



高职高专
模具设计与制造

专业系列教材

MUJU

冷冲压工艺与模具设计

Lengchongya Gongyi Yu Muju Sheji

◇朱立义 主 编

◇高安邦 主 审



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

高职高专模具设计与制造专业系列教材

冷冲压工艺与模具设计

朱立义 主 编

高安邦 主 审

江苏工业学院图书馆
藏书章

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书内容包括:冷冲压基础知识,冲裁工艺与模具设计,弯曲工艺与模具设计,拉深工艺与模具设计,冷挤压工艺与模具,其他成形工艺及模具简介,冷冲压工艺规程的制订。

本书按照高职高专人才培养目标要求编写,力求优化知识结构,体现新技术、新工艺,突出实用性,内容通俗易懂。可供相关专业的高职高专学生及工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

冷冲压工艺与模具设计/朱立义主编. —重庆:重庆大学出版社,2006.8

(高职高专模具设计与制造专业系列教材)

ISBN 7-5624-3645-2

I. 冷... II. 朱... III. ①冷冲压—工艺—高等学校:技术学校—教材②冷冲模—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(2006)第 039567 号

冷 冲 压 工 艺 与 模 具 设 计

朱立义 主 编

高安邦 主 审

责任编辑:谭 敏 曾春燕 版式设计:谭 敏

责任校对:李小君 责任印制:秦 梅

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(市场营销部)

全国新华书店经销

万州日报印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:14.5 字数:362千

2006年8月第1版 2006年8月第1次印刷

印数:1—4 000

ISBN 7-5624-3645-2 定价:19.50元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

冷冲压技术是金属加工中的一项重要加工方法,它能有效地提高材料的机械性能,生产率高,产品尺寸精度好,成本低廉,易实现机械化与自动化,随着我国经济的飞速发展,冷冲压技术在航空、造船、汽车、无线电、电机电器及家用电器等工业领域得到了广泛应用。

为适应经济发展,普及冷冲压生产技术,提高冷冲压生产技术的工艺水平,培养高级应用型专业人才的需要,经过较为广泛的调查研究和搜集资料,结合平时的工作实践,特编写了高职高专系列教材《冷冲压工艺与模具设计》。本书在编写过程中,按照高职高专人才培养目标要求,优化知识结构,力求体现新技术,新工艺,突出实用性,内容通俗易懂。

全书共有七章内容:第1章介绍了冷冲压工艺所需掌握的基础知识;第2,3,4章分别介绍了冲裁、弯曲和拉深三大冲压工艺及相应模具结构与设计,各章注重工艺基础理论的介绍,并力求内容通俗易懂;第5章介绍了冷挤压工艺与模具设计;第6章简单地介绍了胀形、翻边、缩口、校平与整形等一些工艺特点与模具结构;第7章介绍了冷冲压工艺规程制订的基本过程。

本书可以作为高等职业技术学院、高等工程专科学校和成人高等学校的模具设计和制造专业以及其他机械、机电类相关专业的教材,也可以供从事模具设计和制造的工程技术人员工作时参考。

本书由淮安信息职业技术学院朱立义老师担任主编,哈尔滨理工大学高安邦教授担任主审。第1,4,5,6章由朱立义编写,第2章由季进军编写,第3,7章由李成凯编写。本书在编写过程中,乃至出版都得到了重庆大学出版社的大力支持,在此一并致谢!

虽然我们尽了最大努力,限于编者的水平和经验有限,书中的缺点和错误在所难免,敬请广大读者和专家批评、指正和帮助。

编者

2006年1月

目 录

第1章 冷冲压基础知识	1
1.1 冷冲压技术概述	1
1.2 冷冲压工序分类	3
1.3 冲压成形的基本理论	6
1.4 冷冲压材料	12
1.5 冷冲压模具材料	14
1.6 冷冲压模具的基本结构和分类	17
1.7 冲压设备	20
第2章 冲裁工艺与模具设计	25
2.1 冲裁工艺基本知识	25
2.2 冲裁工艺设计	29
2.3 冲裁模的基本形式与结构	48
2.4 冲裁模主要零部件设计	61
2.5 其他冲裁工艺与模具简介	87
2.6 冲裁模设计实例	98
第3章 弯曲工艺与弯曲模设计	107
3.1 弯曲工艺基本知识	107
3.2 弯曲工艺设计	112
3.3 弯曲模结构设计	126
3.4 弯曲模工作零件的设计	136
第4章 拉深工艺与模具设计	140
4.1 拉深工艺基本知识	140
4.2 拉深件的结构工艺性	144
4.3 拉深工艺设计	146

