

中等专业学校试用教材

冷冲模设计

重庆机器制造学校 赵孟栋 主编

ZHONGDENG
ZHUANYE
XUEXIAO
JIAOCAI



机械工业出版社

前 言

本书是根据《机械电子工业部机械类1986~1990年中等专业学校教材编审出版规划》及机械制造专业《冷冲模设计》教材大纲编写的教材。也可供其它专业的学员及从事冷冲压工作的人员参考。

本教材的参考教学时数为45学时。本书着重介绍了冲裁、弯曲、拉伸、成形等基本工艺及相应模具，对其它冲压工艺及模具也作了概括介绍。在撰述冲压基本理论的基础上，较为详尽地提供了典型冲压工艺及模具设计原理、方法、程序、实用参数及其辩证运用，还特别对冲裁合理间隙值与精冲、旋转体拉伸与矩（方）形拉伸工艺，以及组合式模具的设计原理等作了实用性阐述。每章均举有综合性、代表性的例题并设有相应的思考题，试图使本书能收到据书设计之功，广获实用受益之效。

本书绪论及第一章由成都市工业学校史铁樑编写；第二、三、五、七章由重庆机器制造学校赵孟栋编写；第四、六章由四川省机械工业学校杨智民编写。全书由赵孟栋任主编；成都市工业学校蔡光耀任主审。另外，在本书定稿时，曾请重庆机器制造学校黄云清、咸阳机器制造学校林家兰、沈阳机电工业学校刘福库、广西机械工业学校梁明初、上海机电工业学校薛源顺、四川机械工业学校王阐明、杭州机械工业学校汪昌镛、董峨，北京机械工业学校徐克、国营新兴仪器厂卢先友、成都市工业学校李兴东等审阅并提出了宝贵的意见，在此深表谢意！

本书在撰写过程中尽管注意了教材的思想性、科学性、启发性、适用性、先进性的“五性”要求，但由于编审水平有限，书中欠妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者
1989年7月

目 录

绪 论	1
第一章 冷冲压基本知识	3
§ 1-1 塑性变形知识及冷冲压工艺分类	3
§ 1-2 冲压材料	8
§ 1-3 板料的剪裁	10
§ 1-4 冲压设备	12
思考题	21
第二章 冲裁工艺	22
§ 2-1 冲裁变形过程及质量分析	22
§ 2-2 冲裁间隙	24
§ 2-3 冲裁模刃口尺寸计算	27
§ 2-4 排样	31
§ 2-5 冲裁力和压力中心的确定	37
§ 2-6 精密冲裁简介	42
思考题	44
第三章 冲裁模具结构及设计	47
§ 3-1 冲裁模结构分析	47
§ 3-2 冲裁模零部件的设计与选用	50
§ 3-3 冲裁模设计	73
思考题	75
第四章 弯曲工艺	76
§ 4-1 弯曲变形分析	76
§ 4-2 弯裂与最小弯曲半径	79
§ 4-3 弯曲中的回弹	81
§ 4-4 弯曲件的工艺性	85
§ 4-5 弯曲力的计算	87
§ 4-6 弯曲件毛坯尺寸的计算	88
§ 4-7 弯曲工序与弯曲模	90
§ 4-8 弯曲模工作部分尺寸的确定	95
思考题	100
第五章 拉伸工艺及拉伸模设计	101
§ 5-1 拉伸工艺及质量分析	101
§ 5-2 拉伸件的结构工艺性	105
§ 5-3 旋转体拉伸件的工艺计算	106

§ 5-4	矩(方)形件拉伸工艺计算	121
§ 5-5	拉伸力、压边力计算及压力机选用	140
§ 5-6	拉伸模工作部分尺寸计算	143
§ 5-7	拉伸润滑	144
§ 5-8	常用拉伸模具结构简介	145
思考题		148
第六章 其它冲压工艺与模具		149
§ 6-1	翻孔及翻边工艺	149
§ 6-2	胀形和起伏	160
§ 6-3	校平和整形	162
§ 6-4	其它冲模	164
思考题		172
第七章 冷冲压工艺规程的制订		173
§ 7-1	制订工艺规程的步骤	173
§ 7-2	工艺规程制订的实例	174
参考文献		184

绪 论

铸造、焊接、热处理、金属切削加工、金属塑性加工等都是工业生产中常见的金属加工方法。其中金属塑性加工是利用金属塑性使金属在外力作用下成形的一种加工方法。

机器制造中的塑性加工方法主要有锻造和冲压两类。冲压属于板料成形，是利用模具在压力机作用下，使金属板料产生分离或变形，以获得一定形状和尺寸的零件（以下统称制件）的加工方法。由于板料冲压在常温下进行，故也常称为冷冲压。

