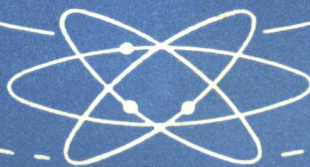


中等专业学校教材

冷冲压模具设计

杜东福 苟文熙 编



湖南科学技术出版社

中等专业学校教材
冷冲压模具设计

杜东福 荀文熙编
责任编辑：李遂平

*

湖南科学技术出版社出版
(长沙市展览馆路14号)

湖南省新华书店发行 湖南省新华印刷二厂印刷

*

1985年7月第1版第1次印刷
开本：787×1092毫米 1/16 印张：21.25 字数：530,000
印数：1—20,700

统一书号：15204·145 定价：3.45元

出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作分工的规定,我部承担了全国高等学校工科电子类专业课教材的编审、出版的组织工作。从一九七七年底到一九八二年初,由于各有关院校,特别是参与编审工作的广大教师的努力和有关出版社的紧密配合,共编审出版了教材159种。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应社会主义现代化建设培养人才的需要,反映国内外电子科学技术水平,达到“打好基础、精选内容、逐步更新、利于教学”的要求,在总结第一轮教材编审出版工作经验的基础上,电子工业部于一九八二年先后成立了高等学校“无线电技术与信息系统”、“电磁场与微波技术”、“电子材料与固体器件”、“电子物理与器件”、“电子机械”、“计算机与自动控制”,以及中等专业学校“电子类专业”、“电子机械类专业”等共八个教材编审委员会,作为教材工作方面的一个经常性的业务指导机构;并制定了一九八二~一九八五年教材编审出版规划,列入规划的教材、教学参考书、实验指导书等217种选题。在努力提高教材质量,适当增加教材品种的思想指导下,这一批教材的编审工作由编审委员会直接组织进行。

这一批教材的书稿,主要是从通过教学实践、师生反映较好的讲义中评选择优和从第一轮较好的教材中修编产生出来的。广大编审者、各编审委员会和有关出版社都为保证和提高教材质量作出了努力。

这一批教材,分别由电子工业出版社、国防工业出版社、上海科学技术出版社、西北电讯工程学院出版社、湖南科学技术出版社、江苏科学技术出版社、黑龙江科学技术出版社和天津科学技术出版社承担出版工作。

限于水平和经验,这一批教材的编审出版工作肯定还会有许多缺点和不足之处,希望使用教材的单位、广大教师和同学积极提出批评建议,共同为提高工科电子类专业教材的质量而努力。

电子工业部教材办公室

前 言

本教材系由电子机械类专业教材编审委员会中专工模具专业课编审小组审定，并推荐出版。

该教材由成都无线机械学校杜东福担任主编，合肥工业大学李升恒担任主审。编审者均是依据中专工模具专业课编审小组审定的编写大纲进行编写和审阅的。

本课程的参考教学时数为124学时，其主要内容为冲裁、弯曲、引伸、成形、冷挤等基本工艺及其模具设计。对于冷冲压新工艺及其使用的模具、冷冲压设备、冷冲压材料、金属塑性变形的基本概念、模具材料与模具寿命、模具设计中应采取的安全措施、冷冲压自动送料装置及自动模、冷冲压工艺规程的编制等有关内容，也作了比较详细的介绍。本教材在讲述冷冲压及冷冲模基本知识的基础上，较为详细的提供了冷冲压工艺及其模具的基本设计计算方法和计算实例。同时，选编了各种典型模具结构和必要的技术表格，以供读者设计时参考、使用。使用本教材时应注意：①书中标有·号的部分内容，系加宽或加深内容，可根据各校实际情况选讲。②第二章金属塑性变形的基本概念，其概括性较强，学生难于理解，所以讲授时只作定性分析，不要求作理论推导。在给学生建立初步的物理概念的基础上，在以后各章讲解各种变形的基本原理时，逐步地加深理解。③第三章冲裁，是本课程的基础和重点内容，可安排较多的学时（约占总学时的30%）讲授。④在讲授冲裁、弯曲、引伸、成形、冷挤等工艺与模具的基本内容前提下，对于其他内容，可根据各校的具体要求做必要的取舍或补充。

本教材由杜东福编写第一、三、七、八、九、十、十一章，苟文熙编写第二、四、五、六章，由杜东福统编全稿。参加审阅工作的还有无锡无线电工业学校冯炳尧，天津无线机械学校刘榴等同志，并为本书提出了宝贵意见，这里表示诚挚的感谢。由于我们水平有限，书中难免还存在一些缺点和错误，殷切希望广大读者批评指正。