4.4	拉深模具设计	156
4.5	其他零件形状的拉深	167
第5章 冷挤压工艺与模具		173
5.1	冷挤压概述	173
5.2	冷挤压金属流动分析	176
5.3	冷挤压的材料与坯料准备	179
5.4	冷挤压工艺设计	181
5.5	冷挤压模具	184
第6章 其他成形工艺与模具简介		192
6.1	胀形	192
6.2	翻边	198
6.3	缩口	203
6.4	校平与整形	206
第7章 冷冲压工艺规程的制订		209
7.1	冷冲压工艺规程制订的步骤	209
7.2	冷冲压工艺过程制订实例	218
参考文献		225

第 1 章

冷冲压基础知识

1.1 冷冲压技术概述

1.1.1 冷冲压的概念

冷冲压是机械工业中常见的金属加工方法,是塑性加工的基本方式之一,它是指在常温下,利用冲压设备(压力机)和冲压模,使各种不同规格的板料或坯料在压力作用下发生永久变形或分离,制成所需各种形状零件的一种加工方法。

1.1.2 冷冲压工艺的特点

冷冲压可用于加工金属材料,也可以加工非金属材料。它同切削、铸造、电加工等加工方法一样,广泛地应用于工业生产中。

冲压生产主要是利用冲压设备和模具实现对金属材料(板材)的加工过程。冲压加工工艺具有如下特点:

- 1) 生产效率高、操作简单、容易实现机械化和自动化,特别适合于成批大量生产;
- 2) 冲压零件表面光洁,尺寸精度稳定,互换性好,成本比较低;
- 3) 在材料消耗不多的情况下,可以获得强度高、刚度大、重量小的零件;
- 4) 可得到其他加工方法难以加工或无法加工的复杂形状零件。

1.1.3 冷冲压工艺和模具在工业生产中的地位

由于冲压加工具有节材、节能和生产率高等突出特点,决定了冲压产品成本低廉,效益较好,因而冲压生产在制造行业中占有重要的地位。

在国民经济各工业部门中,几乎都有冲压加工或冲压产品的生产。如在汽车、飞机、拖拉机、电机、电器、仪表、铁道、电信、化工以及轻工日用产品中,均占有相当大的比重。仅以汽车制造业为例,有 65% ~ 75% 的零件是采用冷冲压制成的。

随着科学技术的进步和工业生产的迅速发展,模具已成为当代工业生产的重要手段,冲压

生产和模具工业得到了世界各国的高度重视。

1.1.4 冷冲压工艺和模具的发展方向

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的切削加工。目前,冷挤压不但应用于生产有色金属零件,而且还应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 25 mm。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,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,这种工艺虽然还处于推广应用阶段,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。

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,目前正朝着以下两个方面发展。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。

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他模具技术发展中引人注目的课题。在我国,一些大、中专院校、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,我国主要是:一、从对大量使用的普通冲压设备加以改进,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,改善其工艺性能以提高冲压件精度,延长冲模使用寿命;二、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所取得的进展是分不开的。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。

1.2 冷冲压工序分类

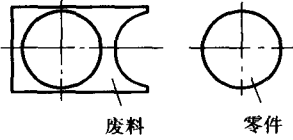
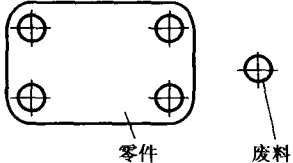
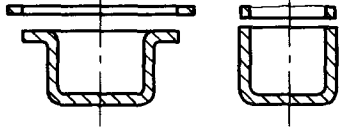
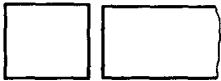
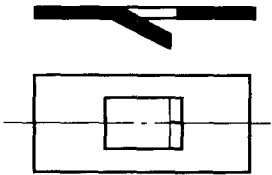
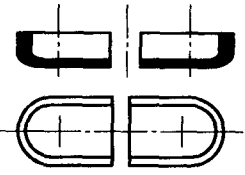
冷冲压加工的零件,由于其形状、尺寸、精度要求、生产批量、原材料性能等各不相同,因此生产中所采用的冷冲压工艺方法也是多种多样的。冲压工序按照变形性质可分为分离工序和成形工序两大类。

