

内 容 简 介

本书阐述的钣金工艺技术，主要是各种金属板材在常温下加工成形方法。全书共分十一章，重点介绍了下料、压延、橡皮弯曲、旋压、落压、拉型等工艺方法。为便于新工人掌握基本操作要领，对放边、收边、拔缘、拱曲、卷边、咬缝、校正等手工操作也作了必要的叙述。

本书主要适合新工人掌握基础技术知识学习使用，并可作为技工学校学员参考读物。

工人普及读物

钣 金 技 术

《钣金技术》编写组 编

*

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业登记证出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

沈阳市人民印刷厂印刷

787×1092 1/16 印张14²/₄ 344千字

1974年4月第一版 1974年4月第一次印刷 印数：000,001—400,000册

统一书号：15034·1318 定价：0.95元

出版说明

随着我国社会主义革命和社会主义建设的发展，近年来各机械制造部门吸收了不少新工人。对这批新生力量进行基础技术知识教育，是当前一项重要任务。为此，有关部门组织一些工厂、学校和研究单位的同志，组成《车工技术》、《铣工技术》、《刨工技术》、《磨工技术》、《钳工技术》、《锻工技术》、《铸工技术》、《焊接技术》、《热处理实践》、《表面处理》、《钣金技术》、《机械工人识图》、《公差配合与技术测量》、《电工学基础》等十四个编写组为新工人编写基础技术读物。各编写组在主编单位党委的领导下，总结了生产实践经验，多次征求工人、技术人员和有关同志的意见，进行反复的修改补充，写成了这一批读物。我们希望广大新工人在老师傅指导下，通过这批技术读物的学习，能基本掌握一般专业技术知识，结合生产实践不断提高生产技能，为社会主义建设贡献自己的力量。

参加《钣金技术》编写的有周德俊、李成富、李金荣、李俊义、李明广、张景凤、邹之鹤等同志。

由于时间仓猝，调查研究、征求意见还不够广泛，书中难免存在一些缺点和错误，热诚地希望广大读者提出宝贵意见。

目 录

第一章 金属材料	5	第二节 机床设备	162
第一节 金属机械性能	5	第三节 落压工艺	164
第二节 金属的晶体结构及变形	7	第四节 落压模	179
第二章 样板使用	10	第八章 拉型成形	182
第一节 样板的种类和名称	10	第一节 基本原理	182
第二节 样板的主要特点和用途	10	第二节 拉型设备	184
第三节 样板的标记符号	14	第三节 拉型模	189
第四节 样板工艺孔的种类和用途	26	第四节 拉型工艺	190
第三章 下 料	27	第九章 旋压成形	196
第一节 剪切下料	27	第一节 基本原理	196
第二节 铣切下料	33	第二节 旋压工具及用途	196
第三节 冲切下料	45	第三节 旋压模	198
第四节 氩气自动切割	57	第四节 旋压床	200
第四章 弯 曲	59	第五节 旋压操作法	200
第一节 压 弯	59	第六节 强力旋压	202
第二节 滚 弯	90	第十章 手工成形	205
第三节 拉 弯	105	第一节 弯 曲	205
第五章 压延成形	111	第二节 放 边	206
第一节 基本原理	111	第三节 收 边	208
第二节 压延工艺	114	第四节 拔 缘	209
第三节 压延模及压延中的摩擦	129	第五节 拱 曲	211
第四节 冲床的选择及压延模的安装	134	第六节 卷 边	214
第五节 压延时废品的种类及 其防止方法	136	第七节 咬 缝	216
第六节 变薄压延	138	第八节 校 正	217
第六章 橡皮成形	149	第十一章 其他成形	226
第一节 基本原理	149	第一节 胀 形	226
第二节 液压机	150	第二节 爆炸成形与高速锤	228
第三节 橡皮弯边成形	151	第三节 冷冲挤	230
第四节 压型模	155	第四节 数控机床	232
第五节 橡皮成形典型示例	157	第五节 蠕变校形	232
第七章 落压成形	160	第六节 电磁冲孔	233
第一节 概 述	160	第七节 喷丸成形	234

