



冷冲压工艺 与 模具设计

刘湘云
邵全统

主编

航空工业出版社



冷冲压工艺与模具设计

刘 湘 云 主 编
邵 全 统

航空工业出版社

(京)新登字161号

内 容 提 要

本书着重叙述了冲裁、弯曲、拉深、成形等冷冲压工艺的基本理论、工艺特点、工艺计算、模具结构和模具设计,并具有一定数量的图表和计算实例;对于冷冲压压力机、板料的冲压成形性能、冷冲压材料、冷挤压和冲压工艺规程的编制等亦较详细地作了介绍。

本书具有理论性、综合性、实用性强的特点,可作为中等专业学校工模具专业、机械制造专业的教材,也适用于专科学校、电视大学、职工大学、职工中专和短训班等的教材,亦可供从事冷冲压工作的技术人员、工人参考。

图书在版编目(CIP)数据

冷冲压工艺与模具设计/刘湘云,邵全统主编. —北京:
航空工业出版社, 1994.8
ISBN 7-80046-750-3

I.冷… II.①刘… ②邵… III.①冷加工-工艺②模
具-工艺设计 IV.TG38

中国版本图书馆CIP数据核字(94)第06267号

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里14号 100029)

北京地质印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

1994年8月第1版

1994年8月第1次印刷

开本: 787×1092 1/32

印张: 17.25 字数: 419千字

印数: 1—4000

定价: 9.75元

前 言

由于冷冲压技术具有许多独特的优点，在航空航天、机械、电子、轻工等工业部门中已得到广泛应用，而冷冲压模具则是实现冷冲压技术迅速发展的关键。

为了满足教学和生产发展的需要，航空航天工业部中专教材编委会组织了本部四所航校的有关教师特编写了此书。

本课程的参考教学时数为84学时，其主要内容为冲裁、弯曲、拉深、成形等基本冲压工艺及模具设计；并对冲压设备、板料冲压成形性能、冲压材料、冷挤压以及冲压工艺规程的编制也作了较全面的介绍。

本教材在讲述冷冲压及冷冲模基本理论、基本方法的同时，较为详细地提供了冷冲压工艺及模具设计原理、方法、程序，特别注意基本理论的实际运用，选编了一定数量的技术资料，并且每章附有综合性的“思考与练习题”。此书内容丰富，具有系统性、实用性强，文字精练、易懂的特点。

本课程的教学目的是使学生在了解冲压工艺基本知识的基础上掌握模具设计的一般步骤与方法，能够设计一般冲压模具。

各校在使用本教材时，可根据自己的具体情况予以取舍或补充。

承担本书编写工作的有：上海航空工业学校邵全统（第一章、第五章、第六章），成都航空工业学校刘湘云（第二章第一节至第八节），李学锋（第二章第九节至第十节、第七章），大庸航空工业学校邓荣甫（第三章），西安航空技术高等专科学校张景正（第四章）。

全书由成都航空工业学校刘湘云、上海航空工业学校邵全统承担主编。

全书由陈鹤峥教授承担主审并给予编者热情指导。在编书过程中承蒙部中专教材编委会和各校领导的关怀、支持，在此一并表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限、经验不足，缺点和错误在所难免，敬请广大读者不吝指正。

编 者

1992年10月

责任编辑：王 月

封面设计：霍振江

ISBN 7-80046-750-3

TB·014

定价：9.75元

目 录

第一章 冷冲压概述	(1)
第一节 冷冲压加工的特点及其在生产中的地位.....	(1)
一、冷冲压加工的特点.....	(1)
二、冷冲压加工在生产中的地位.....	(1)
第二节 国内外情况及其发展方向.....	(2)
一、国外情况.....	(2)
二、国内情况.....	(3)
三、冷冲压技术的发展方向.....	(3)
第三节 冷冲压工序的分类.....	(4)
第四节 冷冲压材料.....	(7)
一、对冷冲压材料的基本要求.....	(7)
二、常用冷冲压材料.....	(7)
第五节 冷冲压设备.....	(8)
一、冷冲压设备的分类与型号.....	(8)
二、常用的冷冲压设备.....	(8)
三、冲压设备的选用.....	(16)
思考与练习题.....	(19)
第二章 冲裁	(20)
第一节 冲裁变形过程分析.....	(20)
一、冲裁变形过程.....	(20)
二、冲裁过程的受力分析.....	(20)
三、冲裁件质量及其影响因素.....	(22)
第二节 冲裁模间隙.....	(24)
一、间隙对冲裁力的影响.....	(24)
二、间隙对模具寿命的影响.....	(25)
三、间隙值的确定.....	(25)
第三节 凸、凹模刃口尺寸计算.....	(27)
一、刃口尺寸计算的基本原则.....	(27)
二、凸、凹模分别加工时, 尺寸与公差计算.....	(27)
三、凸、凹模配合加工时, 尺寸与公差计算.....	(30)
第四节 排样.....	(31)
一、排样.....	(31)
二、搭边.....	(33)
三、条料宽度的确定.....	(34)