分离工序是指板料或坯料受力后,应力超过材料的强度极限,而使板料发生剪裂或局部剪裂而分离,从而获得一定形状、尺寸和切断面质量的冲压件(俗称冲裁件)的工序,如剪裁、冲孔、落料、切边等。

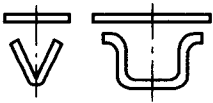
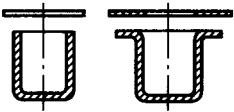
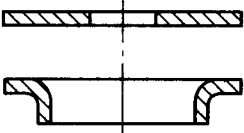
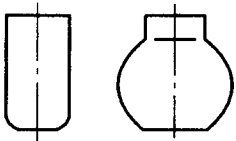
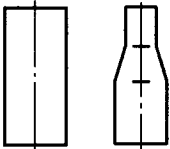
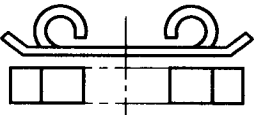
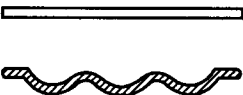
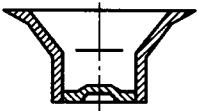
成形工序是指坯料受力后,应力超过了材料的屈服点,经过塑性变形后而获得一定形状和尺寸的冲压件的工序,如弯曲、拉深、翻边等工序。

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 1.1 常用的冲压工序

工序名称	工序简图	特点及应用范围
落料	 <p style="text-align: center;">废料 零件</p>	<p>用冲模沿封闭轮廓线冲切,冲下部分是零件,或者为其他工序制造毛坯</p>
冲孔	 <p style="text-align: center;">零件 废料</p>	<p>用冲模沿封闭轮廓线冲切,冲下部分是废料</p>
切边		<p>将成形零件的边缘修切整齐或切成一定的形状</p>
切断		<p>用剪刀或冲模沿不封闭线切断,多用于加工形状简单的平板零件</p>
切口		<p>在毛坯上将板材部分切开,切口部分发生弯曲</p>
剖切		<p>将冲压加工成的半成品切成为两个或多个零件,多用于零件的成双或成组冲压成形之后</p>

续表

工序名称	工序简图	特点及应用范围
成形 工序		将毛坯或半成品制件沿弯曲线弯成一定角度和形状的制件
		把毛坯拉压成空心体,或者把空心体拉压成外形更小而板厚无明显变化的空心制件
		使毛坯的平面部分或曲面部分的边缘沿一定曲线翻起竖立直边的工序
		在双向拉应力作用下实现的变形,可以成形各种空间曲面形状的零件
		在空心毛坯或管状毛坯的某个部位上使其径向尺寸减小
		将板料的端部按照一定的半径卷圆
		在板料毛坯或零件的表面上用局部成形的方法制成各种形状的凸起与凹陷
		校正制件成准确的形状和尺寸

1.3 冲压成形的基本理论

1.3.1 塑性及塑性变形的概念

在固体材料中,原子之间作用着相当大的力,足以抵抗重力的作用,所以在没有其他外力作用的条件下,物体具有自己的形状和尺寸。固体是由质点或微元体组成的,对固体施加外力引起的形状和尺寸改变,伴随着质点间距离的变化,或微元体的形状和尺寸的变化。假如作用于物体的外力卸载后,由于外力引起的变形随之消失,物体能完全恢复自己原始形状和尺寸,这样的变形称为弹性变形;假如作用于物体的外力卸载后,物体并不能完全恢复自己的原始形状和尺寸,这样的变形称为塑性变形。

