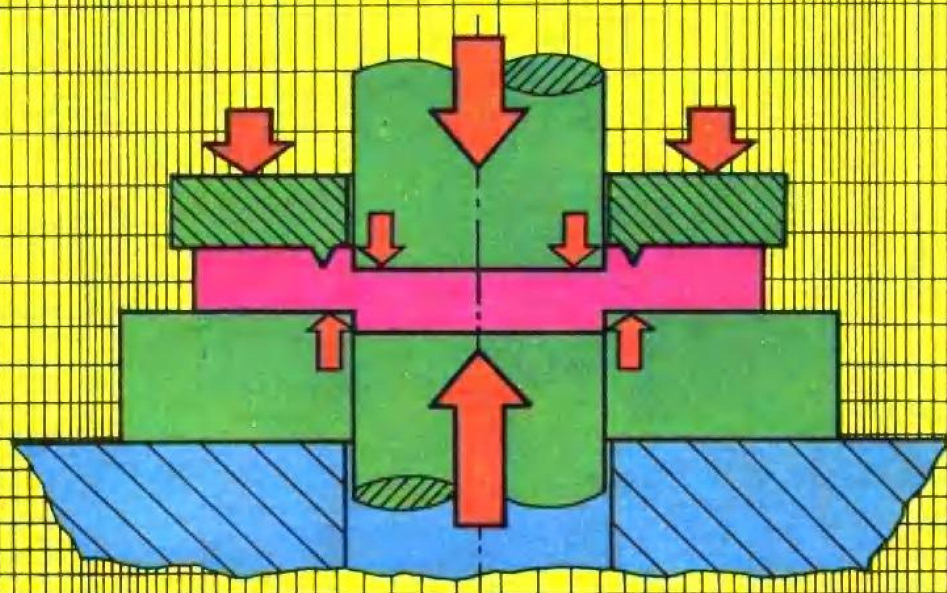


# 技术冲精

JING CHONG JI SHU



周开华 等 编译 韩宗信 等 校 国防工业出版社 出版

# 精 冲 技 术

周 开 华 等 编 译

韩 宗 信 等 校

國 防 工 業 出 版 社

---

## 内 容 简 介

精冲是一种精密加工工艺，具有生产率高，零件质量好，成本低等优点。

本书主要根据瑞士 Feintool 公司的精冲资料，并收集了国外其它一些资料，综合编译而成。全书共分四部分：精冲工艺——介绍了精冲工作原理，精冲零件的工艺性，精冲零件的公差，精冲材料应具有的特性；精冲模设计——包括精冲模类型介绍，模具零部件设计，压力计算及精冲间隙的确定等；模具制造——主要介绍了电蚀法和线切割法工艺，以及模具的表、热处理；最后一部分介绍了精冲压床的分类、特点及有关国家精冲压床的性能。

文字浅显易懂。

本书适于从事精冲工作的技术人员和工人阅读。

## 精 冲 技 术

周 开 华 等 编 译

韩 宗 信 等 校

\*

国防工业出版社 出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

\*

787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 印张 9 205千字

1980年6月第一版 1980年6月第一次印刷 印数：00,001—11,600册

统一书号：15034·1928 定价：0.99元

## 前 言

精冲是在普通冲裁的基础上发展起来的一种精密加工工艺。它具有生产效率高、零件质量好和成本低等许多优点。在电器、汽车、仪器仪表、打字机、计算机、缝纫机和照相机等行业中，已得到广泛应用。

精冲工艺可以冲制具有相对料厚很小的孔、细长的窄槽、小圆角的突起等普通冲裁达不到的工艺难度较大的零件。此外，还可以与弯形、沉孔、压印、冷锻等工艺复合，生产厚度不同的精冲件，从而突破了一般冲压，基本上是板料平面成形的范围。

近十年来，国外精冲技术发展较快。很值得我们重视和学习。目前，国内精冲工艺虽然在一些行业中已初步推广和应用，并取得了一定的经验。但是与国外先进技术相比，无论在精冲零件质量、模具制造、精冲材料及精冲设备等方面，都存在着一定的差距。但是，我们坚信：在我国全体人民的共同努力下，我国的科学技术事业必将迎接一个明媚的春天，在我们走过的道路两旁必将是春花怒放。

本书主要是根据瑞士 Feintool 公司的精冲资料，并收集了其它一些资料综合编译而成。全书共分四部分：精冲工艺，精冲模具设计，精冲模具制造和精冲压床。可供从事精冲工作的技术人员和工人同志们参考。

本书由周开华同志执笔。陆幸福、张继忠、刘寿华、庞振发和齐翔宪等同志参加了翻译工作。韩宗信、许定亚、杨怀德、刘世芳、杨春庆和关秀岳等同志校对了书稿。

本书在编写过程中，承有关单位的领导和同志们的大力支持和帮助，特在此致谢。

编译者

一九七九年一月

# 目 录

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 第一章 精冲工艺 .....             | 1  |
| § 1-1 精冲工作原理 .....         | 1  |
| 1. 精冲特点 .....              | 1  |
| 2. 精冲过程 .....              | 2  |
| § 1-2 精冲零件的工艺性 .....       | 3  |
| 1. 圆角半径 .....              | 4  |
| 2. 环形件壁厚 .....             | 4  |
| 3. 孔径与孔边距 .....            | 5  |
| 4. 槽宽及槽边距 .....            | 6  |
| 5. 齿形 .....                | 7  |
| 6. 悬臂和凸耳 .....             | 8  |
| 7. 形状的过渡 .....             | 8  |
| 8. 弯曲 .....                | 9  |
| 9. 折弯 .....                | 9  |
| 10. 沉头孔 .....              | 10 |
| 11. 半冲孔 .....              | 14 |
| 12. 压印和压扁 .....            | 14 |
| § 1-3 精冲零件公差 .....         | 15 |
| § 1-4 精冲零件质量 .....         | 16 |
| 1. 剪切表面质量 .....            | 16 |
| 2. 平直度 .....               | 16 |
| 3. 角度公差 .....              | 16 |
| 4. 塌角 .....                | 17 |
| 5. 毛刺 .....                | 17 |
| 6. 剪切表面缺陷原因及其消除方法 .....    | 18 |
| 7. 精冲剪切表面规范及其表示方法 .....    | 20 |
| § 1-5 精冲材料 .....           | 21 |
| 1. 对精冲材料的基本要求 .....        | 21 |
| 2. 精冲材料的种类及其机械性能 .....     | 23 |
| 3. 精冲时的冷作硬化 .....          | 28 |
| 第二章 精冲模设计 .....            | 34 |
| § 2-1 精冲压力的计算 .....        | 34 |
| 1. 冲裁力 .....               | 34 |
| 2. 压边力 .....               | 34 |
| 3. 反压力 .....               | 35 |
| 4. 退料力和顶件力 .....           | 35 |
| 5. 压力中心 .....              | 36 |
| § 2-2 精冲间隙 .....           | 37 |
| § 2-3 模具工作零件尺寸和公差的注法 ..... | 38 |
| § 2-4 排样与搭边 .....          | 39 |
| § 2-5 齿圈尺寸 .....           | 40 |
| 1. V形环的作用 .....            | 40 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 2. V形环的分布 .....               | 40  |
| 3. V形环的形状及参数 .....            | 41  |
| § 2-6 模具的润滑 .....             | 43  |
| § 2-7 模具结构 .....              | 46  |
| 1. 精冲模的结构形式 .....             | 46  |
| 2. 精冲模零部件设计 .....             | 53  |
| § 2-8 模具材料的选择 .....           | 68  |
| 1. 选择条件 .....                 | 68  |
| 2. 材料种类 .....                 | 68  |
| 第三章 模具制造 .....                | 74  |
| § 3-1 概述 .....                | 74  |
| § 3-2 电蚀法 .....               | 75  |
| 1. 概述 .....                   | 75  |
| 2. 凹模和压边圈的电蚀 .....            | 77  |
| 3. 压边圈环齿的电蚀 .....             | 83  |
| 4. 冲裁凸模和顶件板的电蚀 .....          | 85  |
| 5. 电蚀精加工尺寸的反推算法简介 .....       | 88  |
| 6. 电蚀凹模和压边圈的时间图表 .....        | 89  |
| § 3-3 线切割法 .....              | 90  |
| 1. 概述 .....                   | 90  |
| 2. 线切割工艺 .....                | 91  |
| 3. 机床最佳调整的测定 .....            | 97  |
| 4. 试切工件 .....                 | 99  |
| 5. 修正输入值 .....                | 99  |
| 6. 废料的固定方式 .....              | 99  |
| 7. 凸模的安装 .....                | 99  |
| 8. 线切割时间图表 .....              | 102 |
| § 3-4 模具热处理及表面处理 .....        | 102 |
| 1. 模具热处理 .....                | 102 |
| 2. 模具的表面处理 .....              | 104 |
| § 3-5 模具的装配和检验 .....          | 106 |
| 1. 模具的总装配过程 .....             | 106 |
| 2. 模具的检验 .....                | 117 |
| 第四章 精冲压床 .....                | 130 |
| § 4-1 Feintool 公司精冲压床分类 ..... | 130 |
| § 4-2 Feintool 公司精冲压床特点 ..... | 130 |
| 1. 传动原理 .....                 | 130 |
| 2. 传动精度 .....                 | 133 |
| 3. 床身结构 .....                 | 134 |
| 4. 压床附件 .....                 | 134 |
| § 4-3 国外精冲压床生产概况 .....        | 135 |
| 主要参考资料 .....                  | 138 |