四、材料利用率	(36)
第五节 冲裁力和压力中心的计算	(36)
一、冲裁力的计算	(36)
二、降低冲裁力的方法	(37)
三、卸料力、推件力及顶件力的计算	(38)
四、压力机吨位的确定	(39)
五、压力中心的计算	(39)
第六节 冲裁的工艺设计	(41)
一、冲裁件的工艺性分析	(42)
二、冲裁工艺方案的确定	(44)
第七节 冲裁模的典型结构	(45)
一、冲裁模的分类	(45)
二、冲裁模的典型结构分析	(46)
三、冲裁模的典型结构	(46)
第八节 冲裁模主要零部件设计	(55)
一、工作零件	(55)
二、定位零件	(62)
三、卸料装置与推件装置	(67)
四、模架及导向装置	(72)
五、连接与固定零件	(75)
六、冲裁模零件的材料	(77)
第九节 其他冲裁	(79)
一、精密冲裁	(79)
二、聚氨酯橡胶模冲裁	(92)
三、硬质合金模冲裁	(94)
四、锌基合金模冲裁	(98)
五、非金属材料的冲裁	(101)
六、镁、钛合金和不锈钢材料的冲裁	(103)
第十节 冲裁工艺及模具设计步骤与要点	(103)
一、制订冲裁件的工艺过程	(103)
二、模具设计步骤、要点	(105)
思考与练习题	(107)
第三章 弯曲	(108)
第一节 弯曲变形过程分析	(108)
一、弯曲变形过程	(108)
二、弯曲过程中应力与应变中性层的位移	(109)
三、弯曲变形中的回弹	(111)
四、弯曲变形中板料厚度的变薄	(111)
五、弯曲变形中板料长度的增长	(111)

六、弯曲变形中板料横截面的畸变、翘曲和拉裂.....	(111)
第二节 弯曲时的应力应变状态和弯矩的计算.....	(112)
一、弯曲时应力应变状态分析.....	(112)
二、弯曲应力和弯矩的计算.....	(113)
第三节 最小相对弯曲半径.....	(118)
一、影响最小相对弯曲半径的因素.....	(118)
二、最小相对弯曲半径的近似理论计算.....	(120)
三、最小相对弯曲半径的经验确定法.....	(120)
第四节 弯曲变形中的回弹.....	(121)
一、影响回弹的因素.....	(122)
二、回弹量的计算.....	(122)
三、减少回弹的措施.....	(125)
第五节 弯曲件毛坯尺寸的计算.....	(128)
一、弯曲件毛坯尺寸计算程序.....	(128)
二、各类弯曲件毛坯尺寸的计算.....	(129)
第六节 弯曲力的计算.....	(132)
一、自由弯曲的弯曲力.....	(132)
二、校正弯曲的弯曲力.....	(132)
三、顶件力和压料力.....	(132)
四、压力机吨位的决定.....	(134)
第七节 弯曲件的工艺性及工序安排.....	(134)
一、弯曲件的工艺性.....	(134)
二、弯曲件的工艺安排.....	(138)
第八节 弯曲模结构设计.....	(140)
一、弯曲模设计要点.....	(140)
二、各类弯曲模结构设计.....	(141)
第九节 弯曲模工作部分的设计.....	(149)
一、凸模、凹模圆角半径.....	(149)
二、凹模工作部分的几何尺寸.....	(149)
三、凸、凹模之间的间隙.....	(149)
四、凸、凹模工作部分尺寸的确定.....	(151)
第十节 管子弯曲.....	(152)
一、管子弯曲变形情况.....	(152)
二、管子最小弯曲半径.....	(153)
三、带填料和衬芯的管子弯曲.....	(154)
四、无芯的管子弯曲.....	(154)
五、管子弯曲形式及弯曲模.....	(154)
思考与练习题.....	(155)
第四章 拉深.....	(157)