冷冲压是一种先进的机械加工方法，主要优点有：

（1）金属板料经冲压变形后，其强度及刚度都得到提高，它能使较薄的板料制成尺寸大、重量轻、强度及刚度较高的产品制件。

（2）冷冲压是一种少、无切屑的加工方法，可以获得合理的流线分布和较高的材料利用率。

（3）冷冲压加工出来的制件精度较高、尺寸稳定、互换性好，由于冲压技术的高速发展，现代的冷冲压已不再单纯是制造毛坯的加工方法了。

（4）金属材料在压力机的压力作用下，能获得其他加工方法难以加工或无法加工的、形状十分复杂的制件。

（5）操作简单，生产率高，生产过程中便于实现机械化自动化。

（6）在大批量生产条件下，冲压件成本较低。

由于冷冲压在技术上和经济上有独到之处，因而在现代生产中占有重要地位。在我们日常生活中和工业生产上到处可见到冷冲压产品。如铝制饭盒，是利用铝板冲压而成；搪瓷面盆，是先用薄钢板冲压成坯件，再烧上搪瓷制造而成；汽车的驾驶室、车箱也是用薄钢板冲压而成的。据不完全统计，冲压件数在汽车、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却占90%以上。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。我国也是如此，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。板带材产量也有进一步增长的趋势。据专家预测，今后各种机器零件中粗加工有75%，精加工有50%以上要采用塑性加工，其中冷冲压占有相当的比例。

由于冲压工艺在工业生产中所占的重要地位及显著的技术经济效益，促使我国冷冲压行业从无到有逐渐发展。现在已拥有上万个生产厂点，数十万名职工队伍，形成了产品门类基本齐全的独立的机械加工行业。我国已制造出40000kN双点压力机、精冲压力机，数控压力机等多种规格型号的冲压设备，不仅装备了国内生产厂家，某些产品已开始进入国际市场。我国模具制造业也具有了相当的规模，既能制造冲压汽车覆盖件的全套大型模具，也能制造冲压制件质量不足0.001kg，公差精度达IT6级的精密冲模。我国生产的冲压产品除基本满足各行各业的需要外，还能出口为国家换取外汇。几十年来我国有数十所大专院校设置了锻压专业或开设了“冷冲模设计”课程，为冲压行业培养了大批专业人才，有力地促进了我国冲压技术的发展。

我国冲压行业虽然有较大发展，但仍不能适应工业高速发展的需要，与先进工业国相比还存在着较大差距，在模具制造技术、冲压设备和材料方面尤为突出。

目前国产模具精度低、寿命短、制造周期长；冲压设备陈旧、规格品种少、自动化程度更低；冲压材料及模具材料性能差，远不能满足使用要求。为改变我国冲压行业的落后状况，赶超世界先进水平，在今后一段时间内我们必须如下几方面大力发展。

(1) 引进和开发新技术、新工艺，大力发展高精度、高效率、高寿命的冷冲压模具。这是一个综合性课题，需要在工艺设计、模具制造、材料研究、生产管理各方面共同协调解决。

(2) 加强模具制造设备的研究和开发工作。鉴于我国现状，特别应加强旧设备的改造来提高加工精度。

(3) 引进先进冲压设备的同时，更要注意对先进技术的吸收和推广，努力提高国产压力机的质量性能及扩大品种规格。

(4) 加强板料冲压性能研究，力争做到材料国产化。机械行业必须与冶金行业相互配合协调。

(5) 加强管理、培养人才是达到上述目标的根本保证，各行各业都要引起高度重视。

《冷冲模设计》是一门从生产实践中发展起来，又直接为生产服务的学科。它是以金属学和热处理、塑性力学、金属塑性成形原理等学科为理论基础，与冲压设备、模具制造工艺学紧密相关的应用课程。在学习时不但要注意学习系统的理论，而且要注意联系生产实际，重视实验、实习环节，不但要注意学习本学科知识，还要注意与上述基础学科和相关学科知识的联系。除此之外在学习上还应特别注意以下几方面：

(1) 重视冲压基本知识的学习，掌握塑性变形的基本概念，特别是应力与塑性变形的关系，将有利于对冲压工艺的学习。

(2) 冲裁、弯曲和拉伸是冲压的三大主要工序，在生产中应用广泛，也是本书的重点内容。

(3) 虽然冲压工序种类繁多，但各工序有其相似的地方，在学习时可依各工序的变形特点和工艺设计为突破口，其它问题就迎刃而解了。

(4) 本课程教学的最终目标就是要学生设计出能用于生产实际的冷冲模。因此在学习时要特别注意各工序的设计计算、参数选用和各工序模具的结构特征。

注意学习方法，加强实践环节，就一定能学好这门课。

第一章 冷冲压基本知识

§ 1-1 塑性变形知识及冷冲压工艺分类

一、塑性变形知识

(一) 主应力和主应变

1. 应力和应变

在外力作用下，物体内各质点之间会产生相互作用的力，叫做内力。单位面积上的内力叫做应力。应力有正应力和剪应力，正应力用 σ 表示，剪应力用 τ 表示。

当物体受外力和内力作用时，则要发生变形。物体的变形可用应变来表示。与应力类似，应变有正应变和剪应变。正应变用 ϵ 来表示，剪应变用 γ 表示。

2. 点的应力状态

为研究变形体各点的内力和变形状态，就必须研究各点的应力状态和应变状态，以及它们之间的关系。点的应力状态通过在该点所取的单元体上相互垂直各个表面上的应力来表示，一般可沿坐标方向将这些力分解为九个应力分量，其中包括三个正应力和六个剪应力。如图1-1a所示。

