靠冲模来保证，所以操作方便，对工人技术等级的要求不高，便于组织生产。

2. 冲压加工的缺点

冲压也存在一些缺点，主要表现在冲压加工时的噪声和振动方面，这些问题并不完全是冲压工艺及模具本身带来的，而主要是由传统冲压设备的落后造成的。另外，模具



要求高、制造复杂、周期长、制造费用昂贵，因而小批量生产受到限制。再有，冲压件的精度决定于模具的精度，当零件精度要求很高时，用冲压生产难以达到要求。

1.1.2 冲压工艺的分类与应用

由于冲压工艺具有上述突出的优点，因此在国民经济各个领域得到了广泛的应用。例如，航空航天、机械、电子信息、交通、兵器、日用电器及轻工等产业都应用冲压加工。

冲压可制造钟表及仪器的小零件，也可制造汽车、拖拉机的大型覆盖件。冲压材料可使用黑色金属、有色金属以及某些非金属材料。

生产中为满足冲压零件形状、尺寸、精度、批量、原材料性能等方面的要求，采用多种多样的冲压加工方法。概括起来冲压加工可以分为分离工序与成形工序两大类。

1. 分离工序

分离工序可分为落料、冲孔和剪切等，其目的是在冲压过程中使冲压件与板料沿一定的轮廓线相互分离，如表 1-1 所示。

表 1-1 分离工序

工序名称	简 图	工序特征	应用范围
落料		用模具沿封闭线冲切板料，冲下的部分为工件	用于制造各种形状的平板零件
冲孔		用模具沿封闭线冲切板料，冲下的部分为废料	用于制造各种形状的平板零件
切断		用剪刀或模具切断板料，切断线不是封闭的	多用于加工形状简单的平板零件
切边		用模具将工件边缘多余的材料冲切下来	
冲槽		在板料上或成形件上冲切出窄而长的槽	



(续表)

工序名称	简 图	工序特征	应用范围
剖切		把冲压加工成的半成品切开成为两个或数个零件。	多用于不对称的成双或成组冲压之后

2. 成形工序

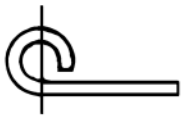


成形工序可分为弯曲、拉深、翻边、胀形、缩口等，目的是使毛坯在不被破坏的条件下发生塑性变形，形成所要求的制件形状，如表 1-2 所示。

表 1-2 成形工序

工序名称	简 图	工序特征
弯曲		用模具使板料弯曲成一定角度或一定形状
拉深		用模具将板料压成任意形状的空心件
翻边		用模具将板料上的孔或外缘翻成直壁
胀形		用模具对空心件施加向外的径向力，使局部直径扩张
缩口		用模具对空心件口部施加由外向内的径向压力，使局部直径缩小
挤压		把毛坯放在模腔内，加压使其从模具空隙中挤出，以形成空心或实心零件



(续表)

工序名称	简 图	工序特征
卷圆		把板料端部卷成接近封闭的圆头，用以加工类似铰链的零件
扩口		在空心毛坯或管状毛坯的某个部位上使其径向尺寸扩大的变形方法
校形		将工件不平的表面压平；将已弯曲或拉深的工件压成正确的形状

1.1.3 冲压及其模具技术发展

随着科学技术的不断进步和工业生产的迅速发展，冲压工艺和冲模技术也在不断地革新和发展。冲压加工技术的最新发展主要表现在以下几个方面：

1. 工艺分析计算现代化

冲压技术与工程数学、计算机技术相结合，对复杂曲面零件（如覆盖件）进行计算机模拟和有限元分析，可预测某一工艺方案进行零件成形的可能性与成形过程中将会发生的问题，供设计人员进行修改和选择。这种设计方法将传统的经验设计升华为优化设计，缩短了模具设计与制造的周期，节省了昂贵的模具试模费用等。

2. 模具计算机辅助设计、制造与分析

模具计算机辅助设计、制造与分析（CAD/CAM/CAE）的研究和应用，将极大地提高模具设计、制造的效率，提高模具的质量，使模具设计与制造技术实现 CAD/CAE/CAM 一体化。