第一节 圆筒形件拉深的过程分析·····	(157)
一、拉深的变形过程·····	(157)
二、拉深过程中材料的应力与应变状态·····	(158)
三、拉深过程中出现的现象·····	(161)
第二节 旋转体拉深件毛坯尺寸的计算·····	(162)
一、计算方法·····	(162)
二、简单旋转体拉深件的毛坯尺寸计算·····	(164)
三、解析法与作图法求毛坯尺寸·····	(164)
第三节 圆筒形件拉深工艺计算·····	(167)
一、拉深系数·····	(167)
二、拉深次数的确定·····	(169)
三、圆筒形件各次工序尺寸的计算·····	(169)
第四节 拉深力与压边力的确定·····	(173)
一、拉深力的计算·····	(173)
二、压边力的计算·····	(173)
三、压力机吨位的选择·····	(174)
四、拉深功的计算·····	(174)
第五节 其他形状零件的拉深·····	(175)
一、有凸缘圆筒形件的拉深·····	(175)
二、阶梯形件的拉深·····	(180)
三、曲面形状零件的拉深·····	(180)
四、盒形件的拉深·····	(184)
第六节 拉深模的典型结构·····	(193)
一、首次拉深模·····	(193)
二、以后各次拉深模·····	(194)
三、双动压力机用的拉深模·····	(195)
第七节 拉深件的工艺性·····	(195)
一、拉深件形状的要求·····	(195)
二、拉深件圆角半径的要求·····	(196)
三、拉深件的精度·····	(196)
第八节 拉深模工作部分的设计·····	(196)
一、凸、凹模的圆角半径·····	(196)
二、拉深模的间隙·····	(197)
三、凸、凹模工作部分的尺寸与公差·····	(198)
第九节 其他拉深方法·····	(199)
一、带料级进拉深·····	(199)
二、变薄拉深·····	(201)
三、软模拉深·····	(203)
第十节 拉深中的辅助工序·····	(205)

一、润滑	(205)
二、热处理	(206)
三、酸洗	(206)
思考与练习题	(206)
第五章 其他变形工艺	(208)
第一节 胀形	(208)
一、胀形成形特点	(208)
二、胀形工艺方法	(208)
第二节 翻边	(213)
一、内孔翻边	(213)
二、外缘翻边	(217)
三、翻边模	(217)
第三节 缩口	(218)
一、缩口的变形特点	(218)
二、缩口工艺计算	(218)
三、缩口模具	(220)
第四节 校平与整形	(220)
一、校平	(220)
二、整形	(221)
第五节 旋压	(221)
一、普通旋压	(221)
二、变薄旋压	(222)
思考与练习题	(222)
第六章 冷挤压	(223)
第一节 冷挤压的概念	(223)
一、冷挤压的分类	(223)
二、冷挤压的特点	(224)
三、冷挤压技术的主要问题	(225)
第二节 冷挤压的基本原理	(225)
一、主应力状态对冷挤压工艺的影响	(225)
二、冷挤压的金属流动	(225)
三、冷挤压的附加应力与残余应力	(227)
四、冷挤压的外摩擦	(228)
第三节 冷挤压用的材料	(228)
第四节 冷挤压的变形程度	(228)
一、冷挤压变形程度的表示方法	(228)
二、许用变形程度	(228)
第五节 冷挤压力	(230)
一、冷挤压力的阶段性	(230)

二、影响挤压力的主要因素	(230)
三、挤压力的确定	(230)
四、冷挤压力机的选用	(233)
第六节 冷挤压变形工序的制订	(237)
一、冷挤压件的工艺性	(237)
二、冷挤压工序的制订	(237)
三、冷挤压工序制订实例	(238)
第七节 冷挤压毛坯的制备	(239)
一、冷挤压坯料形状和尺寸的确定	(239)
二、毛坯的软化热处理	(240)
三、冷挤压坯料的表面处理与润滑	(240)
第八节 冷挤压模具	(240)
一、模具结构	(240)
二、冷挤压组合凹模	(243)
第九节 其他挤压法	(247)
思考与练习题	(247)
第七章 冷冲压工艺方案的制订	(248)
第一节 制订工艺方案的主要内容和步骤	(248)
一、对零件图的分析	(248)
二、对工序性质、数量和顺序的分析	(249)
三、工序组合与模具型式的选择	(253)
四、半成品尺寸的确定原则	(256)
五、定位方法的选择	(257)
六、工序草图	(260)
第二节 典型冲压件工艺方案的编制	(260)
一、零件图的分析	(260)
二、外壳冲压工艺过程的确定	(261)
三、主要工艺参数的计算	(264)
参考文献	(266)