3. 主应力和主应力图

图1-1a虽可以表示任意一点的应力状态，但由于有九个应力分量，对研究和分析问题十分不便。为使问题简单化，我们用另一种方式表示点的应力状态。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出现正应力，而没有剪应力（如图1-1b所示）。这三个正应力就叫做主应力，用主应力表示的点应力状态的图形称为主应力图，其可能的主应力图如图1-2所示九种。对一点的应力状态来说，三个主应力的方向和大小仅决定于该点的受力情况，而与坐标轴的选择无关，但坐标轴选择恰当，即可简化问题的

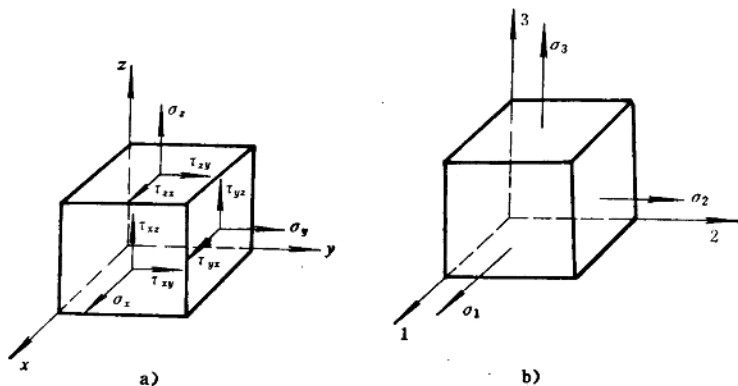


图1-1 点的应力状态

分析及计算。

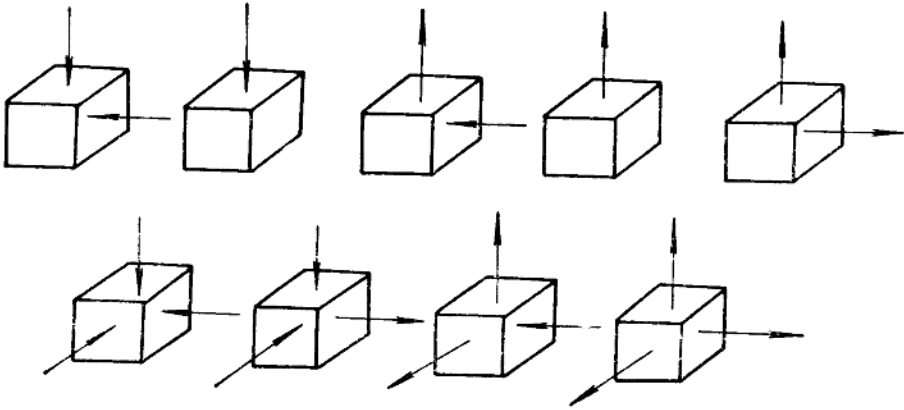


图1-2 主应力图

4. 主应变和主应变图

点的应变状态通过单元体的变形表示，与应力状态类似，也可以用主应变图来表示点的应变状态，其可能的主应变状态仅有图示三种状况（如图 1-3 所示）。

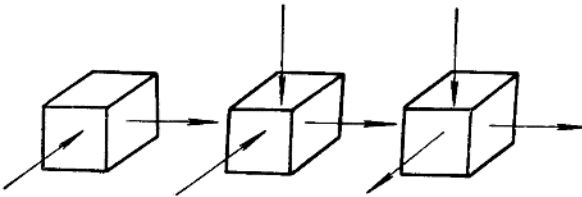


图1-3 主应变图

主应力图和主应变图对定性分析塑性变形有很大帮助。

(二) 塑性的概念

1. 塑性与塑性变形

所谓塑性，是指固体材料在外力作用下发生永久变形，而不破坏其完整性的能力。

不同材料的塑性不同，即使同一种材料在不同的变形条件下，也会出现不同的塑性。例如应力状态不同，材料表现的塑性不一样。如铅通常具有极好的塑性，但在三向等拉伸应力作用下，却象脆性材料一样地破坏，而不产生任何塑性变形。反之，极脆的大理石，在三向压应力作用下，有可能产生相当大的塑性变形，著名的卡尔曼试验证明了这一点。

在外载荷作用下物体发生永久性的变形称为塑性变形，塑性变形有如下特点：

- (1) 塑性变形是不可逆的，应力与应变之间没有一般的单值关系。
- (2) 一般材料在塑性变形之前及塑性变形的同时，都伴随有弹性变形，当外载荷去掉后，塑性变形部分保留下来，而弹性变形完全消失，使变形体卸载后的形状和尺寸与加载时不完全一样。

(3) 实践证明，物体发生塑性变形时，其体积基本保持不变，即 $\epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3 = 0$ 。

(4) 在塑性变形中，当变形体的质点有可能沿不同方向移动时，每个质点总是沿其阻力最小的方向移动，称此为最小阻力定律。

2. 塑性与变形抗力

进行塑性加工时，作用在工具表面单位面积上变形力的大小称为变形抗力。塑性和变形抗力是两个不同的概念。简单地说，前者反映材料塑性变形的能力；后者反映塑性变形的难易程度。一般来说，塑性好，变形抗力低，对冲压变形有利。但材料的塑性好，并不见得变形抗力就低。例如纯铁在三向压应力作用下有很好的塑性，但变形抗力可能很高。