内 容 简 介

本书阐述的钣金工艺技术，主要是各种金属板材在常温下加工成形方法。全书共分十一章，重点介绍了下料、压延、橡皮弯曲、旋压、落压、拉型等工艺方法。为便于新工人掌握基本操作要领，对放边、收边、拔缘、拱曲、卷边、咬缝、校正等手工操作也作了必要的叙述。

本书主要适合新工人掌握基础技术知识学习使用，并可作为技工学校学员参考读物。

工人普及读物

钣 金 技 术

《钣金技术》编写组 编

*

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业登记证出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

沈阳市人民印刷厂印刷

787×1092 1/16 印张14²/₄ 344千字

1974年4月第一版 1974年4月第一次印刷 印数：000,001—400,000册

统一书号：15034·1318 定价：0.95元

出版说明

随着我国社会主义革命和社会主义建设的发展，近年来各机械制造部门吸收了不少新工人。对这批新生力量进行基础技术知识教育，是当前一项重要任务。为此，有关部门组织一些工厂、学校和研究单位的同志，组成《车工技术》、《铣工技术》、《刨工技术》、《磨工技术》、《钳工技术》、《锻工技术》、《铸工技术》、《焊接技术》、《热处理实践》、《表面处理》、《钣金技术》、《机械工人识图》、《公差配合与技术测量》、《电工学基础》等十四个编写组为新工人编写基础技术读物。各编写组在主编单位党委的领导下，总结了生产实践经验，多次征求工人、技术人员和有关同志的意见，进行反复的修改补充，写成了这一批读物。我们希望广大新工人在老师傅指导下，通过这批技术读物的学习，能基本掌握一般专业技术知识，结合生产实践不断提高生产技能，为社会主义建设贡献自己的力量。

参加《钣金技术》编写的有周德俊、李成富、李金荣、李俊义、李明广、张景凤、邹之鹤等同志。

由于时间仓猝，调查研究、征求意见还不够广泛，书中难免存在一些缺点和错误，热诚地希望广大读者提出宝贵意见。

目 录

第一章 金属材料	5	第二节 机床设备	162
第一节 金属机械性能	5	第三节 落压工艺	164
第二节 金属的晶体结构及变形	7	第四节 落压模	179
第二章 样板使用	10	第八章 拉型成形	182
第一节 样板的种类和名称	10	第一节 基本原理	182
第二节 样板的主要特点和用途	10	第二节 拉型设备	184
第三节 样板的标记符号	14	第三节 拉型模	189
第四节 样板工艺孔的种类和用途	26	第四节 拉型工艺	190
第三章 下 料	27	第九章 旋压成形	196
第一节 剪切下料	27	第一节 基本原理	196
第二节 铣切下料	33	第二节 旋压工具及用途	196
第三节 冲切下料	45	第三节 旋压模	198
第四节 氧气自动切割	57	第四节 旋压床	200
第四章 弯 曲	59	第五节 旋压操作法	200
第一节 压 弯	59	第六节 强力旋压	202
第二节 滚 弯	90	第十章 手工成形	205
第三节 拉 弯	105	第一节 弯 曲	205
第五章 压延成形	111	第二节 放 边	206
第一节 基本原理	111	第三节 收 边	208
第二节 压延工艺	114	第四节 拔 缘	209
第三节 压延模及压延中的摩擦	129	第五节 拱 曲	211
第四节 冲床的选择及压延模的安装	134	第六节 卷 边	214
第五节 压延时废品的种类及 其防止方法	136	第七节 咬 缝	216
第六节 变薄压延	138	第八节 校 正	217
第六章 橡皮成形	149	第十一章 其他成形	226
第一节 基本原理	149	第一节 胀 形	226
第二节 液压机	150	第二节 爆炸成形与高速锤	228
第三节 橡皮弯边成形	151	第三节 冷冲挤	230
第四节 压型模	155	第四节 数控机床	232
第五节 橡皮成形典型示例	157	第五节 蠕变校形	232
第七章 落压成形	160	第六节 电磁冲孔	233
第一节 概 述	160	第七节 喷丸成形	234