编 者

目 录

绪论	(1)
第一章 冷冲压概述	(3)
§ 1—1 冷冲压工序分类	(3)
§ 1—2 冷冲压材料	(7)
§ 1—3 冷冲压设备	(14)
第二章 金属塑性变形的基本概念	(22)
§ 2—1 金属的塑性与塑性变形	(22)
§ 2—2 应力、应变的基本概念	(29)
§ 2—3 金属塑性变形的基本规律	(31)
第三章 冲裁	(37)
§ 3—1 概述	(37)
§ 3—2 冲裁过程分析	(38)
§ 3—3 冲裁件的工艺性	(40)
§ 3—4 冲裁模间隙	(42)
§ 3—5 冲裁模工作刃口尺寸计算	(45)
§ 3—6 排样设计	(50)
§ 3—7 冲裁力和压力中心的确定	(55)
§ 3—8 冲裁模主要零部件的结构设计	(60)
§ 3—9 冲裁模的基本类型与构造	(82)
§ 3—10 其他冲裁模	(94)
§ 3—11 整修	(107)
§ 3—12 精密冲裁	(108)
§ 3—13 非金属材料冲裁	(117)
§ 3—14 设计冲裁模的一般程序	(119)
第四章 弯曲	(127)
§ 4—1 弯曲变形过程及其特点	(127)
§ 4—2 弯曲件的工艺性	(131)
§ 4—3 弯曲时的回弹	(136)
§ 4—4 弯曲件展开长度的确定	(142)
§ 4—5 弯曲力的计算	(144)
§ 4—6 弯曲件的工序安排	(145)
§ 4—7 弯曲模结构	(146)
§ 4—8 弯曲模工作部分的设计	(156)
第五章 引伸	(160)
§ 5—1 引伸变形过程分析	(160)
§ 5—2 引伸件的工艺性	(163)
§ 5—3 旋转体引伸件毛坯尺寸的确定	(164)
§ 5—4 引伸系数	(170)
§ 5—5 旋转体引伸件的工序尺寸计算	(172)
§ 5—6 矩形件引伸	(181)
§ 5—7 引伸模工作部分的设计	(193)

§ 5—8 压边力和引伸力的确定(196)	§ 5—10 其他引伸方法及模具(202)
§ 5—9 引伸模结构.....(199)	§ 5—11 引伸过程中的润滑与 坯件处理.....(211)
第六章 成形..... (213)	
§ 6—1 胀形.....(213)	§ 6—4 校平与整形.....(224)
§ 6—2 缩口.....(217)	§ 6—5 旋压和强力旋压.....(226)
§ 6—3 翻边.....(219)	
第七章 冷挤压..... (231)	
§ 7—1 概述.....(231)	§ 7—9 冷挤压凸、凹模的结构 设计.....(267)
§ 7—2 冷挤压的金属流动.....(235)	§ 7—10 冷挤压模的卸件和顶出 装置.....(277)
§ 7—3 冷挤压件的工艺性.....(238)	§ 7—11 冷挤压零件的质量分析(278)
§ 7—4 冷挤压毛坯.....(240)	§ 7—12 温热挤压.....(281)
§ 7—5 冷挤压的变形程度.....(245)	§ 7—13 静液挤压.....(282)
§ 7—6 冷挤压力.....(248)	
§ 7—7 典型零件的冷挤压工艺 示例.....(258)	
§ 7—8 冷挤压模具结构.....(262)	
第八章 模具材料与模具寿命..... (284)	
§ 8—1 模具材料.....(284)	§ 8—2 模具寿命.....(285)
第九章 模具设计中应采取的安全措施..... (291)	
§ 9—1 概述.....(291)	§ 9—2 模具设计中应采取的 安全措施.....(291)
第十章 自动送料与出件装置..... (296)	
§ 10—1 自动送料装置的分类.....(296)	§ 10—3 二次送料装置与半自动 模.....(311)
§ 10—2 一次自动送料装置与自 动模.....(296)	§ 10—4 自动出件装置.....(317)
	§ 10—5 自动保护装置.....(318)
第十一章 冷冲压工艺规程的编制..... (321)	
§ 11—1 编制冷冲压工艺规程的 一般步骤.....(321)	§ 11—2 编制冷冲压工艺规程的 实例.....(323)
主要参考文献..... (331)	

绪 论

冷冲压是在室温下,利用安装在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,从而获得所需零件的一种压力加工方法。

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)。冷冲模在实现冷冲压加工中是必不可少的工艺装备,没有先进的模具技术,先进的冲压工艺就无法实现。

一、冷冲压加工的优点

冷冲压加工与其他加工方法相比,无论在技术方面,还是在经济方面,都具有许多独特的优点。其主要的有:

(1) 冷冲压是少、无切屑加工方法之一,是一种省能、低耗、高效的加工方法,因而制品的成本较低。

(2) 冷冲压件的尺寸公差由模具保证,具有“一模一样”的特征,所以产品质量稳定。

(3) 冷冲压可以加工壁薄、重量轻、形状复杂、表面质量好、刚性好的零件。

(4) 冷冲压生产靠压力机和模具完成加工过程,其生产率高,操作简便,易于机械化与自动化。用普通压力机进行冲压加工,每分钟可达几十件;用高速压力机生产,每分钟可达数百件或千件以上。