在冲压技术中,经常还见到塑性、变形抗力、柔软性等术语,它们的含义分别是: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。

1.3.2 影响金属塑性变形的的主要因素

影响金属塑性变形的因素很多,除金属的成分、组织结构等内在因素外,其外部因素的影响也很大。从冲压工艺角度出发,往往着重于外部条件的研究,以便创造条件,充分发挥材料的变形潜力,尽可能减少工序数。

1. 金属的成分和组织结构

决定金属组织结构的主要因素有晶格类别、杂质的性质、数量分布情况,晶粒的大小、方向及形状都与化学成分有关。对于多晶体金属本身的可塑性主要受下列因素影响:晶界强度、晶粒的大小、化学成分和组织上的均匀性以及可能发生滑移系统的数量等。一般来说,组成金属的元素越少(如纯金属和固溶体),滑移系统数量越多,力学性能越一致,晶界强度越大,可塑性越强。例如,纯铁比碳钢的塑性好、变形抗力低。

2. 变形温度

冲压加工中应用最广泛的材料,如:低碳钢、铜等熔点较高的金属,其温度与塑性的关系如图 1.1 所示。

由图可知,塑性随变形温度的升高而增加,通常把在室温附近的加工称为冷加工,把再结

晶温度以上的加工称为热加工,把介于常温而低于再结晶温度之间的加工称为温态加工。

在冲压工艺中,采用加热成形的方法其目的是: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 $200 \sim 400\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 $800 \sim 950\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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——力学性能曲线来尽量避免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)以及对材料的变形性质作出正确的选择。

3. 变形速度

严格来讲,变形速度是指单位时间内应变的变化量,但由于变形速度对金属塑性变形的影响相当复杂,因此,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,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 0.25 m/s 。

4. 应力状态

应力状态中的压应力个数多,数值大,则塑性好;反之,压应力个数少或数值小,甚至存在

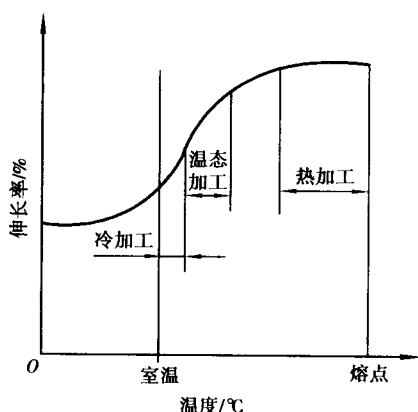


图 1.1 温度与塑性的关系

拉应力,塑性差。

冲压成形时,外力通过冲压模具作用于毛坯,使毛坯产生塑性变形,同时在毛坯内部引起反抗变形的内力。内力——变形物体内部相互作用的力,包括由于外力引起的内力及内部原有的相互作用的力。应力——单位面积上内力的集度或截面上的各处内力的分布,如拉应力、压应力及弯曲应力等。在一般情况下,毛坯变形区各处的应力和应变都不尽相同,为了解毛坯变形规律,就需要弄清楚毛坯内每一点处的受力及变形,研究某一点的受力——点的应力状态。研究某一点的变形——点的应变状态。

一点的应力状态是通过在该点周围截取的微小六面体——单元体上各个互相垂直面上的应力来表示的,一般可沿坐标方向将这些应力分解成几个应力分量,即3个正应力和6个剪应力,如图1.2所示。

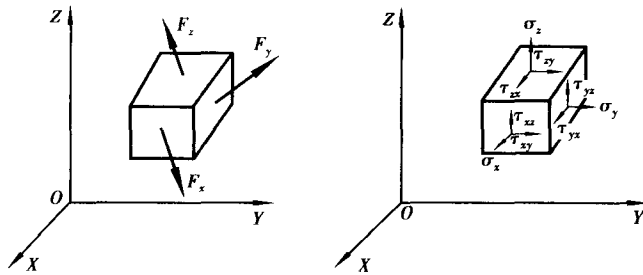


图1.2 单元体应力

必须指出,图1.2中的 x, y, z 坐标系方向是任意的,如果坐标系选取的方向不同,那么虽然该点的应力状态并没有改变,但是用来表示该点应力状态的9个应力分量就会与原来的数值不同。不过,对任何一种应力状态来说,总存在这样一组坐标系,使得单元体表面上只出现正应力,而没有剪应力。这时,3个坐标轴称为主轴,3个坐标轴的方向称为主方向,3个正应力称为主应力,一般按其代数值大小依次用 σ_1, σ_2 和 σ_3 表示,即 $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$,3个主应力的作用面称为主平面。