# 第一章 精 冲 工 艺

## § 1-1 精冲工作原理

精密冲裁工艺简称精冲。

精冲是在普通冲裁的基础上发展起来的一种精密加工工艺。它能在一次冲压行程中获得精度高、光洁度好、翘曲小、垂直度和互换性好的高质量冲压零件。由于剪切表面光洁而且尺寸精密，故可直接用作机器零件的工作面。

### 1. 精冲特点

精冲和普通冲裁不同，其主要的工艺特点是：

1) 普通冲裁是单向受力，而精冲则是三向受力。如图 1-1 所示，普通冲裁是在单动压床上进行，零件的剪切表面上有拉应力存在，因而出现弯曲—拉伸—撕裂现象。故零件只有  $1/3$  是纯剪切表面（即光亮带），其余是撕裂面（即粗糙面）。而精冲则不然，它是在三动（冲裁力、压边力和反压力都可单独调整）压床和带有特殊结构的精冲模具上进行的。在冲裁过程中，凸模接触材料之前，压边圈 V 形齿已压入材料，并在三角形的内面产生横向侧压力以阻止材料在剪切表面内撕裂和金属的横向流动。随着凸模压入材料的同时，顶件板的反压力也将材料压紧，并在压紧状态下进行冲裁。故剪切区内的金属处于三向压应力状态（即静水压），从而提高了金属材料的塑性。此时，材料就沿着凹模的形状呈纯剪切的形式被冲裁下来，在整个材料厚度上无撕裂现象，其剪切表面全部是光洁的。

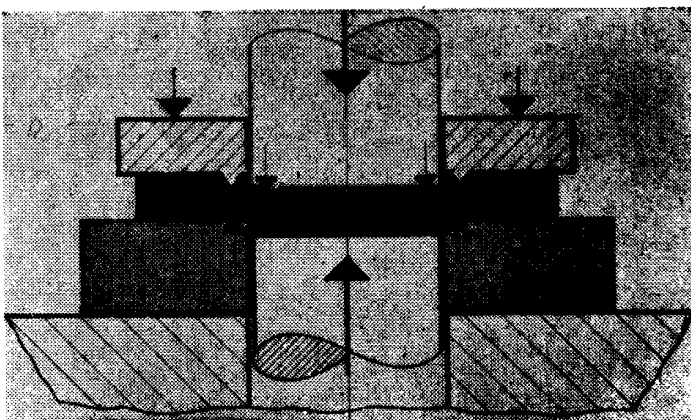
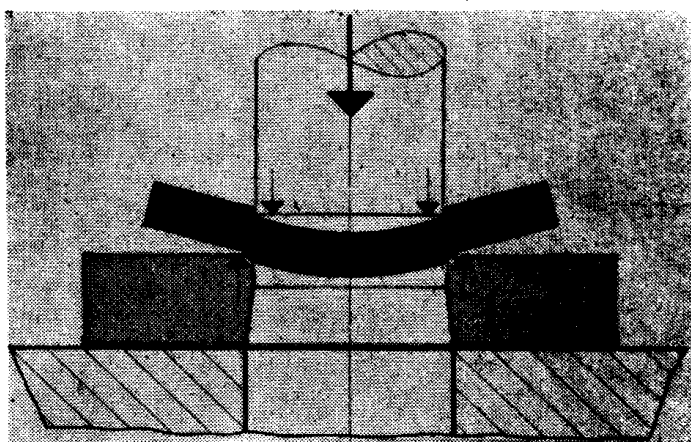


图1-1 精冲与普通冲裁的比较  
(a) 普通冲裁；(b) 精密冲裁。

2) 普通冲裁时凸模和凹模之间的间隙值大，精冲时的间隙值小。

精冲时采用小间隙，主要使材料变形区的三向压力增高，促使剪切区金属的塑性流动，避免普通冲裁时的撕裂现象。一般来说，普通冲裁的双向间隙值为材料厚度的  $5\sim 10\%$ ，而精冲的双向间隙值则约为材料厚度的  $0.5\sim 1\%$ 。图 1-2 为普通冲裁与精冲时的间隙

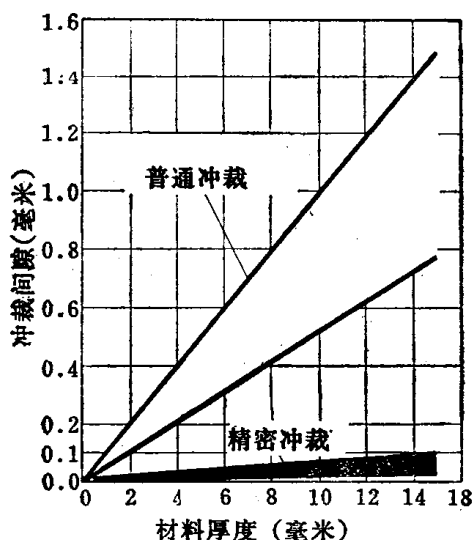


图1-2 普通冲裁与精冲时的间隙范围

范围。

3) 普通冲裁模凹模刃口是锋利的，而精冲则采用较小圆角的凹模刃口。这主要是减少了刃口的应力集中，推迟了裂纹发生期，同时增大了压缩力，加强了对剪切表面的挤压作用，从而提高剪切表面的光洁度。