第一章 冷冲压概述

冷冲压是在室温下,利用安装在压力机上的模具对材料加压,使其产生分离或塑性变形,从而获得所需冲压件的一种压力加工方法。

冷冲模则是将材料加工成所需冲压件的一种工艺装备。冷冲模在实现冷冲压加工中是至关重要的,没有先进的冲模技术,就不能实现先进的冲压工艺。

第一节 冷冲压加工的特点及其在生产中的地位

一、冷冲压加工的特点

冷冲压生产靠压力机和模具完成加工过程,与其他加工方法相比,在技术与经济方面具有下列特点:

1. 冷冲压是少、无切屑加工方法之一,所得的冲压件一般无需再加工。
2. 对于普通压力机每分钟可生产几十件,而高速压力机每分钟可生产千件以上,因此是一种高效率的加工方法。
3. 冲压件的尺寸精度由模具保证,所以质量稳定,互换性好。
4. 冷冲压可以加工壁薄、重量轻、刚性好、形状复杂的零件,是其他加工方法所不能代替的。

二、冷冲压加工在生产中的地位

1. 用途

由于冷冲压工艺具有上述突出的特点,因此在生产中得到了广泛的应用。

据统计全世界钢材品种中带材占50%,板材占17%,棒材占15%,型材占9%,线材占7%,管材占2%。由此看出,大部分材料用于冷冲压加工。

在汽车、农机产品中,冲压件约占75%~80%;在电子产品中,冲压件约占80%~85%;在轻工产品中,冲压件约占90%以上;在航空、航天工业中,冲压件也占有较大的比例。因此,当前在机械、电子、轻工、国防等工业部门的产品零件,其成形方式已转向优先选用压力加工工艺,使得制件质优、低耗、低成本,在市场竞争中反应能力强、速度快。

2. 加工范围

可加工各种类型的冲压件,尺寸小到钟表的秒针,大到汽车的纵梁、覆盖件;冲切厚度已达20mm以上,所以加工尺寸幅度大,适应性强。

3. 精度

对于一般冲裁件可达IT10~IT11级,精冲件可达IT6~IT9级,一般弯曲、拉深件可达IT13~IT14级。

4. 粗糙度

普通冲裁可达 $R_a 12.5 \sim 3.2 \mu\text{m}$, 精冲可达 $R_a 2.5 \sim 0.32 \mu\text{m}$ 。

第二节 国内外情况及其发展方向

一、国外情况

工业先进国家的冷冲压工艺和冲模技术是相当发达的, 他们逐步把冷冲压生产过程用智力型代替体力型, 出现了下列情况:

1. 冷冲压加工全自动生产系统和模具柔性制造系统已投入应用

这种全自动生产系统包括: 自动安装调模装置、材料自动选择与供给装置、材料导向自动调节装置、送料进距自动调节装置、成品容器自动更换装置、误送料自动检出装置及冲压件的加工数量达到预定的数量后压力机自动停车装置等。如需加工另一冲压件, 则能自动换模、调整并自动开机进行加工。美国敏斯特 (Minster) 机械公司生产的机械压力机与自动冲压系统能在五分钟内换好冲模并能自动调节压力机的闭合高度与模具闭合高度的关系。随着计算机数控技术在冷冲压生产和模具制造业中的迅速应用, 已成功地转变到采用柔性加工, 而且柔性加工一年比一年地完善起来, 柔性程度愈来愈高, 促进了冷冲压工艺和模具技术的发展。如比利时LVD公司生产的CNC剪板中心, 能剪 $10\text{mm} \times 2000\text{mm} \times 3050\text{mm}$ 的钢板, 且带有自动喂板、堆叠装置和快速剪刀改换系统; 美国惠特尼 (Whitney) 公司生产的CNC金属板材加工中心, 能在相同的时间内, 加工冲压件的数量为普通压力机的4~10倍, 能进行冲孔、分段冲裁、压弯、压花和拉深等多种作业, 是中小批量加工金属板材的新型设备。

2. 模具的精度很高

先进国家目前模具可达到尺寸精度 $3 \sim 5 \mu\text{m}$, 级进模步距精度 $5 \sim 8 \mu\text{m}$, 凸、凹模及易损件互换精度 $2 \sim 2.5 \mu\text{m}$ 。