3. 冲压生产自动化

为了满足大量生产的需要，冲压生产已向自动化、无人化方向发展。现已经利用高速压力机和多工位精密级进模实现了单机自动，冲压的速度可达每分钟几百甚至上千次。大型零件的生产已有了多机联合生产线，从板料的送进、冲压加工到最后检验全由计算机控制，极大地减轻了工人的劳动强度，提高了生产效率。目前冲压生产已逐渐向无人化生产形成的柔性冲压加工中心发展。

4. 开发适宜于小批量生产的模具

为适应市场经济的需求，大批量与多品种小批量生产共存，为此开发了适宜于小批量生产的各种简易模具、经济模具、标准化且容易变换的模具系统等。

5. 推广和发展冲压新工艺和新技术

冲压新工艺有精密冲裁、液压拉深、电磁成形、超塑性成形等。模具制造技术方面



采用了高速铣削、数控电火花铣削、慢走丝线切割和精密磨削，以实现模具制造的现代化。

6. 改进板料性能

与材料科学结合，不断改进板料性能，以提高冲压件的成形能力和使用效果。

1.2 冲压材料

1.2.1 冲压工艺对板料的基本要求

在冲压对板料的要求中，首先是对产品的技术要求，如强度、刚度等机械指标要求，还有一些物理化学等方面的特殊要求，如电磁性、防腐性等；其次是冲压工艺的要求，即应具有良好的冲压成形性能。综合上述两方面的要求，冲压工艺对板料的基本要求如下：

1. 机械性能要求

板料机械性能与冲压成形性能有着密切的关系。机械性能的指标很多，其中尤以延伸率 (δ)、屈强比 (σ_s/σ_b)、弹性模数 (E)、硬化指数 (n) 和厚向异性指数 (γ) 影响较大。一般来说，延伸率大、屈强比小、弹性模数大、硬化指数高和厚向异性系数大有利于各种冲压成形工序。

2. 化学成分要求

板料的化学成分对其冲压成形性能有很大影响，如钢中的碳、硅、锰、磷、硫等元素的含量增加，就会使材料的塑性降低、脆性增加，导致材料冲压成形性能变坏。一般低碳沸腾钢容易产生时效现象，拉深成形时出现滑移线，这对汽车覆盖件来说是不允许的。为了消除滑移线，可在拉深之前增加一道辊压工序，或采用加入铝和钒等脱氧的镇静钢，拉深时就不会出现时效现象。铝镇静钢 08Al 按其拉深质量分为 3 级：ZF（最复杂），用于拉深最复杂的零件；HF（很复杂），用于拉深很复杂的零件；F（复杂），用于拉深复杂零件。其他深拉深薄钢板按冲压性能分为 Z（最深拉深）、S（深拉深）、P（普通拉深）3 级。

3. 金相组织要求

根据对产品的强度要求与对材料成形性能的要求，材料可处于退火状态（或软状态）(M)，也可处于淬火状态 (C)、硬态 (Y) 或半硬 (1/2 硬) 态 (Y_2)。板料有冷轧和热轧两种轧制状态。对有些钢板，其晶粒大小也有一定的规定。拉深性能好的钢板具有晶粒大小合适、均匀的金相组织，晶粒大小不均最容易引起裂纹，深拉深用冷轧薄钢板的晶粒为 6~8 级，过大的晶粒在拉深时会产生粗糙的表面。此外，钢板中的带状组织与游离碳化物、非金属夹杂物也会降低材料的冲压成形性能。

4. 表面质量要求

材料表面应光滑，无氧化皮、裂纹、划伤等缺陷。表面质量高的材料，成形时不易破裂，不易擦伤模具，零件表面质量好。优质钢板表面质量分 3 组：I 组（高质量表



面)、II 组(较高质量表面)、III 组(一般质量表面)。

5. 材料厚度公差要求

在一些成形工序中,凸、凹模之间的间隙是根据材料厚度来确定的,材料厚度公差会对零件的精度与模具寿命产生影响,特别是在校正弯曲和整形工序中。厚度公差分 A(高级)、B(较高级)和 C(普通级)3 种。