在一般情况下,单元体的3个主方向都有应力,这种应力状态称为三向应力状态,或称空间(立体)应力状态,如宽板弯曲变形。通常可能出现的三向应力状态有4种,即三向压、两向压一向拉、一向压两向拉、三向拉。但在大多数的材料成形工序中,厚度方向的主应力与其他两个垂直方向的主应力相比,往往很小,可忽略不计,这种应力状态称为平面应力状态,如拉深、翻边和胀形。可能出现的平面应力状态有3种,即两向压、一向压一向拉、两向拉。当3个主应力中有两个为零,只在一个方向有应力时,称为单向应力状态,或称线应力状态,如翻边时孔或外形的边缘处,即为单向应力状态。可能出现的单向应力状态有两种,即一向压或一向拉。因此可能出现的应力状态就有9种,如图1.3所示。

如果3个主应力大小都相等,即 $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$,则称为球应力状态。这种应力状态不可能产生剪应力,故所有方向都可看成主方向,而且所有方向的主应力都相等。深水中的微小物体所处的就是这样一种(三向等压)应力状态,所以,习惯上常将三向等压应力称为静水压力。在冲裁工序中,静水压力的大小对极限塑性应变值和裂纹的产生都有很大的影响,应尽量地利用它。

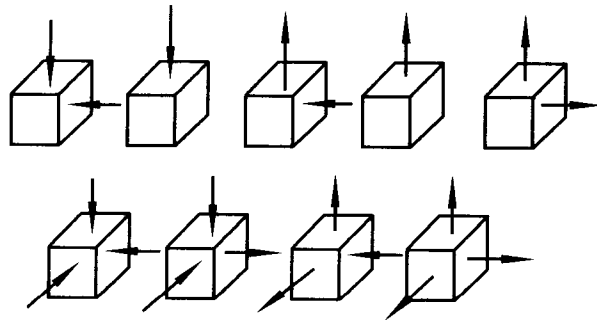


图 1.3 主应力状态图

1.3.3 板料的冲压性能与实验方法

1. 板料冲压性能的涵义与构成

(1) 板料冲压性能的涵义

板料冲压性能是指板料对各种冲压加工方法的适应能力。它包括加工的简便程度,工件的质量、精度、强度、刚度、极限变形程度、贴模性,模具寿命及加工能量消耗等。显然,这些指标好,表明板料的冲压性能高。

冲压性能之间的关系存在各种情况:有的相互一致,呈正相关关系;有的相互之间互为制约,表现出某种负相关关系;有的相互之间互不影响,表现为不相关关系。因此,不能期望板料的冲压性能高,则各种评价的指标同时都为最佳值。

由于冲压加工分为分离加工和成形加工两大类别,而此两大类工艺方法的目的要求与变形机理有根本性的不同。因此,板料冲压性能应该由与之对应的两类性能构成,即板料冲压分离性能和板料冲压成形性能。