3. 影响金属塑性的主要因素

(1) 变形时材料的内部因素 金属材料塑性变形的的基本方式是滑移和孪生变形，而滑移又是最主要方式。一般说，面心立方和体心立方金属滑移系较多，因此，它们比密排六方金属的塑性好；当金属中溶入碳、合金元素和杂质时，便会形成固溶体或第二相，使金属的强度硬度增高，而塑性和韧性下降；金属晶粒越细密均匀，一定体积内的晶粒数目必然越多，同样的变形量，分散在更多的晶粒内进行，使变形均匀，金属塑性改善，但变形抗力却会增大。例如纯铁（含碳小于0.0218%），其显微组织为单相铁素体，塑性好，变形抗力低。而碳钢，因含碳量超过铁的溶碳能力，多余的碳便与铁形成渗碳体，而渗碳体硬度很高，塑性几乎为零，使碳钢的塑性比纯铁大为降低。

(2) 变形时的外部条件 变形温度、变形速度、应力状态对塑性都有影响，对于冷冲压而言，应力状态影响最大。在应力状态中，压应力个数越多，数值愈大，则金属塑性愈好；反之，拉应力个数愈多，数值愈大，则金属的塑性愈差，过大的拉应力将使板料破裂。

4. 塑性的评定

为了衡量金属塑性的高低，需要有一种数量上的指标，称为塑性指标。塑性指标以材料开始破坏时的塑性变形量表示，并可以借助各种试验方法来确定。对应于拉伸试验的塑性指标，可用延伸率 δ 和断面收缩率 ψ 表示。

5. 加工硬化

对于常用的金属材料，在正常温度下进行塑性变形，随着变形程度增加，其强度指标（ σ_s 和 σ_b ）增加，而同时塑性指标（ δ 和 ψ ）下降，这种现象称为加工硬化，又称冷作硬化。加工硬化对许多冲压工艺都有较大影响：例如，由于塑性降低，限制了毛坯的进一步变形，往往导致在后续变形工序之前增加中间退火工序以消除硬化；但硬化也有有利的一面，如硬化可提高抗局部颈缩失稳能力，使拉伸变形趋向均匀，成形极限增大。

(三) 冲压成形的力学特点

1. 两个屈服准则（塑性条件）

当物体中某点处于单向应力状态时，只要该应力值达到材料的屈服极限，该点就开始屈服，由弹性状态进入塑性状态。可是对于复杂应力状态，就不能仅仅根据某一应力分量来判断某点是否已经屈服，而要同时考虑其它应力分量的作用。只有当各个应力分量之间符合一定关系时，该点才屈服。这种关系就称为屈服准则，或叫塑性条件。

1864年法国工程师屈雷斯加（H. Tresca）认为：材料中最大剪应力达到一定值时就开始屈服，称为屈雷斯加屈服准则，其数学表达式为

$$\tau_{\max} = \left| \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \right| = \frac{\sigma_s}{2} \quad \text{或} \quad |\sigma_1 - \sigma_3| = \sigma_s$$

1913年德国学者密席斯（Von Mises）提出：当某点的等效应力 \ominus 达到一定值时，材料

\ominus 等效应力又称广义应力，不是真正作用在单元体某个截面上的实际应力，而只是衡量应力状态受载程度的一个指标，是单元体上各应力分量的一个综合量。

就开始屈服。这个准则称为密席斯屈服准则，可以表达为

$$(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 = 2\sigma^2$$

这两个屈服准则是塑性力学和金属塑性成形原理的理论基础，对冲压变形理论亦有重要指导意义。

2. 冲压成形的力学特点和变形趋向性的控制

冲压成形时毛坯内各点的应力、应变状态都不相同，应力状态满足屈服准则的区域，材料将发生塑性变形，称为变形区，应力状态不满足屈服准则的区域，不产生塑性变形，称为非变形区。根据变形情况，非变形区又可以进一步分为已变形区，待变形区和不变形区。图 1-4 是缩口变形毛坯各区划分示意图。A 为变形区，B 和 C 都是非变形区。其中，C 是已成形部分，称为已变形区；B 区上部材料随变形过程的进行，不断转移到 A 区参加塑性变形，称为待变形区；而 B 区下部材料在整个变形过程中基本上没有发生塑性变形（小量变形忽略不计），称为不变形区。在变形过程中，变形区 A 发生塑性变形所需的力是由模具通过 B 区获得的。因此，B 区又称为传力区。由于 A 区与 B 区相毗连，在分界面上作用的内力大小和性质必定完全一样，也就是说 A 区和 B 区都有可能产生塑性变形，但由于 A 区和 B 区的变形条件和尺寸关系不同，可能产生的塑性变形的方式不同，各区所需变形力必然有“强”、“弱”之分，变形力小的区域也就是金属容易流动的区域，由最小阻力定律可知，这个区域必然先进入塑性状态，发生塑性变形。因此，可以认为这个区域是个相对的弱区。为保证冲压过程的顺利进行，必须保证变形区为弱区，待变形区可逐步转变为弱区，传力区成为强区，从而排除了传力区产生任何不必要的塑性变形的可能性。“弱区必先变形，变形区应为弱区”是模具设计人员应掌握的基本原则。