1.2.2 板料的冲压成形性能及实验

1. 板料的冲压成形性能

板料对冲压成形工艺的适应能力称为板料的冲压成形性能。

板料的冲压成形性能,包括抗破裂性、贴模性和定形性等几个方面。

板料的贴模性是指板料在冲压过程中取得与模具形状一致性的能力,成形过程中发生的起皱、塌陷等缺陷,均会降低零件的贴模性。

定形性是指零件脱模后保持其在模内既得形状的能力。影响定形性的主要因素是回弹,零件脱模后,回弹会造成零件形状与尺寸的误差。

板料的贴模性和定形性是决定零件形状和尺寸精度的重要因素。

材料抗破裂性差,会导致零件严重破坏,且难于修复,因此在目前冲压生产中,主要用抗破裂性作为评定板料冲压成形性能的指标。

板料在成形过程中可能出现两种失稳现象,一种称为拉伸失稳,即板料在拉应力作用下局部出现缩颈或断裂;另外一种称为压缩失稳,即板料在拉应力作用下出现起皱。

板料在失稳之前可以达到的最大变形程度叫做成形极限,成形极限分为总体成形极限和局部成形极限。总体成形极限反映板料失稳前总体尺寸可以达到的最大变形程度,如极限拉深系数、极限胀形高度和极限翻孔系数等,这些极限系数通常作为规则形状板料零件工艺设计的重要依据;而局部成形极限则反映板料失稳前局部尺寸可以达到的最大变形程度,如复杂零件成形时,局部极限应变即属于局部成形极限。由于复杂零件变形的不均匀性,板料各处变形差异很大,因此必须用局部成形极限来描述零件

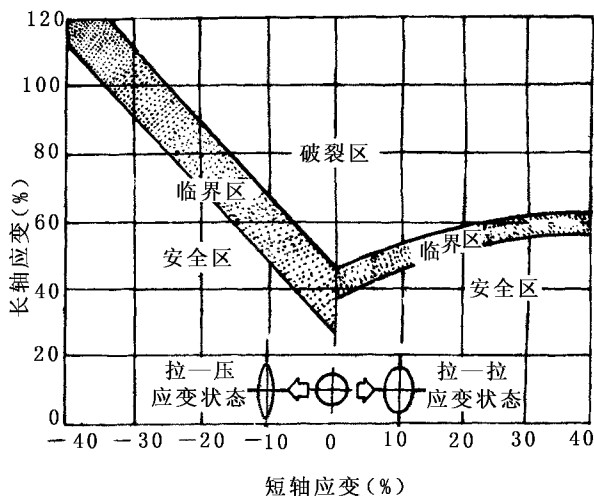


图 1-2 成形极限图

上各点的变形程度。材料不均匀变形时的局部极限应变可用成形极限图表示,见图 1-2。可以看出,一般来说,在拉-压应变状态下,可以减小短轴方向流入凹模的阻力,而在双向受拉的拉-拉应变状态下,可以增加短轴方向流入凹模的阻力,从而使零件从破裂区转入安全区,使零件成形获得成功。成形极限越高,说明板料的冲压成形性能越好。

2. 板料的冲压成形性能实验

板料冲压成形性能实验方法通常分为3种类型：力学试验、金属学实验（统称间接实验）和工艺实验（直接实验）。其中常用的力学实验有简单拉伸实验和双向拉伸实验，用以测定板料的力学性能指标；金属学实验用以确定金属材料的硬度、表面粗糙度、化学成分、结晶方位与晶粒度等；工艺实验也称模拟实验，它是用模拟生产实际中的某种冲压成形工艺的方法测量出相应的工艺参数，例如用 Swift 拉深实验测出极限拉深比 LDP，用 TZP 实验测出对比拉深力 T ；用 Erichsen 实验测出极限胀形深度 E_r ，用 KWI 扩孔实验测出极限扩孔率 λ 等。下面仅对板材简单拉伸实验进行介绍。