二、冷冲压加工在生产中的地位

由于冷冲压加工具有上述突出的优点,因此在批量生产中得到了广泛的应用,在汽车、拖拉机、电机、电器、仪表和日用品的生产中,已占据十分重要的地位。特别是在电子工业产品的生产中,已成为不可缺少的、主要加工方法之一。据概略统计,在电子产品中,冷冲压件(包括板金件)的数量约占零件总数的85%以上。在飞机、导弹、各种枪弹与炮弹的生产中,冷冲压件所占比例也是相当大的。

在现代各先进工业国家中,冷冲压技术及模具技术都是十分发达的,出现了各种冷冲压加工全自动化生产系统,计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助制造(CAM)模具的集成生产系统的研制和应用日益广泛,加快了产品更新换代步伐,促进了生产技术的发展。

目前,我国的模具制造还存在着效率低、成本高、周期长的弊病,这与产品更新换代快、冲压件品种日益增多而批量日趋减少的发展趋势不相适应。我们必须加快模具加工设备更新换代的步伐,迅速改变这种落后局面,促进冷冲压加工及模具技术的发展,使冷冲压及其模具技术在我国实现四个现代化和提高人民生活水平的过程中发挥更大的作用。

三、冷冲压技术的发展方向

随着机械、电气、电子技术的日益结合,产品性能和质量不断提高,使现代工业产品生产日趋复杂化与多样化,各工业部门对冲压技术的发展提出了不同要求。但是,从冷冲压生

产技术发展的总趋势出发,今后冷冲压技术的发展方向主要在于以下几个方面:

(1) 在冲压加工基本理论工作方面,应加强冲压变形基础理论的研究:从冲压变形的实际情况出发,加强和改进变形力学理论分析方法的研究,提供更加准确、实用、方便的计算方法,正确地确定主要工艺参数和模具工作部分的几何形状与尺寸,以进一步提高冲压件的质量;用实验与分析相结合的方法,研究各种冲压变形的共同规律和每种冲压变形的基本规律,为分析和解决冲压变形中出现的各种实际问题提供理论依据;加强原材料冲压性能的研究;生产和提供冲压性能良好的冲压材料。

(2) 在冲压工艺方面,应研究和推广可以提高生产率、产品质量和降低成本的各种冲压新工艺(如精冲工艺、软模成形工艺、高速成形工艺、超塑性成形工艺等),进一步提高冲压技术水平。

(3) 在模具方面,为了适应冲压技术发展的需要,应加强模具结构及其零部件的标准化工作,加强模具生产企业的管理和技术改造工作,加强模具加工设备数控化的研究与应用工作,积极开展模具的计算机辅助设计与计算机辅助制造的研究与推广工作,以最大限度地提高模具设计与制造的质量和效率,尽力缩短设计与制造的周期;加强模具材料、热处理和表面处理的研究工作,大大提高模具的寿命;当前,还应加强适用于复杂形状零件的多工位连续模、适用于多品种小批量生产的各种简易模、适用单一品种零件大量生产的自动化专用模等的研制工作,以适应不同条件下冲压生产的需要。

(4) 在冲压生产自动化方面,应加强适用于各种条件的自动操作通用装置、检测装置等的研究。同时,还应加强由电子计算机控制的现代化全自动冲压加工系统的研究与性能的改进工作。这种全自动化加工系统包括:自动快速换模装置、自动安装调整模具装置、材料自动选择与供给装置、送料进距自动调节装置、材料导向自动调节装置、成品容器自动更换装置、误送料自动检出装置、计算机等。这种加工系统,计算机可以记忆2~4个冲压件的加工规程。当被加工冲压件的数量达到预定的数量后,压力机自动停车,自动更换与安装模具,自动更换坯料,自动调节闭合高度、送料进距、导向宽度等。在自动调整工作完成后自动开动压力机进行加工。全部换模调整时间只需2~3min。这种全自动化冲压加工系统,83年已在日本出现。

(5) 在冲压设备方面,必须加强通用冲压设备对工艺要求适应性的研究,改进冲压设备的结构,提高其工艺性能,保证合理而必要的结构刚度、传动刚度和导向刚度与导向的精密性能,降低卸载冲击对冲压件质量、模具寿命和设备本身造成的不良影响,降低振动与噪声所带来的公害。研制和使用大型化、通用化、高速化的多工位压力机和加工能力很强的三维多工位压力机,使加工复杂零件的能力进一步提高。