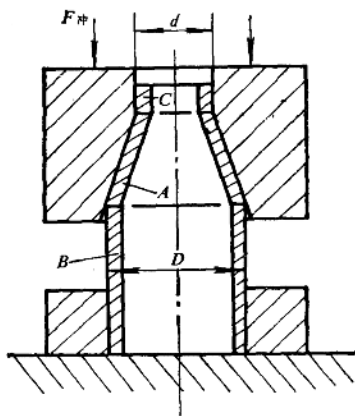



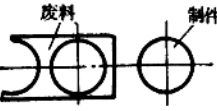
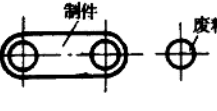
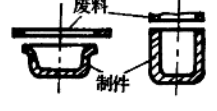

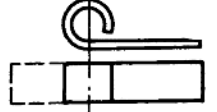
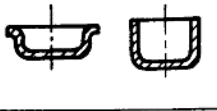
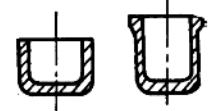
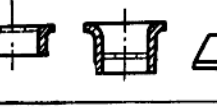
图 1-4 缩口变形毛坯各区的划分
A—变形区 B—传力区 C—已变形区



在板料成形过程中，垂直于板料平面的应力数值较小，可以认为板料处于平面应力状态。变形区的应力状态可分为两向拉应力、两向压应力及一向拉应力一向压应力三种情况。因此，板料的变形大致可分为“伸长类”变形和“压缩类”变形两大类。“伸长类”变形的主要特征是主应力中绝对值最大的应力是拉应力，材料在该方向上的变形为伸长变形，材料厚度减薄，拉裂是变形的主要危险；“压缩类”变形的主要特征是主应力中绝对值最大的是压应力，材料在该方向的变形为缩短变形，材料变厚，失稳起皱是变形的主要危险。

二、冷冲压工艺分类

当前在生产中所采用的冷冲压工艺方法是多种多样的，但概括起来可分为分离工序和成形工序两大类。常见的冲压加工方法可见表 1-1。

表1-1 冷冲压工序分类

变形种类	序号	工序名称	工序简图	工序说明
分离工序	1	切断		将板料沿不封闭的轮廓分离的工序
	2	落料		沿封闭的轮廓将制件或毛坯与板料分离的工序
	3	冲孔		在毛坯或板料上, 沿封闭的轮廓分离出废料得到带孔制件的工序
	4	切边		切去成形制件多余的边缘材料的工序
成形工序	5	弯曲		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
	6	卷圆		将板料的端部按一定的半径卷圆
	7	拉伸		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的工序
	8	变薄拉伸		把空心毛坯加工成侧壁厚度小于毛坯壁厚的薄壁制件的工序
	9	翻孔翻边		在预先制好孔的半成品上或未经制孔的板料上冲制出竖立孔边缘的工序称为翻孔, 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称为翻边

变形种类	序号	工序名称	工序简图	工序说明
成形工序	10	起伏		将坯料局部压出各种形状的凸起与凹陷
	11	整形		校正制件成准确的形状和尺寸的冲模

§ 1-2 冲 压 材 料

一、板料的冲压性能指标

冷冲压所使用的材料大多数是金属材料，要求金属板料不仅能满足冲件的使用要求，还要满足冲压工艺要求。具体说，就是板料应具有良好的冲压成形性能，良好的表面状态，机械性能、化学成分、板料厚度均应符合国家标准。其中良好的冲压成形性能是指能否用简便的工艺方法，高效率地利用板材生产出优质冲压件，这是冷冲压对材料的主要要求。

通过常规实验测得的材料力学性能，能间接反映出板料的各种冲压性能，现在就其中几项说明如下：

1. 屈服比 $\left(\frac{\sigma_s}{\sigma_b}\right)$

屈服比是一项反映材料成形性能的综合指标。屈服比小，即 σ_s 相对较小， σ_b 相对较大，说明材料变形抗力低，抵抗破坏的能力较强。因此， $\frac{\sigma_s}{\sigma_b}$ 小对大多数冲压成形是有利的。

2. 均匀延伸率 (δ_u)

δ_u 是在拉伸试验中开始产生局部集中应变(颈缩)时的延伸率。它表示材料产生均匀变形或称稳定变形的能力。一般情况下，冲压成形都是在板材的均匀变形范围内进行，所以 δ_u 对冲压性能有较为直接的意义。 δ_u 愈大，则极限变形程度愈大。

3. 硬化指数 (n)

n 也是反映材料产生均匀变形能力的指标。 n 值愈大，材料的硬化效应大，而由于硬化引起的变形抗力的增加，可以抵消局部缩颈处因截面减小而引起的承载能力的减弱，因而可以制止缩颈的进一步发展。也就是说， n 值愈大，则抗局部缩颈失稳能力愈强，可以提高伸长类变形的极限变形程度。

4. 板厚方向性系数 (γ)

它是板料试样拉伸试验中宽度应变 e_B 与厚度应变 e_t 之比， γ 值由下式表示：

$$\gamma = \frac{e_B}{e_t} = \frac{\ln \frac{B}{B_0}}{\ln \frac{t}{t_0}}$$

式中, B_0 、 B 、 t_0 、 t 分别是变形前后试样的宽度与厚度。

冲压变形时,一般都希望变形发生在板平面方向,而厚度方向不希望发生过大变化。当 $\gamma > 1$ 时,板材厚度方向上的变形比宽度方向上变形困难。 γ 值较大,板材在厚度方向变形困难,可减小材料的变薄,提高抗拉压失稳能力,这对提高极限变形程度是有利的。