3. 国外已研制成冲压件用的新材料

使得材料的化学成分、金相组织和机械工艺数值更好的符合冲压性能的要求。

4. 模具寿命长

模具是比较昂贵的生产工具, 所以寿命长是至关重要的。国外Cr12MoV级进模冲制钢件总寿命达1000万次, 硬质合金级进模冲制铁芯片总寿命3亿次, Cr12MoV精冲模冲制低碳钢制件总寿命达200万次。慕尼黑盖斯勒公司生产的精冲模在1000次/分钟的情况下, 能冲1000万片薄片。

5. 模具制造设备不断更新

为了满足模具制造的需要, 机床制造厂必须给模具制造厂提供崭新的技术, 提供高生产率的机床品种。有的数控仿形铣床能把仿形和数控一体化, 使复杂形状的模具加工变得较为容易。这种机床的仿形功能和数控功能能进行自动转换, 对复杂部分进行仿形, 而对简单部分进行数控, 两者结合起来, 可以组合各种曲面。CNC连续轨迹坐标磨床是高效率加工精密模具的较理想设备, 对复杂的轮廓可以连续地磨削, 当磨削冲模凸、凹模时, 可得到的间隙极为均匀, 从而提高了模具寿命; 另一种类型的坐标磨床可插磨模具零件上的

孔、圆弧及直边，加工效率高。此外，CNC线切割机床和CNC内外圆磨床均在模具加工中发挥了作用。

二、国内情况

近十多年来，我国对板料成形性能、成形极限图、曲面零件的翻边、弯曲回弹、盒形件毛料计算、冲压件工艺缺陷的分析等方面的研究，均取得了较好的成绩。

我国模具制造业的发展大致经历了以下几个阶段：

1. 50年代 手工业作坊时代。
2. 60年代 通用机械时代，生产工具为车床、铣床、刨床、磨床等。
3. 70年代 仿形机械时代，生产工具为仿形车床、仿形铣床、仿形刨床等。
4. 80年代 数控机械时代，生产工具为NC车床、NC铣床、NC电火花加工机床、NC电火花线切割机床等。
5. 90年代 计算机数控机床及CAD/CAM应用时代，生产工具为CNC车床、CNC铣床、CNC磨床、CNC线切割机床等。

目前，我国的模具制造只在研究单位和部分企业有较先进的设备，还有一部分模具制造仍存在着专业化程度低、周期长、精度低、使用寿命短的弊病。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，促进模具技术的较快发展，使冲压工艺及其模具技术在实现我国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、电子技术的日益结合，产品性能和质量的不断提高，使现代工业产品生产日趋复杂化与多样化，各工业部门对冷冲压技术的发展都提出了更高的要求，故今后冷冲压技术的发展方向主要有以下几方面：

1. 在冷冲压加工基本理论方面

应加强冷冲压变形基础理论的研究，以提供更加准确、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，解决冷冲压变形中出现的各种实际问题，进一步提高冲压件的质量。

2. 在冷冲压工艺方面

应研究和推广采用新工艺，如精冲工艺、软模成形工艺、高能高速成形工艺、超塑性成形工艺及冷挤压工艺等，进一步提高冷冲压技术水平。

3. 在模具方面

为了适应冷冲压技术发展的需要，应加强：

- (1) 模具结构及零、部件的标准化工作；
- (2) CNC模具加工设备的研究与应用，积极开展模具CAD/CAM的研究与推广应用；
- (3) 加强模具材料、热处理和表面处理的研究，以提高模具的寿命；
- (4) 加强适用于复杂形状零件的多工位级进模的研究；
- (5) 适用于单件、新品试制和多品种小批量生产的锌基合金模、聚氨酯橡胶模的研究；

究与应用;

(6) 适用于单一品种而零件属大批量生产的自动冲模的研制及超塑性冲模的研制;

(7) 在模具制造上采用新的制造工艺, 如柔性模具加工生产线、用激光代替线切割等。

4. 在冷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, 以及计算机数控的全自动冲压加工系统的研究。

5. 在冷冲压设备方面

(1) 加强通用压力机对工艺要求适应性的研究, 改进压力机的结构、提高刚度、降低振动与噪声;

(2) 要研制大型化、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。

第三节 冷冲压工序的分类

由于冲压件的形状、尺寸、精度要求、原材料性能等的不同, 目前在生产中所采用的冲压工艺方法是多种多样的。但是, 概括起来可以分为分离工序与成形工序两大类。分离工序是使板料按一定的轮廓线分离而获得一定形状、尺寸和切断面质量的冲压件。成形工序是坯料在不破裂的条件下产生塑性变形而获得一定形状和尺寸的冲压件。上述两类工序按冲压方式又分为很多基本工序, 见表1-1和表1-2。