四、本课程的性质与任务

《冷冲压模具设计》是电子机械中等专业学校工模具设计与制造专业的主要专业课之一,是一门既有理论又反映了实际经验的课程。

本课程的基本任务是:分析冲裁、弯曲、引伸、成形、冷挤压等基本工艺的特征,确定其主要工艺参数和相应模具的结构、尺寸与公差;其次是介绍金属塑性变形的基本概念、冷冲压件工艺规程的编制,以及冷冲压设备、冷冲压新工艺、冷冲压加工自动化、模具安全装置、模具新技术、模具材料和模具寿命等与模具设计有关的基本知识。通过本课程的教学,应使学生能拟订冷冲压零件的工艺规程,能熟练地设计冷冲压单一工序的模具,具有设计中等复杂程度的复合模、连续模(跳步模、进给模)和自动模的能力。

第一章 冷冲压概述

§ 1—1 冷冲压工序分类

由于各种冷冲压零件的形状、尺寸、公差要求和批量等的不同，所以在生产中所采用的冷冲压工序种类繁多。通常可按下述方法分类。

一、按变形性质分类

1. 分离工序

被加工材料在外力作用下产生变形，当变形部分的相当应力达到了材料的抗剪强度，材料便产生剪裂而分离，从而形成一定形状和尺寸的零件。这些冲压工序统称分离工序，如剪裁、冲孔、落料、切口等。

2. 塑料变形工序

被加工材料在外力作用下，变形部分的相当应力处于材料的屈服极限与强度极限之间，材料产生塑性变形，从而得到一定形状和尺寸的零件，这些冲压工序统称变形工序，如板料的弯曲、引伸、成形等变形工序和块料的冷挤、压印等立体压制工序。

二、按基本变形方式分类

1. 冲裁

使材料沿封闭或不封闭的轮廓剪裂而分离的冲压工序，称为冲裁，如冲孔、落料、切口等。

2. 弯曲

将材料弯成一定角度或形状的冲压工序，称为弯曲，如压弯、卷边、扭曲等。

3. 引伸

将平板毛坯压延成空心件，或将空心件的尺寸作进一步改变的冲压工序，称为引伸（或称拉伸、压延），如不变薄引伸和变薄引伸。

4. 成形

使材料产生局部变形，以改变零件或毛坯形状的冲压工序，称为成形，如翻边、缩口、起伏成形等。

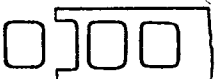
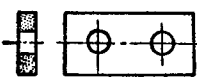
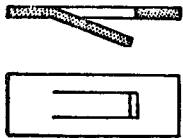
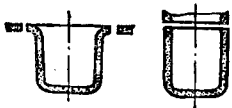
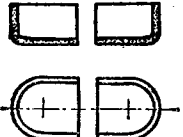
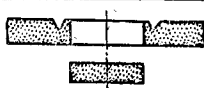
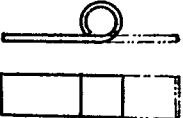
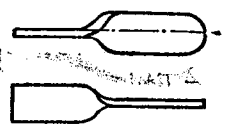
5. 立体压制

使毛坯的体积重新分布及转移，以改变毛坯的轮廓、形状或厚度的冲压工序，称为立体压制，如冷挤压、压印、镦粗等。目前有的国家将此种变形方式统称为“冷锻”。

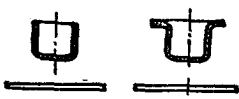
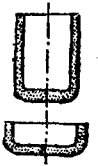
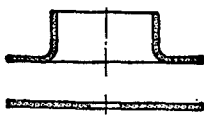
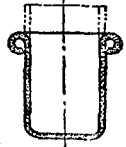
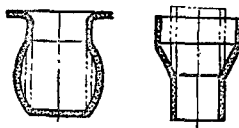
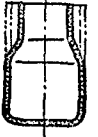
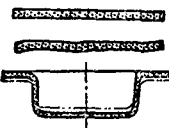
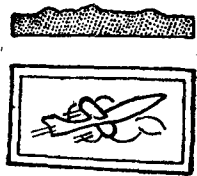
上述每种基本变形方式都包括很多个单一工序，现将部分冷冲压单一工序的名称和特征列于表1—1。

表1-1

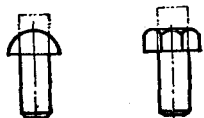
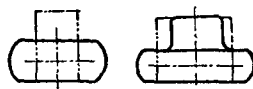
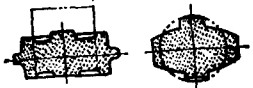
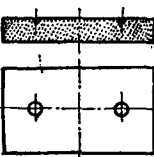
冷 冲 压 部 分 单 一 工 序 名 称 和 特 征