由于板材轧制时形成的纤维组织,各个方向的力学性能并不一致。所以板厚方向性系数最好取三个方位的试件,取其平均值 $\bar{\gamma}$ 作为标准。

$$\bar{\gamma} = \frac{\gamma_0 + \gamma_{90} + 2\gamma_{45}}{4}$$

式中, γ_0 、 γ_{90} 、 γ_{45} 分别为板材的纵向(轧制方向)、横向及 45° 的斜方向的板厚方向性系数。

5. 板平面方向性

如上所述,板材经轧制后在板平面内出现各向异性,冲压成形性能将受到影响。例如由于板平面方向性使拉伸制件口部不齐,形成“制耳”。板平面方向性的大小可以用板厚方向性系数 γ 在几个方向上的平均差别 $\Delta\gamma$ 来衡量:

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

由于板平面方向性对成形极限和成形质量的提高都是不利的,所以生产中应尽量设法降低板材的 $\Delta\gamma$ 值。

二、板料成形的工艺性能试验

上述基本性能实验结果虽然能在一定程度上间接反映板材的冲压性能,但由于冲压变形受力复杂,与试件受力情况有很大差别,因此它不能准确地反映材料在每一种特定的工艺方法中的冲压性能。为了更准确地鉴定这些性能,必须在模拟各种变形性质的基础上进行特定的工艺性能试验。下面简要介绍两种常用的试验方法。

(一) 胀形试验(杯突试验)

将 $70 \times 70\text{mm}$ 的板料试件压紧在凹模和压边圈之间,使受压部分的金属无法流动,然后用直径为 20mm 的球形凸模将板料压入凹模,板料中间部分受到两向拉应力而胀形,直至试件出现裂纹为止(见图1-5)。此时冲头压入深度反映了板料成形性能,因为此试验又称为爱利克辛实验,故冲头压入深度又称爱利克辛值。常见材料的爱利克辛值可在有关手册中查找。

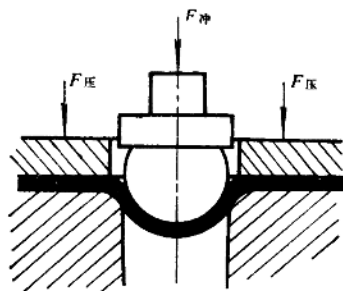


图1-5 胀形试验

(二) 拉伸—胀形成形性能试验(福井试验)

试验所用装置如图1-6所示。利用球形凸模和 60° 锥形凹模对圆形毛坯进行试验,使毛坯成形为无突缘的球底锥形件。凸模压入深度实际包括拉伸深度和胀形深度两部分。通过实验测出顶部刚出现裂纹时的 CCV 值

$$CCV = \frac{d_0 - D_0}{d_0}$$

此值综合反映了同时拉伸和胀形的能力。CCV 值愈大，则板料的成形性能愈好。

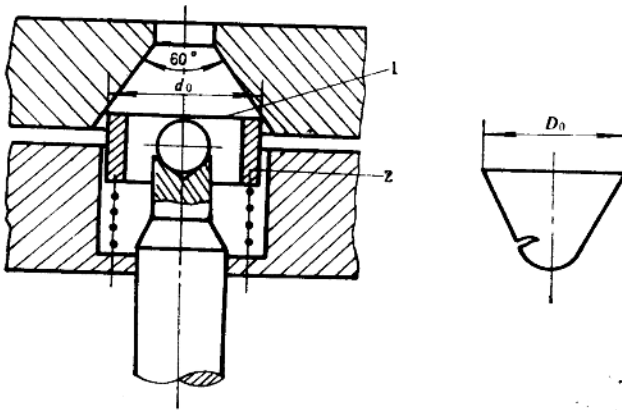


图1-6 球底锥形件拉伸试验

1—试验 2—试件定位器

除上述两种试验外，还有弯曲试验、拉楔试验，多工序综合试验等。对于复杂制件一般采用网格法进行直接的工艺试验，通过检查预先制在板料上的小圆网格的变形情况，便可确定制件的变形程度，对照成形极限曲线，借以作为改进工艺和模具设计的依据。网格法也是一种较有效的试验方法。

三、常用冲压材料

常用冲压材料一般可分为三大类：黑色金属板料、有色金属板料和非金属板料。

(1) 黑色金属板料：常用黑色金属板料主要是低、中碳钢、硅钢、不锈钢等。用于拉伸的钢板按表面质量和厚度均匀性还可分为 I、II、III、IV 四类，其中 I 类为特别高级精整表面；II 类为高级精整表面；III 类为较高级精整表面；IV 类为普通精整表面。每一类按拉伸深度级别又分为三组：Z 代表最深拉伸；S 为深拉伸；P 为普通拉伸。