根据瑞士 Hydrel 公司资料，凹模圆角大小与材料厚度、材料质量有关（图 1-3）。

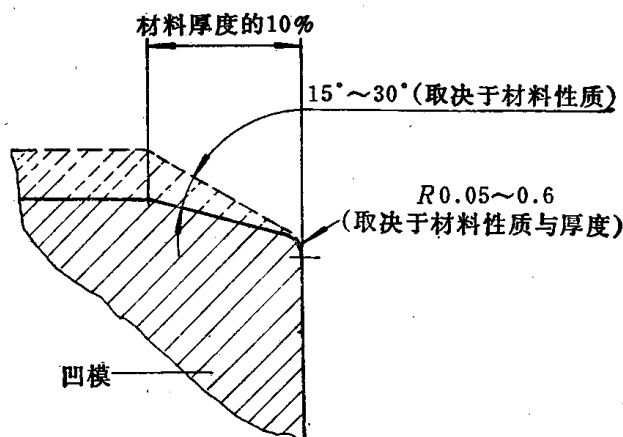


图1-3 凹模圆角半径

4) 由于精冲材料直接影响精冲件的剪切表面质量、尺寸精度和模具寿命，所以精冲对材料的要求是比较严格的。适合精冲的材料必须具有良好的可塑性，较大的变形能力和良好的组织结构。

5) 精冲时模具工作部分的润滑是十分重要的，它有助于提高零件的光洁度和模具的寿命。对润滑剂要求具备下列特性：高的耐压力、良好的抗高温性能、中性的化学特性。

## 2. 精冲过程

图 1-4 所示为精冲全过程：

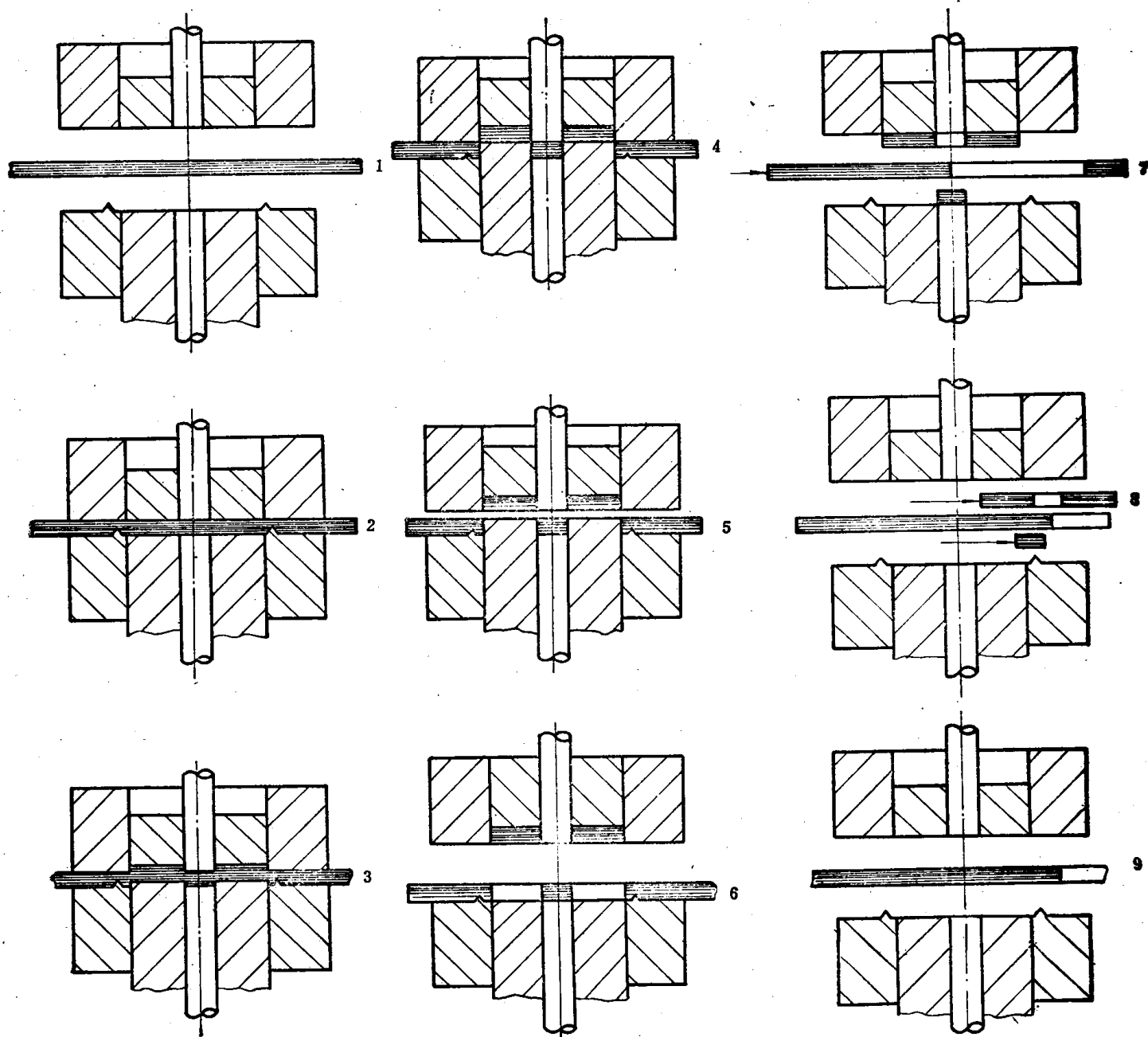


图1-4 精冲过程

1. 模具开启，送料；2. 模具闭合，V形压边圈和反压板压紧材料；3. 零件在完全压紧的状态下冲裁；4. 滑块行程结束，零件及废料分别进入凹模及凸模；5. 模具开启，压力释放；6. 卸料，顶料；7. 顶出零件，开始送料；8. 吹出零件及废料；9. 准备下一个零件的冲裁。

### § 1-2 精冲零件的工艺性

精冲零件结构的工艺性，主要是指除保证零件的技术和使用要求外，并在一定的批生产条件下在制造上应最简单最经济。因此，在设计精冲零件时，必须对零件形状、尺寸及材料选择等方面提出具体要求。

精冲零件的结构因素——最小圆角半径、壁厚、边宽、最小冲孔尺寸、冲齿模数等与零件形状、尺寸、材料厚度、材料种类及其机械性能、压床刚度等因素有关。它直接影响剪切表面质量、零件精度、塌边大小、模具设计及模具寿命。

一般将精冲件加工难度分为三个等级（图 1-5～图 1-10）：

$S_1$ ——为简单的, 适于精冲材料抗剪强度为 70 公斤/毫米<sup>2</sup>;  $S_2$ ——为中等的, 适于精冲材料抗剪强度为 53 公斤/毫米<sup>2</sup>;  $S_3$ ——为复杂的, 适于精冲材料抗剪强度为 43 公斤/毫米<sup>2</sup>。在  $S_3$  以下范围则不适于精冲。