在实际生产中, 当生产批量大时, 如果仅以表中所列的基本工序组成冲压工艺过程, 生产率低, 不能满足生产需要。因此, 一般采用组合工序, 即把两个以上的基本工序组合成一道工序, 构成所谓复合、级进、复合一级进的组合工序。

第四节 冷冲压材料

一、对冷冲压材料的基本要求

冷冲压所用的材料, 在满足产品设计要求的同时, 还应满足冲压工艺的要求。冲压工艺对冲压材料的要求主要有:

1. 具有良好的冲压成形性能

板料的冲压成形性能是指板料对各种冲压加工方法的适应能力。

对于成形工序要求材料应具有: 良好的塑性 (均匀延伸率 δ_u) 大、屈强比 (σ_s/σ_b) 小、屈弹比 (σ_s/E) 小、硬化指数 n 大、板厚方向性系数 r 大、板平面方向性 Δr 小。

对于分离工序, 要求材料应具有一定的塑性, 其他指标不作严格的要求。

2. 具有较高的表面质量

材料表面应光洁平整, 无氧化皮、锈斑、划伤、分层等缺陷。成形工序所用材料的表面质量越好, 则制件越不易破裂, 也不易擦伤模具工作部分的表面。

3. 材料厚度公差应符合国家标准

因为一定的模具间隙适用于一定厚度的材料。如材料厚度公差变动大，不仅影响制件的质量，还可能导致模具和压力机的损坏。

4. 价格低廉、来源方便、经济性好。

二、常用冷冲压材料

冷冲压生产中常用的板料有：

1. 黑色金属：普通碳素钢板、优质碳素结构钢板、普通低合金钢板、电工硅钢板、不锈钢板等。

对厚度在 4 mm 以下的轧制薄钢板，钢板的厚度精度可分为 A（高级精度）、B（较高级精度）、C（普通级精度）级。

对优质碳素结构钢板按表面质量可分为 I、II、III、IV 组。在 I、II、III 组中各组按拉深级别又分为 Z、S、P 级，而 IV 组仅分 S、P 级。

I 组——特别高级的精整表面；

II 组——高级的精整表面；

III 组——较高级的精整表面；

IV 组——普通级精整表面。

表 1-1 分离工序

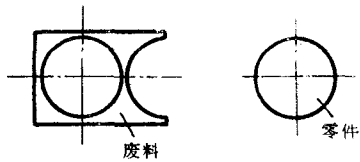
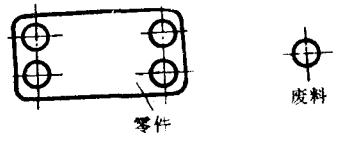
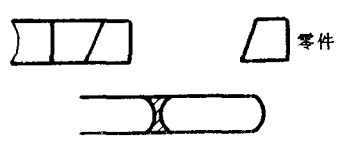
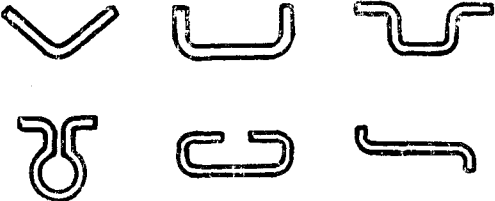
工序名称	简 图	特 点 及 应 用 范 围
落料		用冲模沿封闭轮廓曲线冲切，冲下部分是零件。 用于制造各种形状的平板零件
冲孔		用冲模按封闭轮廓曲线冲切，冲下部分是废料
切断		用剪刀或冲模沿不封闭曲线切断。多用于加工形状简单的平板零件
切边		将成形零件的边缘修切整齐或切成一定形状
剖切		把冲压加工成的半成品切开成为二个或数个零件，多用于不对称零件的成双或成组冲压成形之后

表 1-2 成形工序

工序名称	简 图	特 点 及 应 用 范 围
弯曲		把板料沿直线弯成各种形状，可以加工形状极为复杂的零件
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
扭曲		把冲裁后的半成品扭转成一定角度
拉深		把板料毛坯成形制成各种空心的零件
变薄拉深		把拉深加工后的空心半成品进一步加工成为底部厚度大于侧壁厚度的零件
翻孔		在预先冲孔的板料半成品上或未经冲孔的板料冲制成竖立的边缘
翻边		把板料半成品的边缘按曲线或圆弧成形成竖立的边缘
拉弯		在拉力与弯矩共同作用下实现弯曲变形，可得精度较好的零件