第一章 金属材料

在钣金成形过程中，为使板料变成所需之形状，就要采用各种工艺方法（如弯曲、压延、拉伸等），对板料加外力作用，而金属板料对外力作用又表现出一定的抵抗力，称为机械性能。由于不同金属的机械性能不同，所以在钣金成形过程中，金属的工艺成形性能也不一样。在生产中经常用塑性、弹性、屈服强度、抗拉强度等来反映金属机械性能。

第一节 金属机械性能

一、塑性

塑性是指金属材料在外力作用下，不发生破坏的永久变形能力。如一般受拉会伸长，受压会变形，这种伸长或变形量愈大，而又不出现破坏现象的材料，说明塑性好。

塑性好坏，可以从两个方面来反映。一个叫断面收缩率，另一个叫延伸率。断面收缩率和延伸率分别用 ψ 和 δ 表示。

当一定断面积的试件受拉伸直至断裂时，它的横断面积缩小，长度增大，以此便可计算出材料断面收缩率 ψ 和延伸率 δ 。

$$\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \times 100\%$$

式中 F_0 ——原断面积，
 F_1 ——拉断后断面积。

$$\delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\%$$

式中 L_0 ——拉伸前长度，
 L_1 ——拉断后长度。

金属材料的 ψ 和 δ 的百分数愈大，其塑料愈好。在生产上常用 δ_5 或 δ_{10} 分别表示用不同规格的拉伸试棒试验时得到的延伸率。如 δ_5 表示试棒的计算长度 L_0 等于试棒直径 d 的5倍（ $L_0 = 5d$ ）时所测得的延伸率。

塑性好的材料，容易进行各种加工，如压延、弯曲、拉伸等。

二、弹性

当金属材料受外力作用时发生变形，外力去掉后，能完全恢复原来形状的性能，称为弹性。这种变形量愈大，说明材料的弹性愈好。在弹性变形范围内，外力和变形成正比，即外力愈大，弹性变形也愈大，如图1-1所示，在材料拉伸曲线上 oe 是一直线段。材料弹性大小，用能保持弹性变形的最大应力（指材料单位面积上的抵抗力） σ_e 来表示， σ_e 称为弹性极限。

$$\sigma_e = \frac{P_e}{F_0} \text{ (公斤/毫米}^2\text{)},$$

式中 P_e ——弹性极限的负荷 (公斤);

F_0 ——拉伸试件的横断面积 (毫米²)。

材料的弹性是从弹性极限大小及弹性变形量大小这两个方面来衡量的。材料在弹性变形范围内,外力与变形量之比为比例常数,也称弹性系数,常用 E 来表示。

$$E = \operatorname{tg}\alpha,$$

式中 α ——图1-1中 oe 与 oD 的夹角。

三、屈服强度

金属材料在外力作用下,开始发生明显的塑性变形,或达到规定塑性变形值时的应力,称为屈服强度。一般规定值是拉伸试件标距长的 0.2%,常用 $\sigma_{0.2}$ 来表示。塑性高的材料,在拉伸过程中,当加载到 P_s 时,力不增加,而材料变形仍继续伸长,这种现象为屈服现象,如图 1-1 中 s 点。 s 点的外力 P_s 与试件断面积 F_0 之比,称为屈服极限 σ_s 。

$$\sigma_s = \frac{P_s}{F_0} \text{ (公斤/毫米}^2\text{)}。$$

屈服极限是金属材料将要发生显著塑性变形的标志,因此,在钣金成形过程中,要使板料改变成一定形状,所加外力必须能使板料产生的应力大于 σ_s 或 $\sigma_{0.2}$ 。

四、抗拉强度

金属材料在拉力作用下,抵抗破坏的最大能力,称为抗拉强度。试件拉断的最大负荷 P_b 与原断面积 F_0 之比,为抗拉强度或称强度极限。常用 σ_b 来表示。

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_0} \text{ (公斤/毫米}^2\text{)}。$$