板材的拉伸实验也称为单向拉伸实验或简单拉伸实验。应用拉伸实验方法，可以得到许多评定板材冲压性能的实验值，所以其应用十分普遍。

由于实验目的不同，板材冲压性能评价用的拉伸实验方法和所得到的实验值均与评定材料强度性能的拉伸实验有所不同。简单介绍如下：

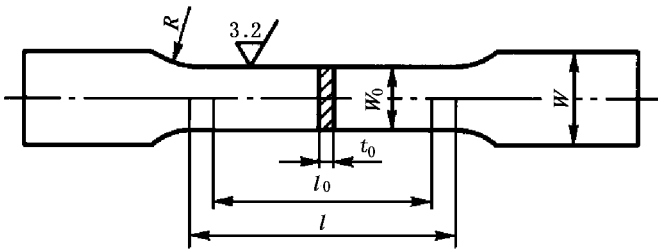


图 1-3 拉伸实验试样

(1) 实验设备：拉力实验机（机械式或液压式）。

(2) 试件形状与尺寸：从待实验的板材上截取试样并加工成如图 1-3 所示的形状。拉伸试样的尺寸按标准确定，截取试样要注意方向性，一般要截取与板材轧制方向呈 0° 、 45° 、 90° 等方位上的试样供实验用。实验时利用测量装置测量拉伸力 F 与拉伸行程（试样伸长值），根据这些数值做出 $\sigma - \delta$ 曲线（如图 1-4 所示）。实验可以得到下列力学性能指标：①屈服极限 σ_s 或 $\sigma_{0.2}$ ；②强度极限 σ_b ；③屈强比 σ_s/σ_b ；④均匀伸长率

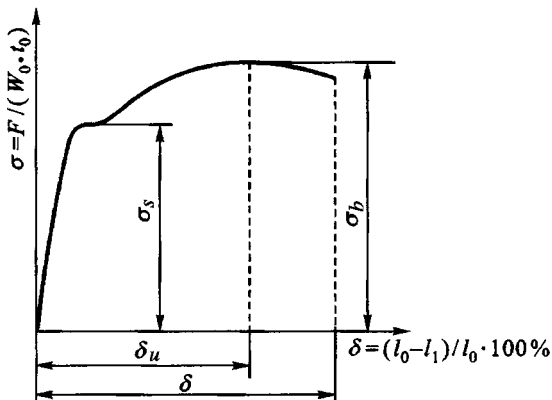


图 1-4 拉伸曲线



δ_u : ⑤总伸长率 δ ; ⑥弹性模数 E ; ⑦硬化指数 n ; ⑧厚向异性指数 γ 。

1.2.3 板料的力学性能与冲压成形性能的关系

板料力学性能与板料冲压性能有密切关系。一般来说,板料的强度指标越高,产生相同变形量所需的力就越大;塑性指标越高,成形时所能承受的变形量就越大;刚性指标越高,成形时抗失稳的能力就越大。

对板料冲压成形性能影响较大的力学性能指标有以下几项:

1. 屈服极限 σ_s

屈服极限 σ_s 小,材料容易屈服,则变形抗力小,产生相同变形量所需的变形力就小。另外,当压缩变形时,屈服极限小的材料因易于变形而不易出现起皱;当弯曲变形时,屈服极限小的材料回弹小。

2. 屈强比 σ_s/σ_b

屈强比小,即 σ_s 值小而 σ_b 值大,容易产生塑性变形而不易产生拉裂,或者说,从产生屈服至拉裂有较大的塑性变形区间。对压缩类变形中的拉深变形,屈强比有重大影响。当变形抗力小而强度高时,变形区的材料不易起皱,传力区的材料又因有较高的强度而不易拉裂,有利于提高拉深变形程度。

3. 伸长率

拉伸实验中,实样拉断时的伸长率称为总伸长率(简称伸长率 δ);而实样开始产生局部集中变形(缩颈)时的伸长率称为均匀伸长率(δ_u)。 δ_u 表示板料产生均匀或稳定的塑性变形的能力,直接决定板料在伸长类变形中的冲压成形性能。从实验中得到验证,大多数材料的翻孔变形程度都与均匀伸长率成正比。一般地说,伸长率或均匀伸长率是影响翻孔或扩孔成形性能的主要指标。