### 1. 圆角半径

精冲零件应力求避免凸出的尖角。因为过小的圆角半径会使零件剪切表面上产生撕裂和模具相应部分应力集中及严重磨损。

圆角半径大小, 一般取  $AR=ar$ ,  $IR=ir$ ;  $IR=0.6AR$ ,  $ir=0.6AR$ 。例如, 料厚  $S=3$  毫米, 工件角度  $\alpha=30^\circ$ , 最小圆角半径  $AR=1.45$  毫米, 则由图 1-5 中查得零件的加工难度介于  $S_2 \sim S_3$  之间。

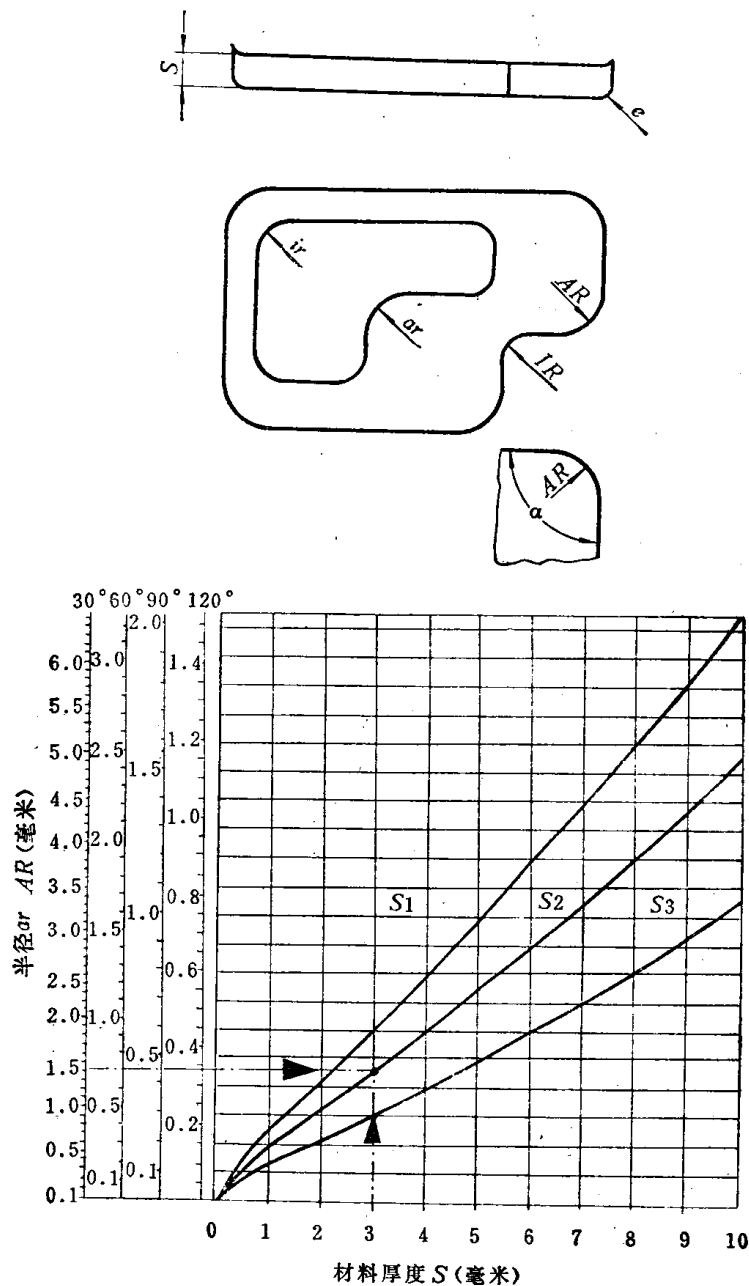


图1-5 圆角半径

### 2. 环形件壁厚

环形件最小壁厚一般取  $a=0.6S$ 。例如, 料厚  $S=6$  毫米,  $a=6$  毫米, 则由

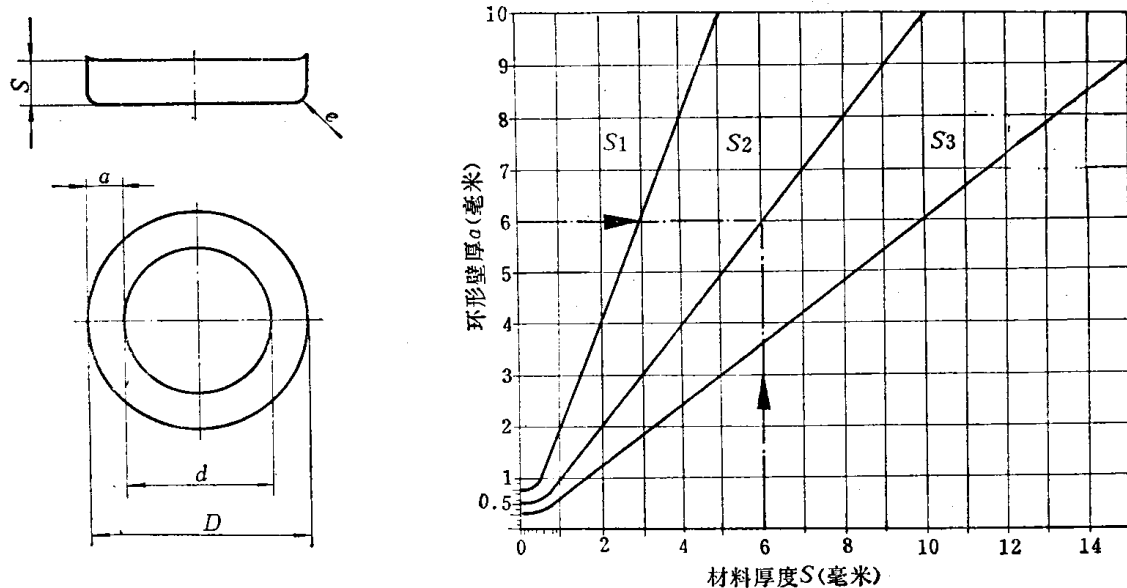


图1-6 环形件壁厚

图 1-6 中查得零件的加工难度介于  $S_2 \sim S_3$  之间。

### 3. 孔径与孔边距

最小孔径一般取  $d = 0.6S$ ，边距  $a = 0.6S$ 。亦可由图 1-7 求得。例如料厚  $S = 5$  毫米，最小孔径  $d_{\min} = 3.5$  毫米，最小边距  $a_{\min} = 3.5$  毫米。则由图 1-7 中查得零件的加工难度为  $S_3$ 。