类别	组别	工 序 名 称	工 序 简 图	工 作 特 征
材 料 的 分 离	冲	切 断		用剪刀或裁断模切断板料或条料的部分周边
		落 料		用落料模沿封闭线冲裁板料或条料，冲掉部分是零件
		冲 孔		用冲孔模沿封闭线冲掉零件或毛坯上部分材料，冲掉部分是废料
		切 口		用切口模将部分材料切开，但并不使它完全分离，切开部分材料发生弯曲
		切 边		用切边模将零件边缘的多余材料冲切下来
		剖 切		用剖切模将弯曲件或引伸件剖成两部分或几部分
		整 修		用整修模切掉零件的外缘或内孔的余量，以得到光滑的断面和精确的尺寸
		精 冲		用精冲模从板料中冲裁出尺寸精确、断面光滑而垂直的零件
材 料 的 塑 性 变 形	弯	压 弯		用弯曲模将平板毛坯(或丝料、杆件毛坯)压弯成一定角度,或将已弯件作进一步弯曲
		卷 边		用卷边模将条料端部按一定半径卷成圆形
		扭 曲		用扭曲模将平板毛坯的一部分相对另一部分扭转成一定的角度

续表

类别	组别	工序名称	工序简图	工作特征
材料 的 塑性 变 形	引伸	引伸 (不变薄)		用引伸模将平板毛坯压延成空心件, 或使空心毛坯作进一步变形
		变薄引伸		用变薄引伸模减小空心毛坯的直径与壁厚, 以得到底厚大于壁厚的空心零件
	成形	起伏成形		用成形模使平板毛坯或零件产生局部拉伸, 以得到起伏不平的零件
		翻边		用翻边模在有孔或无孔的板件或空心件上, 翻出直径更大而成一定角度的直壁
		卷缘		用卷缘模使空心件的边缘向外卷成圆弧边缘
		凸肚		从空心件内部施加径向压力, 使局部直径胀大
		缩径		在空心件外部施加径向压力, 使局部直径缩小
		整形 (平面的或立体的)		1. 用校平模将有拱弯、翘曲的平板零件压平; 2. 用整形模将弯件或引伸件不准确的地方压成准确形状
		立体压制		用压印模使材料局部转移, 以得到凸凹不平的浮雕花纹或标记

续表

类别	组别	工序名称	工序简图	工作特征
材料 的 塑 性 变 形	立 体 压 制	冷挤压		用冷挤模使金属沿凸、凹模间隙流动,从而使厚毛坯转变为薄壁空心件或横断面小的半成品
		顶 镦		用顶镦模使金属体积重新分布及转移,以得到头部比杆部粗大的零件
		镦 粗		用镦粗模使金属体积重新分布,使金属向周围自由流动,以减小毛坯高度,增大直径
		立体成形		用立体成形模使金属体积重新分布,使其充满模腔的空隙,以得到立体实心件
		冲 眼		用锥形凸模在零件表面上冲出中心眼(不冲穿),为以后钻孔定心用

三、按工序组合形式分可分为两大类

1. 单一工序

在冷冲压生产中,当零件批量不大、形状简单、要求不高、尺寸较大时,在工艺上常采用工序分散的方案,即在一副模具内只完成零件的一个工序,此工序称为单一工序。

2. 组合工序

当零件批量较大、尺寸较小、公差要求较严时,用若干个分散的单一工序来冲压零件是不经济的或难于达到要求的。这时在工艺上多采用工序集中的方案,即将两种或两种以上的单一工序集中在一副模具内完成,称为组合工序。根据工序组合的方法,又可将其分为三类:

(1) 复合冲压——利用复合模在压力机的一次工作行程中,在同一工位上同时完成两种或两种以上的单一工序。

(2) 连续冲压——利用连续模(又称进给模或跳步模),在压力机两次或两次以上的工作行程中,先后在不同的工位上连续完成两种或两种以上的单一工序(或称工步)。

(3) 连续-复合冲压——在一副模具内包括连续和复合冲压的组合工序。

连续冲压和连续-复合冲压是高效率的组合工序,可使复杂零件在一副模具内冲压成形,在大批量生产中广泛采用。

此外,在生产中也常用冷冲压方法使零件产生局部的塑性变形来进行装配,此工序称为

冷冲压装配工序,如铆接、弯接、冷塑压焊接等。

§ 1—2 冷冲压材料

一、对冷冲压材料的基本要求

电子工业用冷冲压材料,除了满足零件本身所要求的物理化学性能(如电磁性、导热性、防腐性等)外,还必须满足以下的基本要求:

1.具有良好的冲压性能

材料的冲压性能是指材料对各种冲压加工方法的适应能力。冲压性能与材料的机械性能(强度、刚度、塑性、各向异性等)密切相关。例如,屈强比(σ_s/σ_b)小、弹性模数(E)大、塑性指数高、厚向异性指数大、板平面内各向异性指数小的材料,有利于冲压的各种塑性变形。

2.具有较高的表面质量

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,冲压时不易破裂,不易擦伤模具,零件表面质量好。我国对优质碳素钢板和合金结构钢板的表面质量分为四组,即:特别高级精整表面(I)、高级精整表面(II)、较高级精整表面(III)和普通级精整表面(IV)。