(2) 有色金属板料主要有黄铜板、铝板。常用牌号有 H168、H62；L1、L2、L5 及杜拉铝等。

(3) 非金属材料有：纸板、橡胶板、塑料板、纤维板等。

各种冲压材料的牌号、规格、机械性能及化学成分等性能参数可查有关资料。

§1-3 板料的剪裁

板料剪裁是冲压的主要工序之一。冷冲压所用金属板材都是由冶金厂供应的尺寸较大的板材，通常根据制件的排样要求，剪成不同宽度的条料后，才能送入冲模中进行冲压加工。因此，剪裁往往是冲压加工的第一道下料工序。常用的剪裁方法有平刃剪床剪裁、斜刃剪床剪裁、圆盘剪床剪裁和振动剪床剪裁。本节主要介绍使用最广泛的平刃剪床剪裁和斜刃剪床剪裁。

一、平刃剪床剪裁

平刃剪床剪裁实际上是一种特殊的曲柄压力机，如图1-7所示。它的主要工作机构是曲柄滑块机构，但滑块是一长而薄的长方形，其上安装有上刀片1，工作台上安装 有下刀片3，通过曲柄连杆机构带动滑块上、下运动，将放置在上、下刀片之间的板材剪成条料。因为上、下刃口互相平行，故称为平刃剪床。平刃剪床剪切时，整个刀刃同时与板材接触，使其分离，故需较大剪切力，但剪切质量较好。

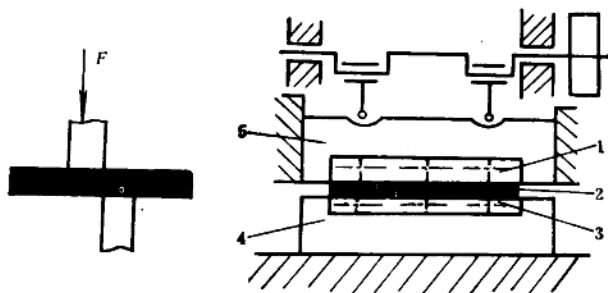


图1-7 平刃剪床剪裁示意图

1—上刀片 2—板材 3—下刀片 4—工作台 5—滑块

二、斜刃剪床剪裁

斜刃剪床的结构形式和工作原理与平刃剪床相同，只是上刀刃呈偏斜状态，与下刀刃形成一个夹角 ϕ （图1-8）。斜刃剪床工作时，不是整个刃口同时接触板材，板材分离是逐步完成的，故剪切力较小。 ϕ 角一般取 $1^\circ\sim 3^\circ$ ，因此，板材扭曲现象严重，而省力效果十分明显，故其使用比平刃剪床更为广泛。

三、剪床规格型号

我国规定剪床的代号为Q，其规格大小按剪床能裁剪板料的宽度和厚度来表示。如Q11—6×2500剪板机，表示可剪板材最大尺寸（厚×宽）是6×2500mm。这是剪板机的主要参数，也是选择剪板机的主要依据。图1-9为Q11—6×2500剪板机外形图。

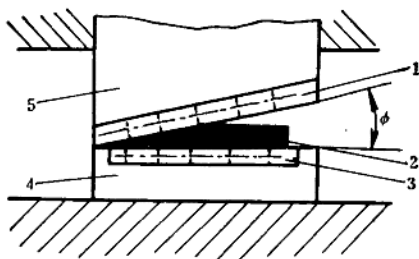


图1-8 斜刃剪床剪裁示意图

1—上刀片 2—板材 3—下刀片 4—工作台
5—滑块

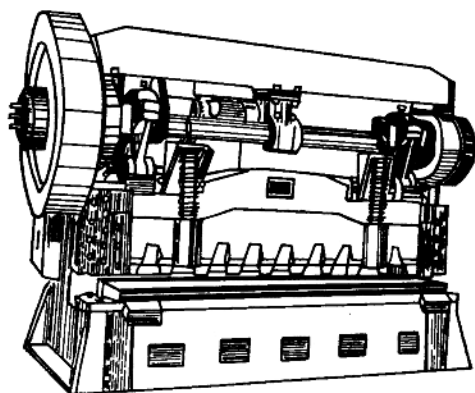


图1-9 Q11—6×2500剪板机

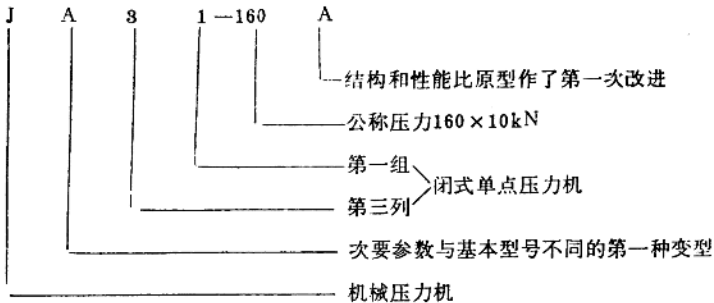
§ 1-4 冲 压 设 备

常用的冲压设备有曲柄压力机、摩擦压力机和油压机。本节以曲柄压力机为主介绍冲压设备结构、工作原理和选用原则。

一、曲柄压力机的规格型号和主要参数 (详见表1-2)