(2) 板料冲压分离性能

板料冲压分离性能是指板料对冲压分离加工的适应能力。它主要包括加工的简便程度,工件的质量(特别是工件断面质量)、精度、刚度与模具的寿命等。

冲压分离工序按其变形机理可分为4类:冲裁、精冲、半精冲和整修。据此,板料冲压分离性能也有相应的涵义和内容。

对于板料冲压分离性能研究的系统性还不及成形性能方面,但可以认为:尺寸精度与断面质量是板料冲压分离性能最主要的判定尺度。

(3) 板料冲压成形性能

板料冲压成形性能是指板料对冲压成形加工的适应能力。它包括的内容要比冲压分离性能的更多、更为系统。

板料冲压成形性能可分为贴模性能、成形性能和冻结性能。这些性能的总体,构成所谓综合的冲压成形性能,或者叫做广义的冲压成形性能。

通常,把材料开始出现破裂时的极限变形程度作为板料冲压成形性能的判定尺度,并用这种尺度的各种物理量作为评定冲压成形性能的材料特性,可视为狭义的冲压成形性能。

即便是狭义的冲压成形性能,也要依据不同的冲压成形工序来进行研究。只有针对冲压成形中各种工序的基本变形特点和具有相同应力应变特点的同—类冲压成形,应用个别的或

共同的分析方法与措施,才能解决板料冲压性能问题。

2. 板料冲压性能试验及材料特征值

板料的冲压性能必须通过试验鉴定,概括起来可以分为直接试验和间接试验两类。

间接试验方法有拉伸试验、剪切试验、硬度试验、金相试验等。间接试验时板料的受力情况和变形特点与实际冲压有一定的差别,其试验结果只能间接地反映板料的冲压性能。但因其简单易行,不需专用试验设备,所得结果能从不同角度反映板材的试验性能,所以是一种很重要的实验方法。

板材的拉伸试验也叫做单向拉伸试验或简单拉伸试验,板料的拉伸试验是间接试验中的一种重要方法,应用拉伸试验方法,可以得到许多评定板材冲压性能的试验值,所以在工程实际中应用十分普通。

由于试验目的不同,板材冲压性能评价用的拉伸试验方法和所得到的试验值均与材料力学中仅为评定材料强度性能的拉伸试验有所不同。

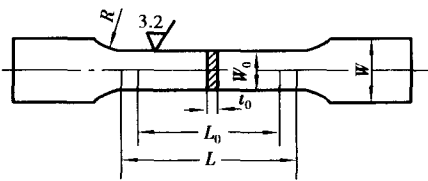


图 1.4 拉伸试验试样

板料拉伸试验在一般的材料试验机上进行,采用图 1.4 所示形状的标准试样(从待试验的板料上截取)。

拉伸试样的长度按标准(如 GB 7228—1987)确定,试样的宽度,根据原材料的厚度采用 10, 15, 20 和 30(单位: mm) 4 种,宽度尺寸偏差不宜大于 0.02 mm。应当指出,拉伸试样的尺寸和尺寸精度

对所得的试验结果(拉伸试验值)具有不可忽视的影响。由于现在用来评价板材冲压性能的拉伸试验试样尺寸的标准还不是十分完善,在这项工作中应予以充分的注意。

在拉伸试验时,利用测量装置测量拉伸力 F 与拉伸行程(试样伸长值) ΔL ,根据这些数值可以在 F 与 ΔL 坐标系中得到拉伸力 F 随伸长值而变化的曲线 $F-\Delta L$ 曲线,称之为拉伸曲线(图 1.5)。

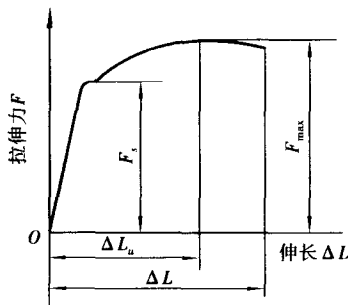


图 1.5 拉伸曲线

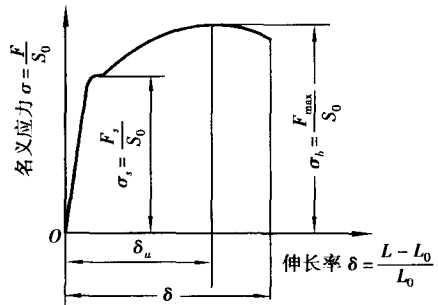


图 1.6 名义应力拉伸曲线

如果用拉伸试样的原始断面积 S_0 去除拉伸力 F ,即可得到拉伸过程中的名义应力 σ 。同时,把试样伸长值 ΔL 换算成相对伸长率 $\delta = \frac{\Delta L}{L} = \frac{L-L_0}{L_0}$,即可在 σ 与 δ 的坐标系里得到名义应力与相对伸长率表示的拉伸曲线(图 1.6)。