3.材料厚度公差应符合国家标准

在一些塑性变形工序中,凸、凹模的间隙是根据材料厚度来确定的,所以,材料厚度公差必须符合标准。否则,不仅会影响零件的质量,还可能在校正弯曲、整形等工序中,因厚向的正偏差过大而引起模具或冲床的损坏。我国对板料厚度公差要求,规定有高级(A)、较高级(B)和普通级(C)三种。

*二、板料的冲压性能及试验方法

对板料冲压性能的讨论意义在于:确定板料对某种冲压工艺的适应性;分析生产中出现的质量问题;合理选取材料的种类和牌号;为研制新材料提供方向和鉴定方法。

板料冲压性能的试验方法很多,但概括起来可分为直接试验和间接试验两类。在直接试验中,板料的应力状态和变形情况与真实冲压时基本相同,所得结果比较准确。而间接试验中,板料的受力情况和变形特点都与实际冲压时有一定的差别,所得结果只能在分析的基础上间接地反映板料的冲压性能。

1.间接试验法

间接试验法有拉伸试验、剪切试验、硬度检查、金相检查等。其中拉伸试验具有简单易行、不需专用板料试验设备等优点,而且所得结果,能从不同角度反映板料的冲压性能,所以它是一种很重要的试验方法。

图1—1a为板料单向拉伸试件的形状与尺寸。

先将试件夹持在万能材料试验机的夹头内,调好测力刻度盘与自动绘图仪;再以每分钟5mm以下的速度加载,直到屈服点附近,停止加载;在试件工作长度范围内测定并记录试件的最小宽度 b 和相应厚度 t ,以及载荷 P 的大小。以后按绘图记录纸每隔2~3小格停止加载一次,并重复测量、记录 b 、 t 、 P ,直到最大载荷出现为止。当刻度盘指针不动或有反转趋势时,应立即停止加载,迅速记下最大载荷 P_{max} ,并测量、记录相应的剖面尺寸 b_j 和 t_j 。此刻

便出现细颈，以后的变形集中在细颈部分，试件剖面将产生图b所示的畸变。这时需要测量宽度 b 和厚度 t_1 、 t_2 ，再计算其剖面面积 $[F=b(t_1+t_2)/2]$ 。在细颈出现以后，为避免试件很

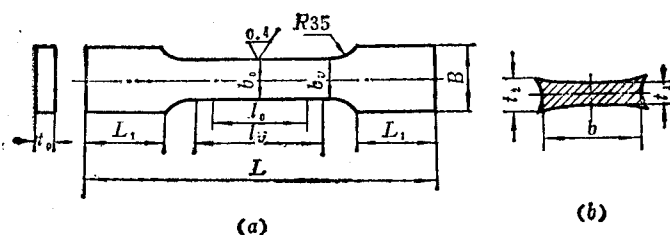


图1—1 板料拉伸试件及细颈剖面畸变

$L_1 = 2b_r + 10$ $b_0 = b_r - 0.1$ $B = 1.5b_r$ $l_0 = 11.3\sqrt{l_0 b_0}$ $L = 9b_r + 20 + l_0$ $l_r = l_0 + b_r$ t_0 —原始料厚 b_0 —工作部分原始宽度 l_0 —工作部分原始长度

快被拉断，可改用手动加载，争取再测量载荷及剖面尺寸1~2次。拉断时刻度盘指针返回很快，须特别注意读出破坏载荷的数值。最后将拉断的试件拼拢，测量试件工作区长度 l_p 与拉断处的剖面尺寸 b_p 、 t_{p1} 、 t_{p2} 。

根据试验数据，计算出各个载荷 P 下的实际应力与应变：

$$\sigma = \frac{P}{F} = \frac{P}{bt} \quad (1-1)$$

$$\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0} = \ln \frac{F_0}{F} = \ln \frac{b_0 t_0}{bt} \quad (1-2)$$

以 σ 为纵坐标， ε 为横坐标，逐点描迹即可作出板料的实际应力曲线，如图1—2实线所示。

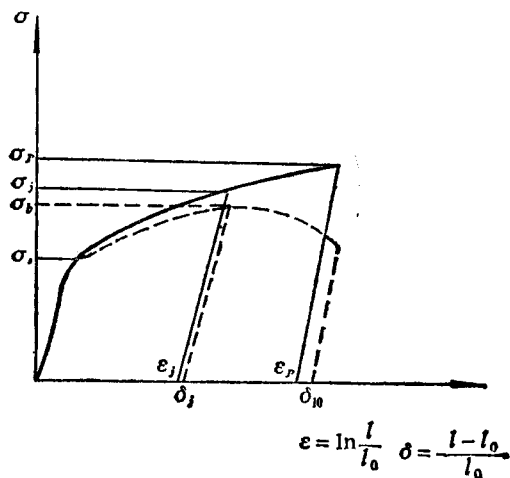


图1—2 实际应力曲线和假象应力曲线

同理，根据试验数据，计算出各个载荷 P 下的假象应力和延伸率：

$$\sigma = \frac{P}{F_0} = \frac{P}{b_0 t_0} \quad (1-3)$$

$$\delta = \frac{l - l_0}{l_0} \quad (1-4)$$

以假象应力 σ 为纵坐标, δ 为横坐标, 逐点描述, 即可作出板料的假象应力曲线, 即拉伸曲线, 如图1—2虚线所示。

通过单向拉伸试验, 可以取得板料的强度、刚度、塑性、厚向异性等机械性能指标, 根据这些数值, 即可定性估计材料的冲压性能。现略述如下:

(1) 强度指标: 屈服极限 $\sigma_s = P_s/F_0$; 抗拉强度 $\sigma_b = P_{\max}/F_0$; 细颈应力 $\sigma_j = P_{\max}/F_j = P_{\max}/b_j t_j$ 。

屈服极限与抗拉强度的比值(屈强比) σ_s/σ_b 愈小, 表示材料允许的塑性变形区间愈大, 成形过程稳定性愈好, 断裂危险性愈小, 有利于提高极限变形程度, 减少工序次数。例如低碳钢的 $\sigma_s/\sigma_b \approx 0.57$ 时, 其极限引伸系数 $m = 0.48 \sim 0.50$; 而65Mn的 $\sigma_s/\sigma_b \approx 0.63$ 时, 其极限引伸系数 $m = 0.68 \sim 0.70$ 。因此, σ_s/σ_b 愈小, 材料的冲压性能愈好。

(2) 刚度指标: 弹性模数 E , 应变刚模数(硬化模数) D (为屈服后实际应力曲线各点的斜率, 为一变数, 在细颈点, $D = \sigma_j$), 应变刚指数 n (硬化指数, 在细颈点, $n = \varepsilon_j$)。

弹性模数 E 愈大, 在成形中抗压失稳能力愈强, 卸载后弹性回复愈小, 有利于提高零件的质量。实验证明: 对于伸长类变形的冲压件, n 值大的材料不易产生裂纹, 零件厚度分布较均匀, 表面质量好; 对于压缩类变形的冲压件(如引伸件), n 值大的材料, 传力区不易拉裂, 冲压性能好。

(3) 塑性指标: 细颈点应变 $\varepsilon_j = \ln(F_0/F_j)$; 细颈点延伸率(均匀伸长率) $\delta_j = (l_j - l_0)/l_0$; 总延伸率 $\delta_{1.0} = (l_p - l_0)/l_0$ (试件用 δ_s 表示); 总断面收缩率 $\psi = (F_0 - F_p)/F_0$ [式中 $F_p = b_p(t_p - t_{p1})/2$]。

材料的塑性指标 δ_j 、 ε_j 愈高, 冲压性能愈好, 特别是在伸长类变形中更为有利。

(4) 厚向异性指标(塑性变形比) r : 板条试件拉伸时, 纵向伸长, 横断面收缩(变窄, 变薄), 如果板料不存在厚向异性现象, 则宽向收缩应变值与厚向收缩应变值相等。但实际上, 一般板料在拉伸时这两向收缩应变值是不相等的。可以用宽向应变与厚向应变的比值 r 来表示这种差异, 称之为厚向异性指数。即 $r = \varepsilon_b/\varepsilon_t = \ln(b/b_0)/\ln(t/t_0)$ (式中 b_0 、 b 、 t_0 、 t 分别表示变形前后的宽度和厚度, 一般取相对延伸率为20%时测量的结果)。

在引伸成形中, 当板料 r 值大时, 表明筒壁在拉应力作用下不易变薄, 不易拉破, 而在凸缘部分的压缩变形比较容易, 起皱趋势降低, 因此有利于复杂引伸件的成形。

板料在辗压时形成纤维组织, 各向机械性能不均匀一致, 所以 r 值在不同方位也不一样。因此, 常取板料纵向(板料辗压方向)、横向和45°方向的试件所得数据的平均值作为厚向异性指标, 用 $\bar{r}$ 表示:

$$\bar{r} = \frac{r_0 + r_{90} + 2r_{45}}{4} \quad (1-5)$$

由于板料在不同方位的厚向异性不同, 便在板料平面内形成各向异性。板平面内各向异性指数用 Δr 表示:

$$\Delta r = \frac{r_0 + r_{90} - 2r_{45}}{2} \quad (1-6)$$

Δr 值愈大, 板料平面内各向异性愈严重, 结果使引伸件口部不齐, 形成凸耳。影响零件质量。

2. 直接试验法

用直接试验法所得结果，在生产中具有较为直接的适用意义。直接试验的方法很多，现略述几种：

(1) 反复弯曲试验：将试件夹持在专用试验设备的钳口内，反复折弯至断裂。弯曲半径愈小、能反复折弯的次数愈多的材料，其成形性能愈好。

(2) 爱利克辛试验（胀形性能试验）：试验时，将大直径试件置于试验装置中，用球形凸模（或液体压力）将试件压入凹模，在试件外径不收缩的条件下，仅使其凹模内的材料产生两向拉应力作用而胀形，取得直至断裂时的凸模压入深度值。此值愈大，则伸长类成形的冲压性能愈好。