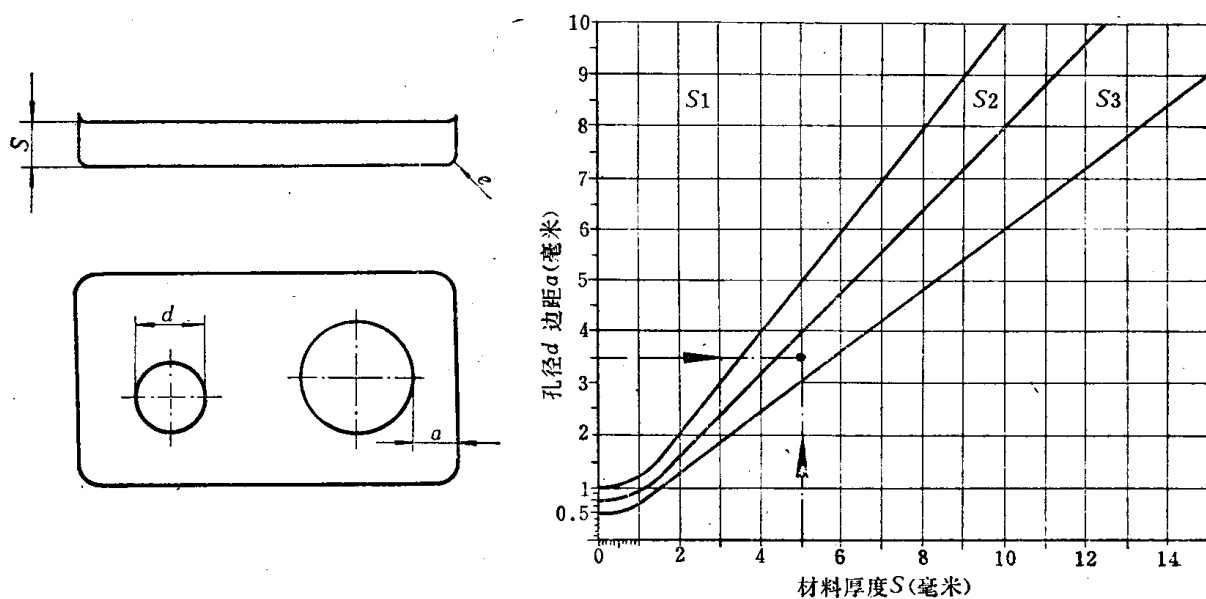


图1-7 孔径及孔边距

最小孔径的理论计算可由冲孔凸模上允许承受的最大压应力来校核：

$$\sigma_d = \frac{P}{F} = \frac{4\pi d S \tau}{\pi d^2} = \frac{4S\tau}{d} \leq [\sigma_d]$$

即

$$\frac{d}{S} = \frac{4\tau}{\sigma_d}$$

式中  $[\sigma_d]$ ——凸模许用压应力 ( $[\sigma_d]=160\sim180$ ), 公斤/毫米<sup>2</sup>;

$P$ ——理论冲裁力, 公斤;

$F$ ——凸模最狭窄处的断面积, 毫米<sup>2</sup>;

$d$ ——凸模直径, 毫米;

$S$ ——料厚, 毫米;

$\tau$ ——抗剪强度, 公斤/毫米<sup>2</sup>;

$\sigma_d$ ——凸模承受的压应力, 公斤/毫米<sup>2</sup>。

#### 4. 槽宽及槽边距

最小槽宽尺寸, 按经验数值一般取  $a_{\min}=0.6S$ ,  $b_{\min}=0.6S$ , 亦可由图 1-8 中求得。

例如料厚  $S=5$  毫米,  $a_{\min}$  或  $b_{\min}=4$  毫米,  $l_{\max}=48$  毫米。则由图 1-8 中查得零件的加工难度为 S3。

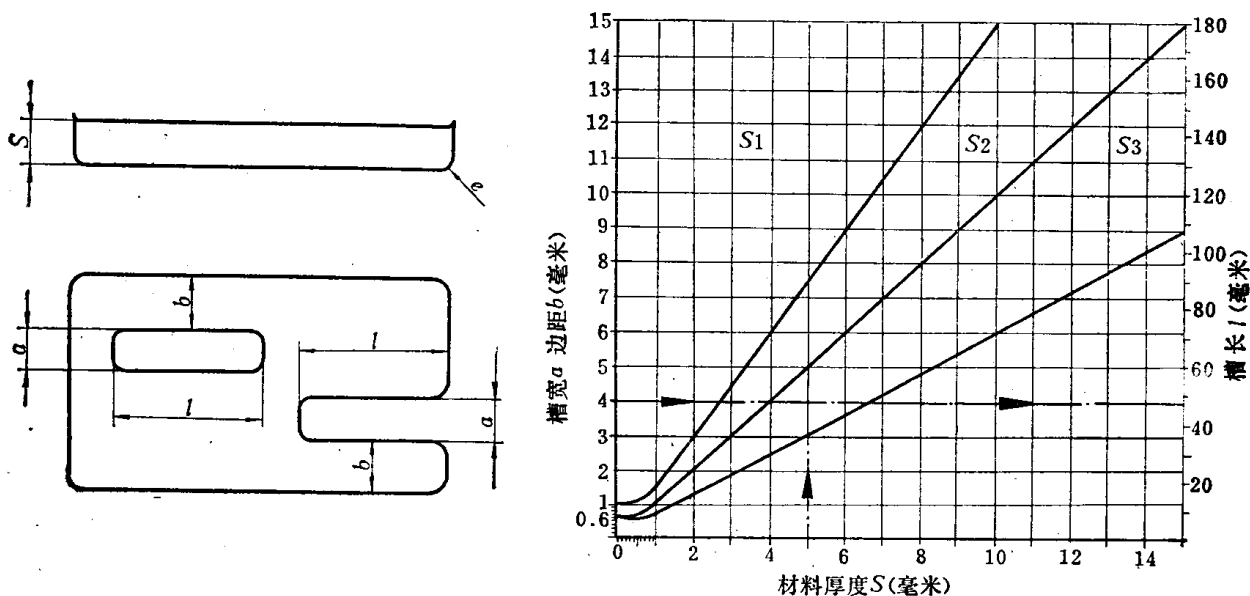


图1-8 槽宽及槽边距

根据上述冲圆孔的原则, 可计算出槽宽的极限尺寸。不过由于冲槽凸模上应力分布较冲孔凸模更为不利, 而对凸模的疲劳强度有很大影响。因此, 冲槽凸模的许用压应力必须采用较低值 ( $\sigma_d=120\sim140$  公斤/毫米<sup>2</sup>) 来进行计算:

$$\sigma_d = \frac{P}{F} = \frac{2lS\tau + 2aS\tau}{la} = \frac{2S\tau(l+a)}{la} \leq [\sigma_d]$$

即

$$\frac{a}{S} = \frac{2\tau(l+a)}{\sigma_d l}$$

若  $l \gg a$  时,  $\frac{l+a}{l} \approx 1$ , 则公式可简化为:

$$\sigma_d = \frac{2S\tau}{a}$$

即

$$\frac{a}{S} \approx \frac{2\tau}{\sigma_d}$$

式中  $l$  ——槽长, 毫米;

$a$  ——槽宽, 毫米;

其余符号意义同上。

### 5. 齿形

用精冲法生产齿轮时, 若节圆上的齿厚小于料厚, 则凸模齿上承受很高的压应力。因此, 对尺寸特别小的齿, 凸模上的平均压应力不应超过  $\sigma_d = 120$  公斤/毫米<sup>2</sup>。同时, 还必须考虑弯曲应力对凸模齿的影响, 而在极限情况下, 可能造成齿根的折断 (图 1-9)。