从图 1-1 中可以看出, b 点为强度极限点,金属材料所受外力超过 P_b 就会断裂。因此,在钣金成形过程中,为了不使零件断裂,所加外力必须小于 P_b 。

当金属材料所受的外力是压力或弯曲力时,这种抵抗破坏的最大能力,分别称为抗压强度(用 σ_{bc} 表示)或抗弯强度(用 σ_{bb} 表示)。

金属材料的机械性能,除上述外,还有疲劳强度、硬度、韧性、耐磨性、蠕变性等。

钣金工常用的金属材料种类和机械性能可参看表 1-1。

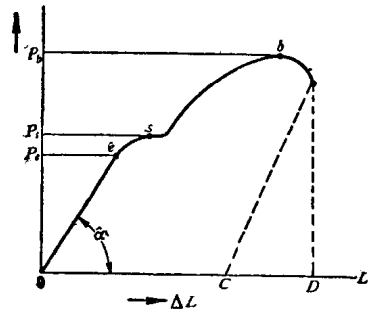


图1-1 拉伸曲线

表 1-1 常用材料的种类和机械性能

金属种类	材料牌号	状态	抗拉强度	屈服强度	延伸率	收缩率	备 注
			σ_b (公斤/毫米 ²)	$\sigma_{0.2}$ (公斤/毫米 ²)	δ (%)	ψ (%)	
铝	LF21	M	10~15	5	20~22	70	$\delta(L=11.3\sqrt{F_0})$
	LF2	M	17~23	10	16~18		"
	LF3	M	23	10	15		"
合	LY12	M	22~24	10	12~14		"
	LY11	M	23~24	11	12		"
金	LY16	M	≤ 24		15		"
	LC4	M	≤ 25	11	10	50	"
铜合金	H62	M	30	11	40	66	"
	H68	M	30	9	40	70	"
镁合金	MB8	M	22~23	11~12	10~12	25~30	"
钛合金	TA2	M	45~60		25~30		$\delta(L=5.65\sqrt{F_0})$
	TA3	M	55~70		20~25		"
	TC1	M	60~80		20~25		"
优质结构钢	08F	Z	28~37	18	34	60	δ_{10}
	10	Z	30~42	21	30	55	"
	15	Z	30~46	23	27	55	"
	20	Z	36~50	25	26	55	"
合金钢	10Mn2A	Z	40~58		22		"

第二节 金属的晶体结构及变形

一、金属的晶体结构

金属是由原子构成,原子又按着一定几何形状作有规律的排列。不同的金属,它的原子排列规律是不同的;有些金属虽然图形规律相同,但原子的大小和原子间的中心距是不同的。这些由许多原子按一定几何形状排列成的立体图形,称为“结晶格子”,简称“晶格”。金属元素的晶格类型有多种,一般常见的有三种:体心晶格、面心晶格和六方密集晶格。这三种晶格的立体图形,见图 1-2 所示。

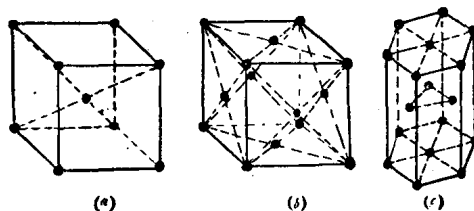


图1-2 三种晶格类型

a—体心晶格; b—面心晶格; c—六方密集晶格。

体心晶格在立方晶格的8个结点上各有一个原子,在立方体的中心还有一个原子(见图1-2a);面心晶格在立方晶格的8个结点上各有一个原子外,在六个面的中心也各有一个原子(见图1-2b);六方密集晶格除在六方柱体上下两面的12个结点和上下两面的中心各有一个原子外,在六方柱体中心处还有三个原子(见图1-2c)。

通过原子中心所形成的平面称晶面,可见体心晶格的晶面有六个,面心晶格有四个,六方晶格有二个。

晶格在空间按一个向位排列的晶体,称为单晶体,单晶体金属的性能是异向性的。但实际上金属是由许多不同向位的单个晶体所组成的多晶体,在多晶体中各单个晶体的异向性互相抵销,使其在各方向的性能基本一样。