4. 硬化指数 n

单向拉伸硬化曲线可写成 $\sigma = K\epsilon^n$, 其中指数 n 即为硬化指数,表示在塑性变形中材料的硬化程度。 n 大,说明在变形中材料加工硬化严重,变形抗力增加大。板料拉伸时,整个变形过程是不均匀的,先是产生均匀变形,然后出现集中变形而形成缩颈,最后被拉断。在拉伸过程中,一方面,材料断面尺寸不断减小使承载能力降低;另一方面,加工硬化使变形抗力增大,又提高了材料的承载能力。在变形的初始阶段,硬化的作用是主要的,因此材料上变形区的承载能力在变形中得到加强。变形总是遵循阻力最小定律,即“弱区先变形”的原则,变形总是在最弱断面处进行,这样变形区就不断转移,因而,变形不是集中在某一个局部断面上进行,在宏观上就表现为均匀变形。但是,板料的硬化随变形程度的增加而逐渐减弱,当变形达到一定程度时,硬化与断面减少对承载能力的影响恰好相等,此时最弱断面的承载能力不再提高,于是变形开始集中在这一局部区域进行,不能转移出去,发展为缩颈,直至拉断。可以看出,如果 n 大,则材料加工时硬化严重,硬化使材料变形区的强度加强,于是增大了均匀的范围。对伸长类变形(胀形), n 大的材料变形均匀,变薄减小,厚度分布均匀,表面质量好,增大了极限变形程度,零件不易产生裂纹。

5. 厚向异性指数 γ



由于板料轧制时出现的纤维组织等因素，板料的塑性会因方向不同而出现差异，这种现象称为塑性各向异性。厚向异性指数是指单向拉伸时试样宽度应变与厚度应变之比，即：

$$\gamma = \epsilon_b / \epsilon_t \quad (1-1)$$

式中， ϵ_b 为宽度方向应变； ϵ_t 为厚度方向应变。

厚向异性指数 γ 表示板料在厚度方向上的变形能力， γ 值越大，表示板料越不易在厚度方向上产生变形，即不易出现变薄或增厚。 γ 值对压缩类变形的拉深影响较大， γ 值大，板料易于在宽度方向上变形，可减小起皱的可能性，而板料受拉处厚度不易变薄，又使拉深不易出现裂纹，因此 γ 值大有助于提高拉深变形程度。

6. 板平面各向异性指数 $\Delta\gamma$

板料在不同方位上厚向异性指数不同，造成板平面内的各向异性，可用 $\Delta\gamma$ 表示：

$$\Delta\gamma = (\gamma_0 + \gamma_{90} - 2\gamma_{45})/2 \quad (1-2)$$

式中， γ_0 为纵向厚向异性指数； γ_{90} 为横向厚向异性指数； γ_{45} 为与轧制方向呈 45° 的厚向异性指数。

$\Delta\gamma$ 越大，表示板平面内的各向异性越严重，拉深时会在零件口部出现不平整的凸耳现象，既浪费材料又要增加一道修边工序。

1.2.4 常用冲压材料及其力学性能

冲压最常用的材料是金属板料，有时也用非金属板料。金属板料分黑色金属板料和有色金属板料两种。

黑色金属板料按性质可分为：①普通碳素钢板：如 Q195、Q235 等。②优质碳素结构钢板：这类钢板的化学成分和力学性能都有保证，其中碳钢以低碳钢使用较多，常用牌号有 08、08F、10、20 等，冲压性能和焊接性能均较好，用以制造受力不大的冲压件。③低合金结构钢板：常用的有 Q345（16Mn）、Q295（09Mn2），用以制造强度要求高的重要冲压件。④电工硅钢板：如 DT1、DT2。⑤不锈钢板：如 Cr18Ni9Ti、1Cr13 等，用以制造有防腐蚀、防锈要求的零件。

常用的有色金属有铜及铜合金（如黄铜）等，牌号有 T1、T2、H62、H68 等，其塑性、导电性与导热性均很好。另外还有铝及铝合金，常用的牌号有 L2、L3、LF21、LY12 等，有较好的塑性，变形抗力好且轻。

本书附录二列出了部分常用金属板料的力学性能。

冲压用非金属材料有胶木板、橡胶、塑料板等。

冲压用材料的形状：最常用的是板料，常见规格有 710mm × 1420mm 和 1000mm × 2000mm 等。大量生产可采用专门规格的带料（卷料）。特殊情况下可采用块料，它适用于单件小批生产和价值昂贵的有色金属的冲压。

1.3 冲压设备——机械压力机（冲床）

机械压力机俗称冲床，是用来对坯料进行冲压加工的主要设备。