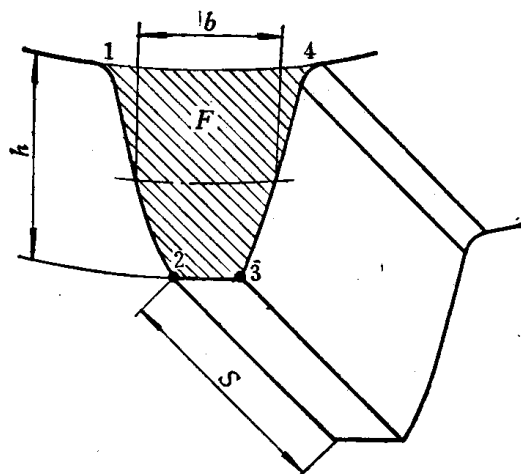


图1-9 精冲齿形时, 凸模负荷计算图

$$\sigma_d = \frac{P}{F} = \frac{(2h + b)S\tau}{h \times b} = \frac{\left(2 \times 2.16m + \frac{\pi m}{2}\right)S\tau}{2.16m \times \frac{\pi m}{2}} = 1.74 \frac{S\tau}{m}$$

即

$$m = 1.74 \frac{S\tau}{\sigma_d}$$

式中  $P$  ——每齿上的冲裁力, 公斤;

$F$  ——齿形面积 ( $F = h \times b$ ), 毫米<sup>2</sup>;

$m$  ——齿轮模数, 毫米;

$b$  ——齿厚 ( $b = \frac{\pi m}{2}$ ), 毫米;

$h$  ——齿高 ( $h = 2.16m$ ), 毫米;

$S$  ——材料厚度, 毫米;

$\tau$  ——抗剪强度, 公斤/毫米<sup>2</sup>。

图 1-10 为冲制齿形件时极限尺寸的选择图。例如材料厚度  $S = 4.5$  毫米, 最小模数  $m = 1.3$ 。则零件的加工难度为 S3。

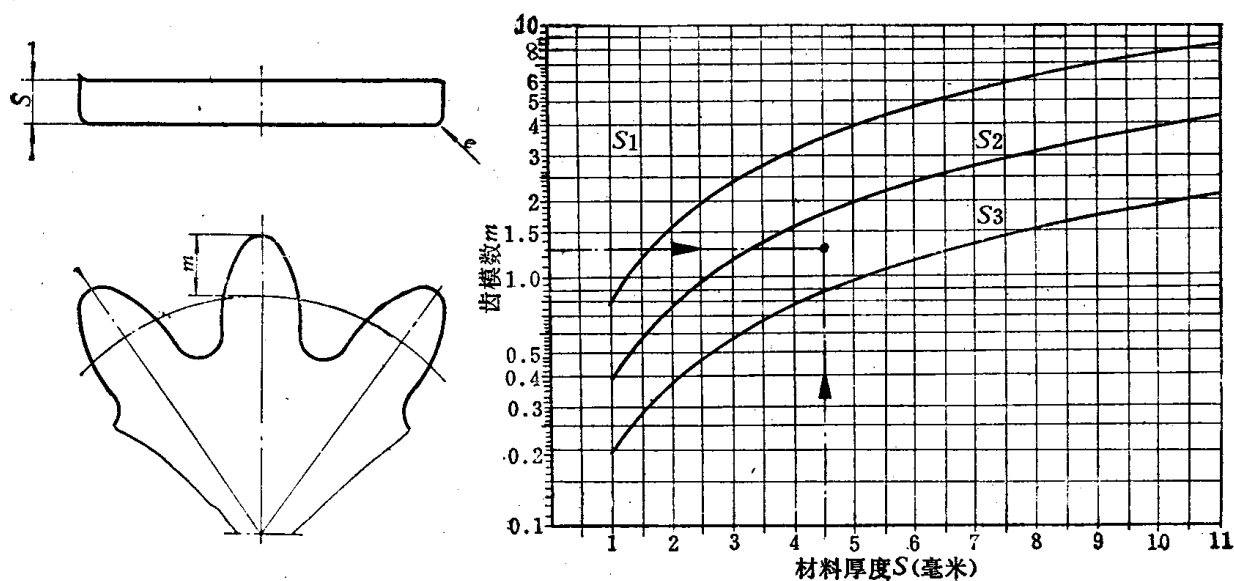


图1-10 精冲齿形

## 6. 悬臂和凸耳

冲槽的原理也适用于零件上窄长的悬臂 (图 1-11)。但是, 由于悬臂在精冲时使凸模产生较高的侧向压力, 因而影响凸模寿命, 故悬臂的最小宽度值可按图 1-8 中的最小槽宽确定, 并可增大 30~40%。

零件上的凸耳, 主要是指短而宽的凸起, 但突出长度不超过平均宽度的三倍, 故与冲齿形相似, 其最小宽度的极限值可以按图 1-10 中齿厚  $b$  来选取。

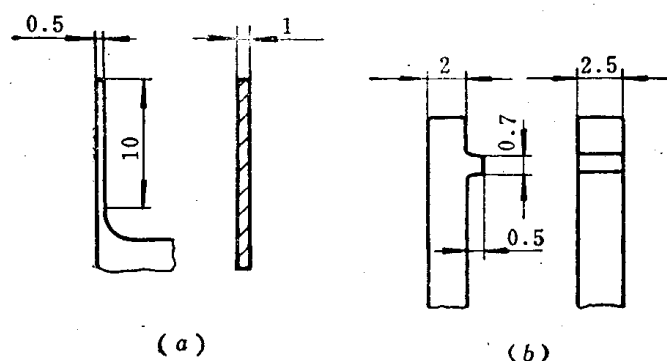


图1-11 悬臂和凸耳

(a) 凸耳最小宽度; (b) 凸耳长度小于料厚。

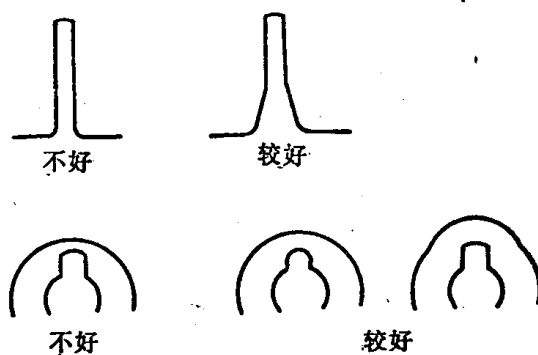


图1-12 精冲零件上的过渡形状

## 7. 形状的过渡

在冲裁过程中, 零件的两个紧邻部位受有相差很大的压应力是非常不利的。由于降低了抗疲劳强度, 所以断裂的危险很大。为了避免在小面积内有大的应力变动, 形状的过渡应尽可能的和缓。

从图 1-12 所示的两个实例中可以看出: 左上工件中窄长突出部是易于在根部损坏的。在工件主体与突出部之间的过渡处设置一个加大的锥形可以显著改善应力图——远优于用较大半径作弧形过渡。左下工件中, 内形的转角处构成一种特别严重损坏的危险。改善的办法是将工件内形轮廓做成圆形或者修正外轮廓。

## 8. 弯曲

当精冲件进行弯曲时, 要充分考虑材料的变形程度、弯曲半径和弯曲长度  $A$ 。因为它影响弯曲件的弯曲角、宽度  $b$  和凸出部分  $B$ 、尺寸  $A$  的公差及  $F$  面的平直度。零件弯曲时, 毛刺面  $G$  必须在凸模内侧, 以防止  $C$  处开裂 (图 1-13 a)。此类弯曲件, 要求在连续冲模上进行切口、弯曲和下料 (图 1-13 b)。