二、金属变形

金属在外力作用下,产生弹性变形和塑性变形两个发展阶段,这两个阶段即互相区别又互相联系。

(一) 弹性变形

金属在没有外力作用时,金属晶格原子处于平衡状态(见图1-3a)。在受到外力作用后,引起原子间距离的改变,造成晶格的畸变(见图1-3b),使晶格中的原子处于不稳定状态。这样就表现为整个晶格的变形。当外力除去后,晶格中的原子因内力的作用,又立即恢复到原来平衡位置,晶格畸变和整个晶体的变形也就立即消失。这就是金属弹性变形的实质。这种变形是很微小的。

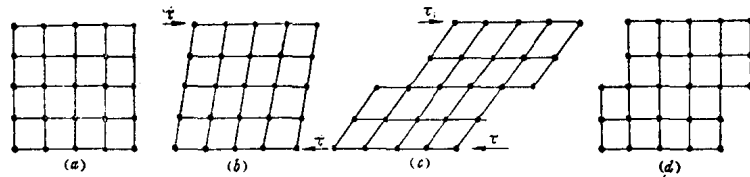


图1-3 晶格的滑移过程

(二) 塑性变形

在弹性变形的基础上,如果外力继续加大,晶格的畸变程度也随之增大,当畸变到一定程度时,晶格的一部分相对另一部分产生较大的错动(见图1-3c),错动后的晶格原子,就在新的位置与附近的原子组成新的平衡。当外力除去后,原子间的距离可以恢复原状,但错动的晶格却不能再恢复到原来位置,这就产生了一种不可恢复的永久变形,即为塑性变形(见图1-3d)。这种变形量比弹性变形量大得多。

塑性变形的两种形式是滑移和孪动。

1. 滑移 金属在外力作用下,晶体的某一部分沿着一定的晶面和一定方向,与另一部分之间作相对移动。这种现象称为滑移,这个晶面称为滑移面,这个方向为滑移方向。金属的滑移面,一般是晶格中原子分布最密的晶面,滑移方向则是原子分布最密的结晶方向。金属晶格中,原子分布最密的晶面和结晶方向愈多,产生滑移的可能性也愈大,金属的塑性也就愈好。面心晶格的金属(如铝、铜)塑性好,体心晶格的金属(如钨、钨、 α 铁等)塑性次之,六方密集晶格的金属(如镁、钛、锌等)塑性差。

实际上金属滑移是比较复杂的,不只是在一个晶面上,而是在若干个平行的晶面

(称滑移层)上进行。在滑移层之间形成一个阶梯,如图1-4所示。当塑性变形程度较大时,在金属表面上可以看到滑移的痕迹,即无数互相平行的线条,常称滑移线。

金属塑性变形后,在滑移面附近会出现很多被挤乱的晶体碎块,同时晶格被歪扭,这就增加了滑移的阻力,变形愈严重滑移面上的晶格紊乱碎块愈多,继续滑移的阻力也就愈大,这种现象称为冷作硬化现象。在钣金成形过程中,往往感到板料愈敲愈硬,就是这个道理。

2. 孪动 是晶体的一部分相对另一部分,沿着一定的晶面和方向发生的转动,其过程如图1-5所示。

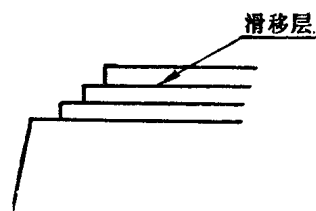


图1-4 滑移后的金属表面

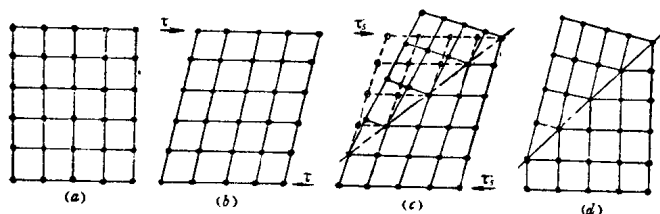


图1-5 晶格的孪动过程

a—平衡状态; b—弹性畸变; c—晶面发生转动; d—永久变形。

金属的孪动是突然发生的,原子位置不能产生较大的错动。因此晶体取得较大的永久变形的方式主要是滑移作用。孪动后晶体内部出现空隙,易于导致金属的破裂。

3. 晶间变形 上述两种变形,都是在每个晶体内部进行,称为晶内变形;而实际金属在变形中,晶体(晶粒)之间在外力作用下相对移动产生变形,这种变形称为晶间变形。晶粒之间的相对移动破坏了晶粒界面,降低了晶粒之间的机械嵌合,会导致金属的破坏。脆性材料其晶间结合力差,易于产生晶间破坏,所以可塑性差。而韧性材料晶间结合力强,不易产生晶间破坏,所以可塑性好。