(3) 引伸性能试验：用不同直径的毛坯（直径相差1mm），在有压边装置的试验用引伸模中引伸。取不致断裂的可能引伸的最大毛坯直径与凸模直径之比值 K （即 $K = D_{\max}/d_p$ ）作为引伸性能的指标（简称引伸程度）。 K 值愈大，材料的引伸性能愈好。

此外，在生产中为了解决一些具体问题，例如为了分析研究材料的流动与变形分布，以便确定合理的毛坯形状与尺寸、修改模具、改进润滑或提出改进零件设计的建议等，常利用坐标网法来进行直接的工艺试验。这种方法的实质是：在毛坯表面预先作出一定尺寸的小圆圈或小方格的密集格网，压制成形后，观察测定格网的变形，以作为分析零件变形情况的根据。此法对于成形复杂的关键零件，有直接的实用价值。

三、冷冲压常用材料

冷冲压常用材料，多为各种规格的板料、条料、带料、丝料和小直径棒料等，它们的尺寸规格，均可在有关标准中查得。在生产中常把板料切成一定尺寸的条料或片料进行冲压加工。在大批生产中，可将带料在滚剪机上剪成所需宽度，用于自动送料的冲压加工。

冷冲压常用材料有：

(1) 黑色金属：普通碳素钢、优质碳素钢、碳素结构钢、合金结构钢、碳素工具钢、不锈钢、硅钢、电工用纯铁等。

(2) 有色金属：紫铜、无氧铜、黄铜、青铜、纯铝、硬铝、防锈铝、银及其合金等。在电子工业中，冲压用的有色金属，还有镁合金、钛合金、钨、钼、钽铌合金、可伐合金、康铜、铁镍软磁合金（坡莫合金）等。

(3) 非金属材料：纸板、各种胶合板、塑料、橡胶、纤维板、云母等。

部分冷冲压金属材料的机械性能见表1—2。部分非金属材料的抗剪强度见表1—3。

表1—2

金属材料机械性能

材料名称	牌 号	材料状态	机 械 性 能				
			抗剪强度 τ	抗拉强度 σ_b	屈服极限 σ_s	延 伸 率	弹性模数
			MPa			$\delta_{10}(\%)$	$E(\text{MPa})$
电工用纯铁 C<0.025	DT1~DT4	退 火	180	230		26	
电 工 硅 钢	D11, D12, D21 D31, D32	退 火	190	230	—	26	
	D310~D346 D370, D41~D48	未退火	560	650	—	—	
普通碳素钢	A3 A5	退 火	310~380 400~500	440~470 580~620	240 280	21~25 15~19	
优 质 碳 素 钢 结 构 钢	08	退 火	260~360	330~450	200	32	1.9×10^5
	10		260~340	300~440	210	29	1.98×10^5
	20		280~400	360~510	250	25	2.1×10^5
	30		360~480	450~600	300	22	2.01×10^5
	45		440~560	550~700	360	16	2.04×10^5
锰 钢	10Mn2	退 火	320~460	400~580	230	22	2.111×10^5
碳素工具钢	T7A~T12A	退 火	600	750	—	10	
	T8A T9A	冷作硬化	600~950	750~1200	—	—	
合金结构钢	25CrMnSi 30CrMnSi	低温退火	400~560 440~600	500~700 550~750	950 850	18 16	
弹 簧 钢	65Mn	退 火	600	750	400	12	2.111×10^5
	60Si2Mn	低温退火	720	900	1200	10	2×10^5
不 锈 钢	2Cr13	退 火	320~400	400~500	450	20	2.1×10^5
	1Cr18Ni9Ti	软 态	430~550	540~700	400	20	2×10^5
铝	L2, L3	退 火	80	75~110	50~80	25	0.72×10^5
	L5, L7	冷作硬化	100	120~150	—	4	
防 锈 铝 合 金	LF21	退 火	70~100	110~145	50	19	0.71×10^5
		半冷作硬化	100~140	155~200	130	13	
	LF2	退 火	130~160	180~230	100	18	0.7×10^5
		半冷作硬化	160~200	230~280	210	4	
硬 铝 合 金 (杜拉铝)	LY12	退 火	105~150	150~215	—	12	0.72×10^5
		淬硬并经自然时效	280~310	400~440	340	10	
		淬硬后冷作硬化	280~320	400~460	350	8	
超硬铝合金	LC4	退 火	170	≤ 250	—	10	0.7×10^5
		淬硬并经人工时效	350	500	420	4	
镁 锰 合 金	MB1	退 火	120~240	170~190	98	3~5	0.436×10^5
	MB8	退 火	170~190	220~230	140	12~14	0.4×10^5
		冷作硬化	190~200	240~250	160	8~10	