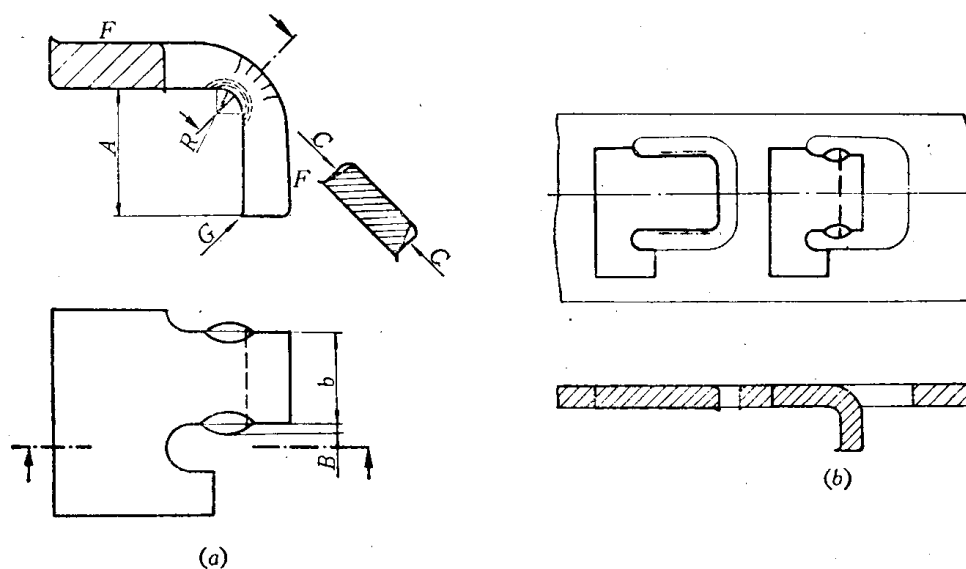


图1-13 弯曲零件

## 9. 折弯

如图 1-14 a 所示, 当  $a < S$  时, 仅在凸模和顶件板上制成与折弯零件相适应的形状, 而当  $a > S$  时, 凹模和压边圈上也应制成相适应的形状。

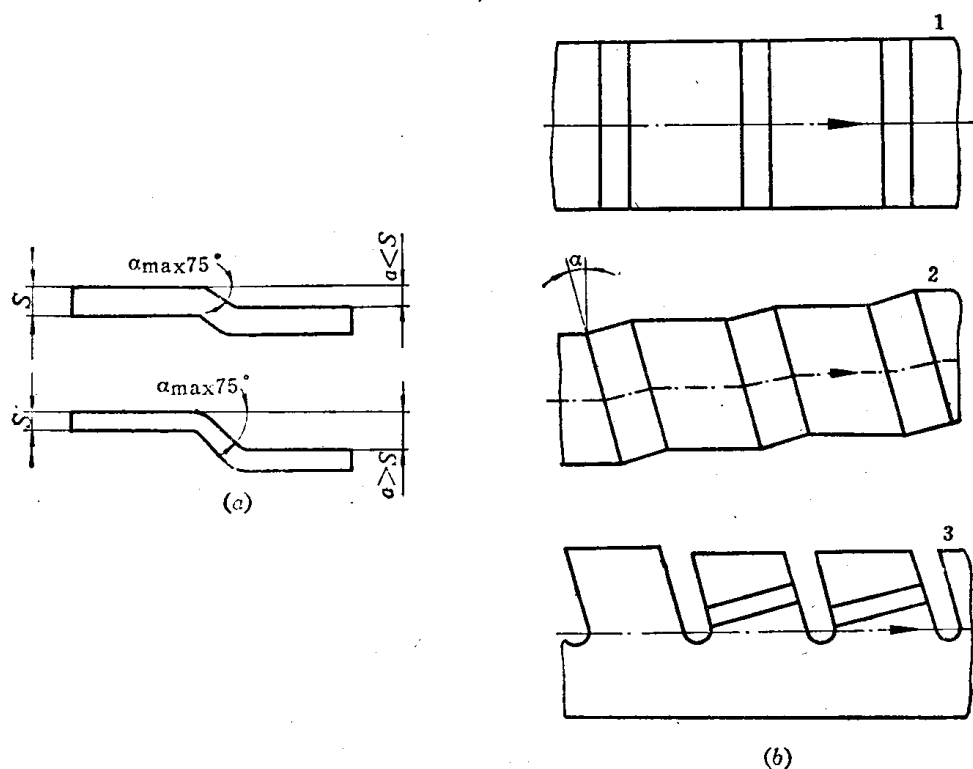


图1-14 折弯零件

(a) 最大的折弯角度  $\alpha_{\max}$ ; (b) 折弯时条料的变形情况。

折弯角  $\alpha$  应尽可能小。 $\alpha$  越大就难于在弯形区内得到光洁的剪切表面。目前一次冲压可得到的最大弯形角  $\alpha_{\max} = 75^\circ$ ，最大料厚为 6 毫米。

在设计此类模具时，必须注意：

1) 折弯零件一般是在复式冲模或连续冲模中进行冲压。

2) 模具设计时，要考虑防止模具断裂的安全装置。

3) 要特别注意条料折弯时的变形情况，如图 1-14 b 所示：1 —— 是正常的，折弯与送料方向垂直；2 —— 是不正常的，折弯与送料方向形成一个倾斜角  $\alpha$ ，此时条料侧面发生变形，在压床上不能继续进行送料；3 —— 如果折弯与送料方向需要形成一个倾角  $\alpha$ ，那么，板料在折弯前必须在前道工序（如连续冲模）中先冲出缺口。

## 10. 沉头孔

在精冲模具中用带有台肩的冲孔凸模可以冲制沉头孔。沉头孔的深度和沉孔角度的大小与材料厚度及其机械性能有关，它影响零件的平直度和圆柱度。图 1-15~图 1-21 是在塌角面或毛刺面上冲制锥形和圆柱形沉孔的示例，有关工艺参数可参看表 1-1。图 1-22 是沉头孔边缘的圆角及棱边形状。