第二章 样板使用

在飞机生产中，为了保证零件制造和装配互相协调，采用模线样板工作法，其实质是首先将飞机部件、组合件的外形及结构按 1:1 的实际尺寸划在图板上，这一真实图形称为模线。模线在生产中是飞机外形和结构的原始标准。然后再按模线制出表示零件真实形状的样板，所以样板是零件形状和尺寸的刚性量具。在生产中用以制造和检验工艺装备或用以直接制造和检验零件。

第一节 样板的种类和名称

钣金工常用样板见表 2-1。

表2-1 常用样板种类和名称

序号	样 板 名 称	样 板 简 称
1	外形样板	外 形
2	内形样板	内 形
3	展开样板	展 开
4	切面样板： 反切面内样板 切面内样板 反切面外样板 切面外样板	反 切 内 切 内 反 切 外 切 外
5	弯曲样板	弯 曲
6	专用样板	专 用
7	切割钻孔样板	切 钻
8	毛料样板	毛 料
9	铣切样板	铣 切

第二节 样板的主要特点和用途

一、外形样板

(一) 外形样板的取法

腹板为平面形状的弯边零件或无弯边零件，一般取外形样板。样板外形取在零件的外形交叉线上，见图 2-1。

双向弯边零件，外形交叉线不在同一平面内，见图 2-2。

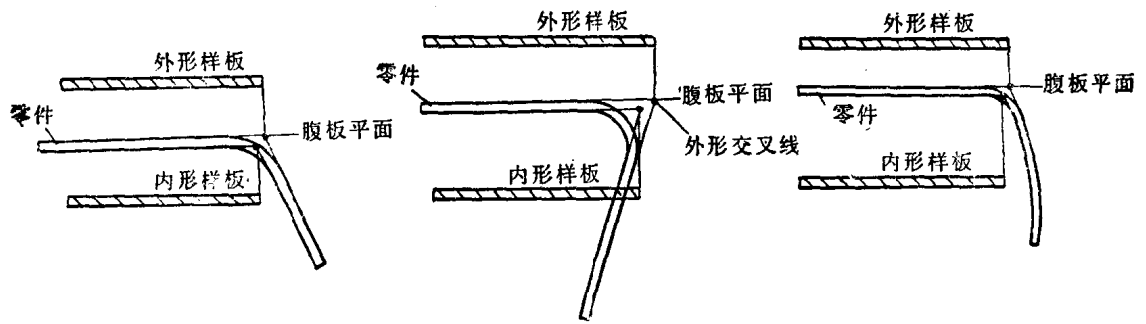


图2-1 外形样板取法

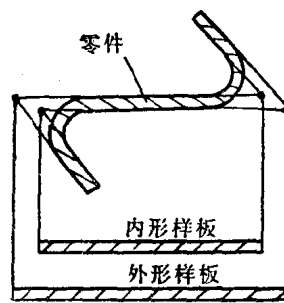


图2-2 双向弯边零件

腹板平面有下陷的零件，外形交叉线取在较高的一个平面上，见图 2-3。

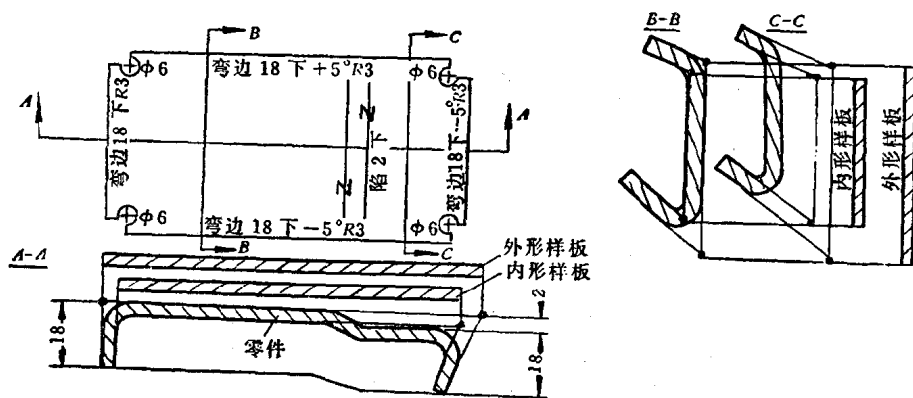


图2-3 带下陷的零件

包边零件，外形交叉线取在外层包边处，见图 2-4。