(一) 规格型号

压力机的规格型号是按照锻压机械的类别、列、组编制的。压力机的类、列、组、规格分别用字母和数字表示,例如



型号的字母表示类别,曲柄压力机是机械压力机,用“机”字的汉语拼音第一个大写字母“J”表示。

型号的第二个字母表示压力机经过第一次、第二次……变型设计。

字母后第一个数字表示压力机的列别,第二个数字表示压力机组别。列别和组别代号合在一起表示压力机的结构型式。如“31”表示闭式单点压力机;“11”表示开式单柱固定台偏心式曲柄压力机;“21”表示开式单柱活动台偏心式曲柄压力机;“23”表示开式双柱可倾工作台曲柄压力机。

“—”后面的数字表示压力机公称压力。

型号最末端的字母表示对型号已确定的压力机在结构和性能上改进的次数。

(二) 主要参数

曲柄压力机的主要参数是反映一台压力机的工作能力,安装模具高度的变化范围,以及有关生产率等的技术指标。现分述如下:

1. 公称压力

曲柄压力机的公称压力是指滑块离下死点前某一位置或指曲轴旋转到离下死点前某一角度(此角称压力角,一般取 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$)时,滑块上所能容许承受的最大作用力,它是压力机的主要参数。目前国产曲柄压力机仍以“吨”表示其公称压力,故将铭牌上的数值乘以10kN才是国际单位制表示的公称压力数值。

2. 滑块行程

指滑块从上死点运动到下死点所经过的距离,其数值一般按曲柄半径的两倍计算。

3. 行程次数

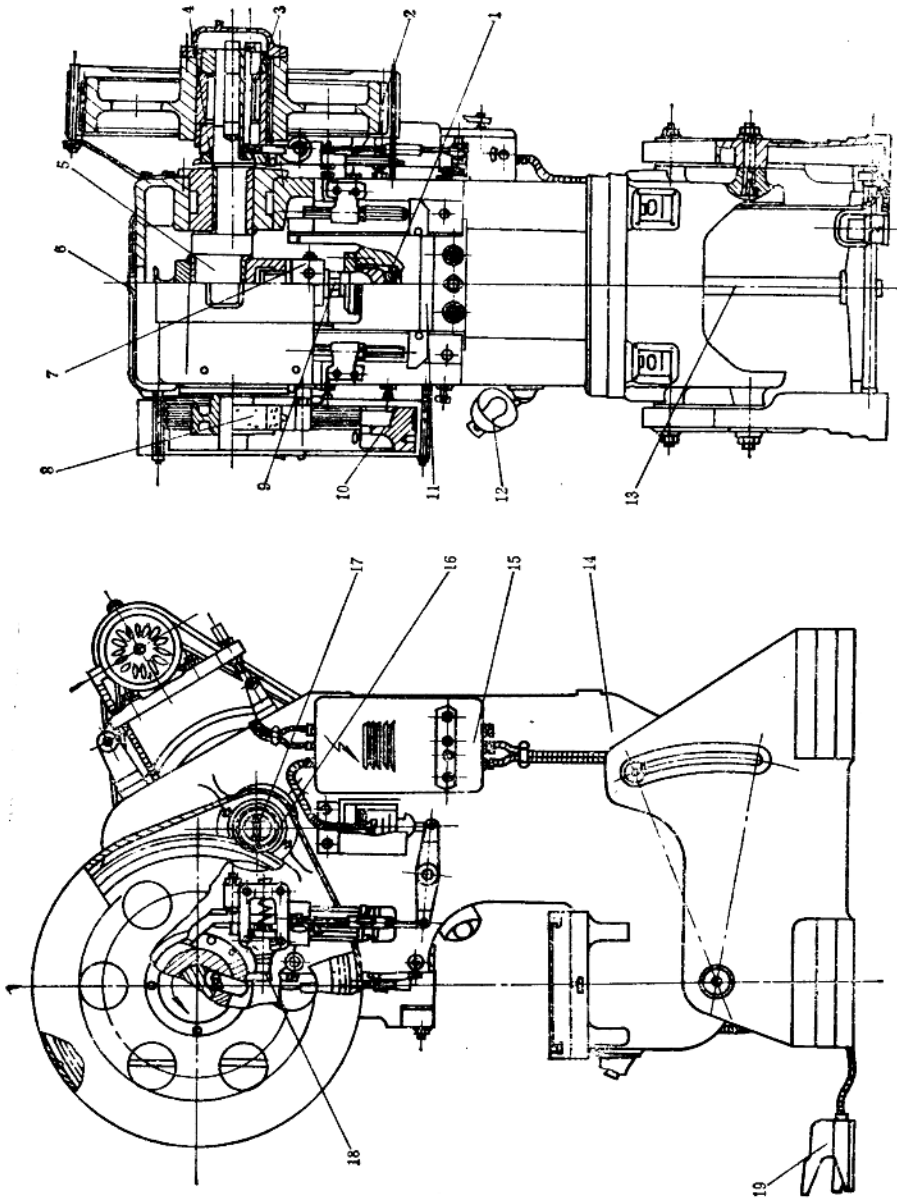


图1-10 J23-40型压力机总体结构

- 1—保险器 2—大齿轮 3—离合器 4—轴承 5—曲轴 6—润滑系统 7—连杆 8—制动器 9—传动节螺杆 10—滑轮(飞轮) 11—滑块 12—照明灯 13—螺母 14—球身 15—电器箱 16—小齿轮 17—传动轴 18—操纵机构 19—脚踏板