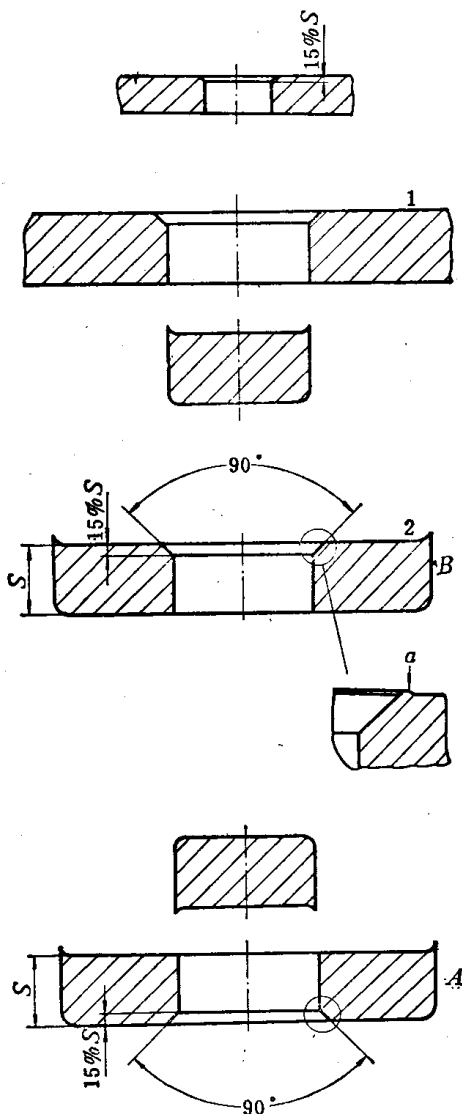


图1-15 精冲件的沉孔

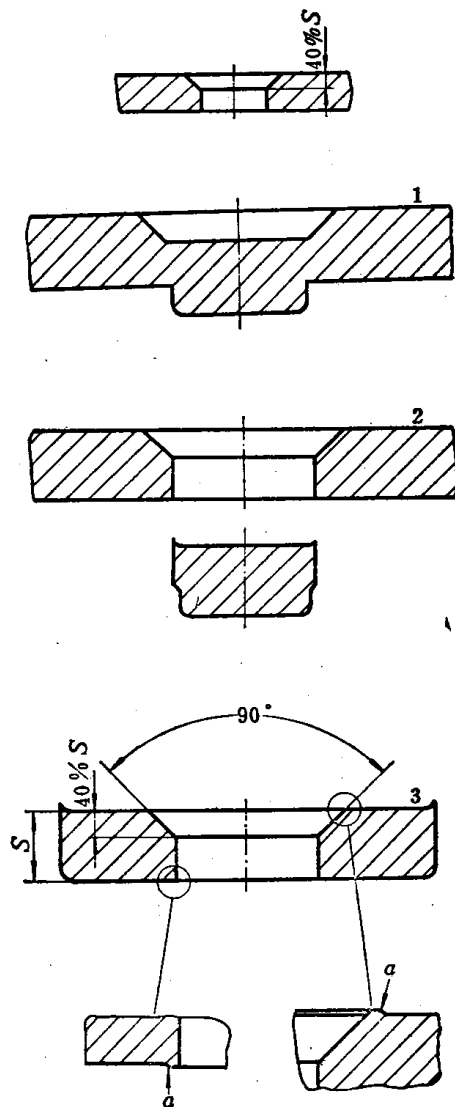


图1-16 精冲件的沉孔

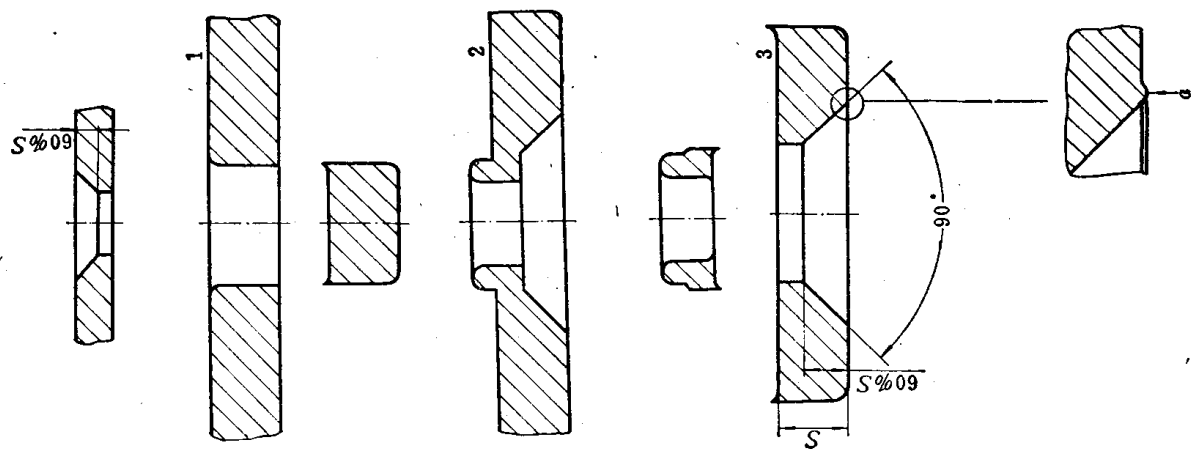


图1-19 精冲件的沉孔

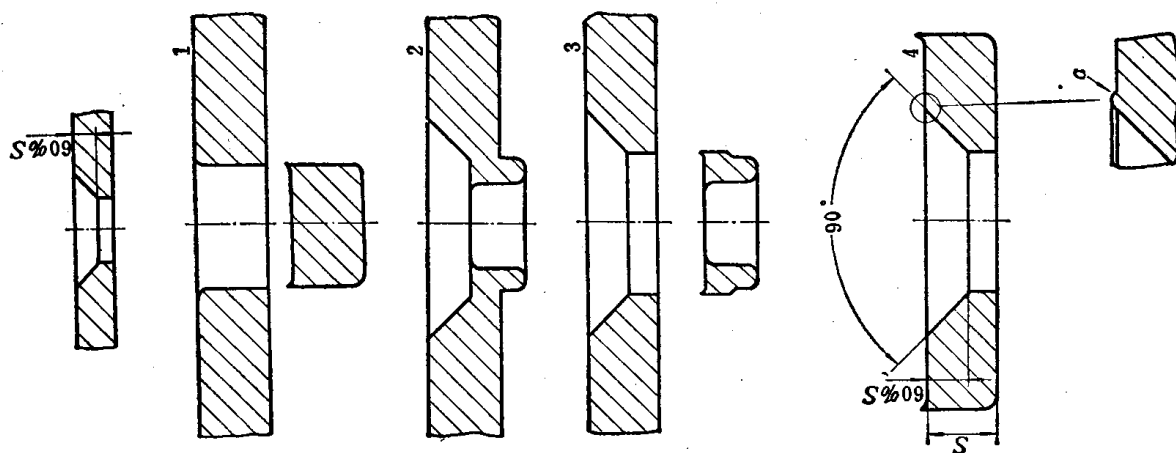


图1-18 精冲件的沉孔

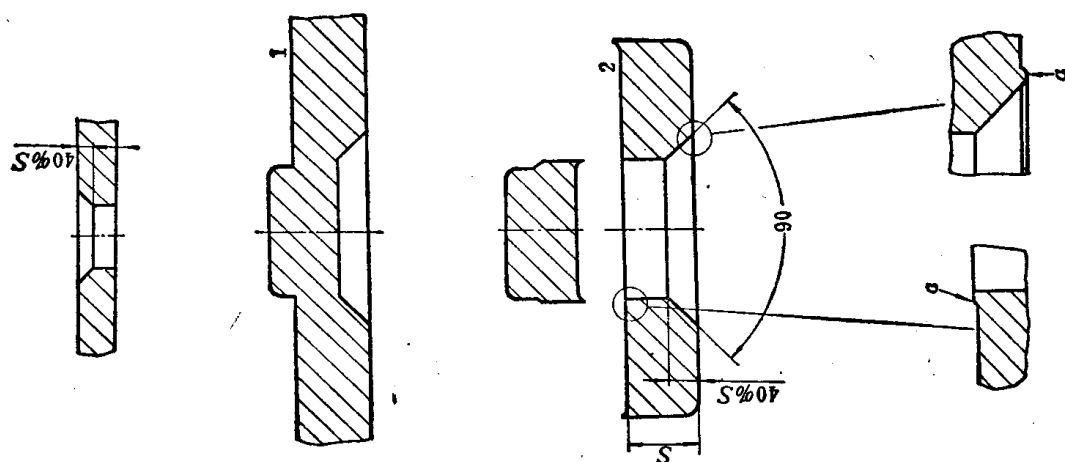


图1-17 精冲件的沉孔