卷边零件，外形交叉线取在直角时的状态，见图 2-5。

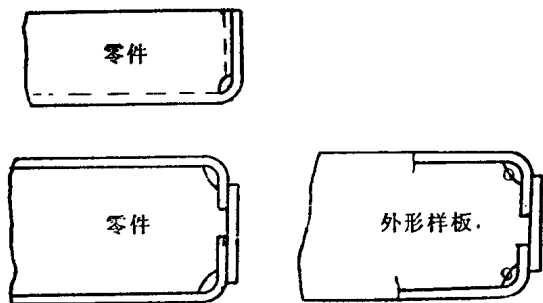


图2-4 包边零件

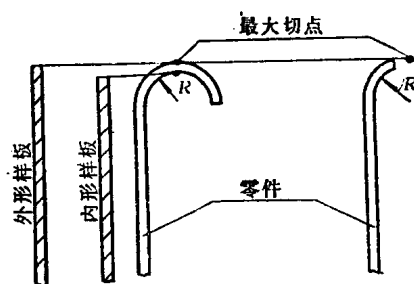


图2-5 卷边零件

标准型材零件，外形交叉线均取在直角时的状态，其等宽外形不受斜角变化的影响，见图 2-6。

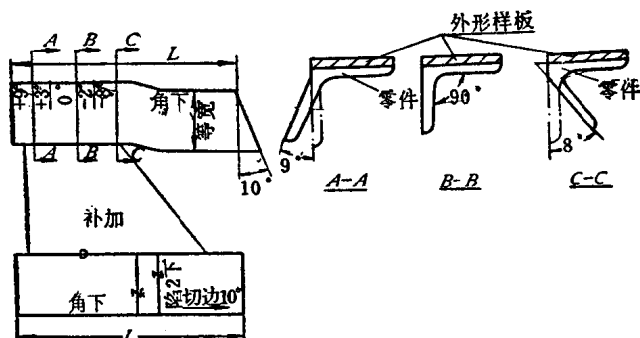


图2-6 标准型材零件

(二) 外形样板的用途

- 1) 制造内形样板，展开样板；
- 2) 制造零件的检验模；
- 3) 制造弯曲模的阴模；
- 4) 检验零件外形。

二、内形样板

(一) 内形样板的取法

内形样板的外形，是表示零件弯边的内表面与腹板平面的内形交叉线，见图 2-1 至图 2-6。

内形样板和外形样板之间差值 a ，见图 2-7，按下式计算：

$$a = \operatorname{tg} \left(\frac{90^\circ \pm M^\circ}{2} \right) \cdot \delta$$

$$= \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \cdot \delta$$

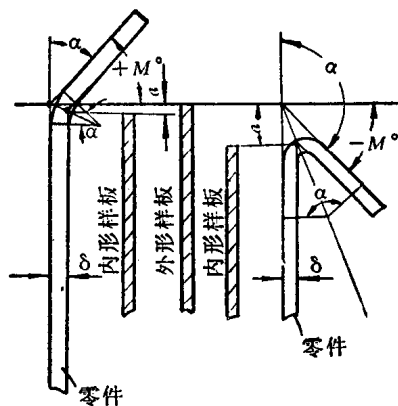


图2-7 内、外形差值

式中 δ ——零件厚度，
 M° ——弯边斜角，
 α ——弯边角度。
 开斜角 $\alpha = 90^\circ - M^\circ$ ，
 闭斜角 $\alpha = 90^\circ + M^\circ$ 。