利用板材的单向拉伸试验可以得到与板材冲压性能密切相关的试验值。这里,仅对其中

较为重要的拉伸试验值,分别叙述如下。

(1) 屈服强度 σ_s

屈服强度 σ_s 小,材料容易屈服,则变形抗力小,所需变形力小,并且屈服强度小,在压缩类变形时,因易于变形而不易出现起皱,弯曲变形后回弹也小,即贴模性和定形性也好。如果板料拉伸曲线不具有明显的屈服点(屈服平台),可以取残余应变 0.002 时的名义应力。屈服强度 σ_s 一般与拉伸类成形性能成反比关系,且 σ_s 愈低其成形形状的稳定性愈高。

(2) 抗拉强度 σ_b

在拉伸过程中,当拉伸力达到最大值 F_{\max} 时,试样的拉伸变形由均匀变形阶段进入局部变形阶段,称这种状态为塑性拉伸失稳。在塑性拉伸失稳时,出现缩颈。抗拉强度 σ_b 较高者其冲压成形性能较高,但冲压成形力更大。

(3) 屈强比 σ_s/σ_b

σ_s/σ_b 对冲压成形性能影响较大,屈强比小说明 σ_s 小而 σ_b 大,允许的塑性变形区间大,即易于产生塑性变形而不易破裂,尤其对拉深变形而言,屈强比小,变形区易于变形而不易起皱,而传力区又不易拉裂,有利于提高拉深变形程度。凸缘的加热拉深,就是利用凸缘和筒底的温差来减小屈强比,从而提高其变形程度。

(4) 伸长率 δ 和均匀伸长率 δ_u

拉伸试验中,试样拉断时的伸长率称总伸长率或简称伸长率 δ 。而试样开始产生局部集中变形(缩颈时)的伸长率称均匀伸长率 δ_u 。 δ_u 表示材料产生均匀的稳定的塑性变形能力,它直接决定材料在伸长类变形中的冲压成形性能,从试验中得到验证,大多数材料的翻孔变形程度都与均匀伸长率 δ_u 成正比。

(5) 硬化指数 n 和弹性模量 E

n 值表示材料在塑性变形中的硬化程度。 n 值大的板材,在冲压成形时加工硬化剧烈,也就是说,变形抗力增加较快。因此,如果板材的 n 值大,它在冲压变形中变形区内各部分的变形程度趋于均匀,致使总体变形程度增大。对拉伸类冲压成形有利,成为其一个重要的评定参数。

弹性模量 E 愈大,材料抗压失稳能力愈强,卸载后回弹愈小,冲压件质量愈高。

(6) 各向异性系数

板厚方向性系数定义为 γ ,即板材宽度应变与厚度应变之比 $\gamma = \varepsilon_b/\varepsilon_t$,也称 γ 值,一般以试样均匀伸长应变为 20% 时的 γ 值作为衡量板料性能的标准。实验与理论分析都证明,当板料的 γ 值较大时,抗皱折性好,它的拉深性能也好。

板平面方向性系数定义为 $\Delta\gamma$,即板厚方向性系数在板平面不同方向的差异。它是用厚向异性系数 γ 沿板材轧制 0° 方向的 γ_0 , 45° 方向的 γ_{45} 和 90° 方向的 γ_{90} 平均差来表示:

$$\Delta\gamma = \frac{\gamma_0 + \gamma_{90} - 2\gamma_{45}}{2}$$

板平面方向性系数 $\Delta\gamma$ 大时,板材的方向性强,结果会引起塑性变形分布的不均,造成圆筒形拉深件的厚度不均和凸耳现象严重等。因此, $\Delta\gamma$ 过大,对冲压成形不利。

应当注意,不少冲压板材的板厚方向性系数 γ 愈大,其板平面方向性系数 $\Delta\gamma$ 的绝对值也愈大。 γ 愈大时,其极限拉深系数愈小;但 $|\Delta\gamma|$ 愈大时,拉深凸耳愈严重。因此,在选择材料的 γ 值时,需考虑它对拉深成形具有有利影响和不利影响两个方面。另外, γ 值与拉伸类成形