(二) 内形样板的用途

制造型胎、压型模和弯曲模的阳模。

三、展开样板

展开样板是零件的展开形状，简单零件按计算方法制造，复杂零件按展开件制造。展开样板主要是下料和制造下料模及铣切样板用。

四、切面样板

切面样板是表示零件切面形状。

(一) 切面样板种类 (见图2-8)

切外和反切外具有同一外缘，但形状相反。

切内和反切内具有同一外缘，但形状相反。

(二) 切面样板的用途

切外：制造阴模。

反切外：检验零件外形。

切内：检验零件内形。

反切内：制造阳模。

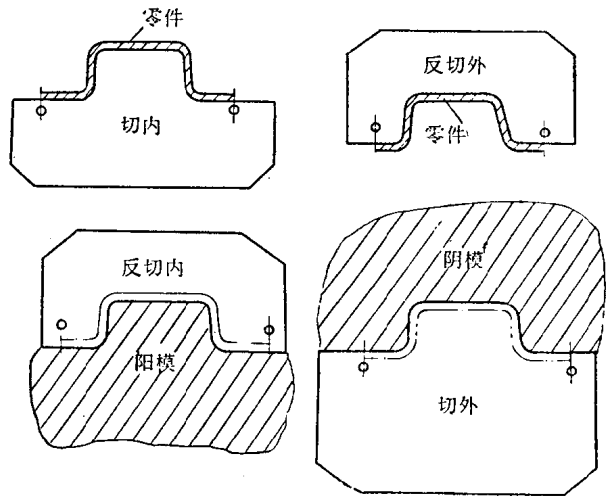


图2-8 切面样板的种类

零件腹板面有弯折或单曲度零件，样板的工作边对零件的内外缘能公用，取弯曲样板。

弯曲样板主要是用以制造弯曲模和检验零件。

六、专用样板

专用样板是在零件加工过程中，某一工序专门用的样板。如钻零件腹板面上的工艺孔、装配孔，或制长桁缺口冲模等采用的专用样板。

七、切钻样板

在成批生产中，用于切割弯边和钻孔的样板。使用时套在零件上，划出切割线和冲出孔的中心点。

八、毛料样板

复杂零件，不能下展开料时，选用毛料样板下料。毛料样板一般用铝板制造，数量大、刚性差的零件有时可用钢板复制。

九、铣切样板

在钣金铣床和回臂铣床上，铣切下料用，一般用钢板和木质铆接而成。铣切样板按展开样板或毛料样板制造。

第三节 样板的标记符号

样板的标记符号，结合样板的外形，表达出零件及工装的立体形状和特征，作为零件工装制造和检验的依据。样板的标记符号可分为基本符号和专用符号两类。

一、基本标记符号

样板基本标记符号是表示样板基本特征的标记，打在样板正面。基本符号有以下标记：

- 1) 机型代号；
- 2) 样板简称；
- 3) 产品图号；
- 4) 零件的材料牌号；
- 5) 左件或右件；
- 6) 每机数量；
- 7) 样板成套数量，每个样板的编号（仅切面样板有编号）；
- 8) 工号；
- 9) 制造日期；
- 10) 制造厂代号。

二、专用标记符号

专用标记符号是表示零件或工装几何形状和使用、制造、工艺特征的标记。专用标记符号分三类：

1. 表示零件或工装几何形状的标记符号，见表 2-2。

表 2-2 零件几何形状标记符号

名称	标记符号示例	简 图 和 主 要 说 明	应用范围
单	弯边16上-2°R3		外形
弯	弯边斜20上+25°R3		内形
边	弯边18上R3		外形
	焊边18上		

(续)

名称	标记符号示例	简图 和 主要说明	应用范围
多 次 弯	弯边18上+5°+5上-5°R3 弯边20下+8上R3 弯边16上+6上E2		外形 内形
弯 边	弯边16下+弯边上E3 弯边16上+弯边下E3		外形
弯 边 变 化	弯边15→30下R3 弯边下 最大弯边30下R3 无边		外形 内形