

锻工手册共分十篇。第一篇，锻造用原材料及其准备；第二篇，金属加热及其设备；第三篇，锻压设备；第四篇，自由锻造；第五篇，胎模锻、锤上模锻和高速锤上模锻；第六篇，各种压力机上模锻；第七篇，轧制与旋转锻造；第八篇，锻件精整和热处理；第九篇，锻模的使用与制造要求；第十篇，锻工车间机械化装置与锻工安全技术。前五篇为上册，后五篇为下册，同时按篇出分册。

本分册为第八篇，内容包括切边与冲孔、精压与校正、锻件的冷却和热处理、锻件和坯料的清理以及锻件质量检验。

本手册供从事锻压生产方面的工人及技术人员使用，也可供锻压专业教学及科研人员参考。

本分册是由哈尔滨工业大学、西北工业大学、天津大学、重庆大学、哈尔滨第一机器制造厂、上海彭浦机器制造厂、第一汽车制造厂及北京锅炉厂等单位共同编写的。

锻 工 手 册

第 八 分 册

锻件精整和热处理

锻工手册编写组编

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ · 印张 $6^{5/8}$ · 字数 171 千字
1977年1月北京第一版·1977年1月北京第一次印刷
印数 00,001—23,000 · 定价 0.56 元

*

统一书号：15033·4320

目 次

第八篇 锻件精整和热处理

第一章 切边与冲孔	8-1
1 切边及冲孔力计算	8-3
2 切边凸模的固定及设计	8-3
一、凸模的固定	8-3
二、凸模设计	8-5
三、凸模与凹模的间隙	8-7
3 切边凹模的固定及设计	8-10
一、凹模的固定	8-10
二、凹模设计	8-12
4 脱飞边器	8-15
5 模座及紧固件	8-16
6 模具高度的计算	8-25
7 冲孔模	8-28
8 连续模	8-30
9 复合模	8-31
一、复合模工作过程	8-33
二、工艺参数的确定	8-33
三、复合模高度计算要点及主要零件高度计算	8-35
四、上、下模座	8-38
五、用于冲孔直径较小的复合模	8-38
第二章 精压与校正	8-44
1 精压	8-44
一、精压的分类	8-44
二、影响精压件精度的因素	8-45
三、精压件图与精压毛坯图(模锻件图)的制订	8-48
四、精压时所需压力的确定	8-53
五、精压件的缺陷	8-53
六、精压模具的特点及典型结构	8-54
2 校正	8-59
一、校正模膛的设计与注意事项	8-62
二、校正模的典型结构举例	8-66

第三章	锻件的冷却和热处理	8-70
1	锻件的冷却	8-70
2	锻件的热处理	8-75
	一、锻件的热处理种类及应用范围	8-76
	二、常用钢锻件热处理规范	8-79
	三、锻件热处理工艺的选用	8-111
	四、锻件余热热处理	8-127
第四章	锻件和坯料的清理	8-131
1	滚筒清理	8-132
2	振动光饰	8-134
	一、振动光饰机及辅助设备	8-135
	二、磨料与添加剂	8-137
3	喷砂、喷丸与抛丸清理	8-140
	一、喷砂(丸)与抛丸清理设备	8-141
	二、砂、丸材料和粒度尺寸的选择	8-147
4	酸洗	8-148
	一、硫酸和盐酸的酸洗过程及其比较	8-148
	二、酸洗附加剂	8-150
	三、酸洗工艺	8-151
	四、酸溶液浓度和亚铁盐含量的测定	8-155
	五、酸洗车间设备	8-159
5	热坯料的清理	8-162
	一、手工和机械式清理	8-162
	二、高压水清理	8-163
	三、水中放电清理	8-164
6	局部表面缺陷的清理	8-165
	一、风铲清理	8-165
	二、火焰切割与清理	8-166
	三、磨削清理	8-168
第五章	锻件质量检验	8-170
1	锻件缺陷的主要特征及其产生原因	8-170
2	锻件质量检验内容与各种检验方法	8-185
	一、锻件几何形状与尺寸检验	8-185
	二、锻件机械性能检验	8-190
	三、锻件表面质量检验	8-193
	四、锻件内部缺陷检验	8-196
	五、锻件微观(高倍)缺陷检验	8-205

第八篇 锻件精整和热处理

第一章 切边与冲孔

在开式锻模中模锻（不管是哪种设备上的模锻）时，模锻件的周围都有横向飞边。对于具有透孔的锻件（孔径大于40毫米时），在模锻后一般在孔内均有连皮。飞边和连皮都应从锻件上切除，这种工序通常称切边和冲孔。切边和冲孔常在切边压力机或摩擦压力机上进行。特别大的模锻件可采用液压机切边，胎模锻件有时就在锤上切边。

在热模锻压力机上模锻时，切边、冲孔可在模座上相应的镶块上进行。这样安排在机械化操作时是较优越的。在手工操作的情况下，将影响热模锻压力机的利用率。

切边与冲孔可在热态或冷态下进行。热切边和热冲孔是在模锻后利用锻件的余热立即进行。切边冲孔设备与模锻设备编在同一机组内，其优点是所需切边及冲孔力较小，锻件不易出现裂纹等缺陷；缺点是劳动条件差，对切边冲孔与模锻工序之间的配合要求较严，同时凸凹模的调整和修配也比较复杂。冷切边时切边设备可不编在模锻机组内，其优点是劳动条件好，凸凹模的调整和修配比较简单，单机生产率较高；缺点是所需设备吨位大，对高碳钢及高合金钢易出现裂纹等缺陷。

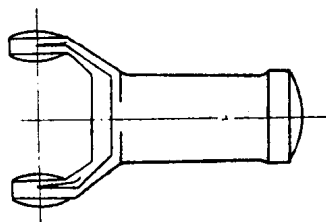


图8-1 叉形锻件

生产上根据锻件的材料、尺寸、车间设备等情况来选择热切边还是冷切边，可参考以下几点：（1）高合金钢和高碳钢锻件

必须在热态下切边与冲孔；(2) 含碳量在0.45%以下的碳钢或低合金钢锻件，当重量小于0.5公斤时，一般在冷态下切边与冲孔，而同样重量的低合金钢锻件可正火后冷切边与冲孔；(3) 对于大型锻件，即便是低碳钢也应采用热切边与热冲孔，以减小所需设备的吨位；(4) 当切边或冲孔后需采用热校正和弯曲工序时，宜采用热切边与热冲孔；(5) 当连皮较厚、冲头截面较小时，应考虑热冲，以防冲头弯曲或断裂；(6) 对叉形锻件(图8-1)，叉口内表面的毛刺不易打磨，变形也不易校正，如果设备吨位足够，最好用冷切。

切边和冲孔所用的模具按结构分有简单模、连续模及复合模三种。

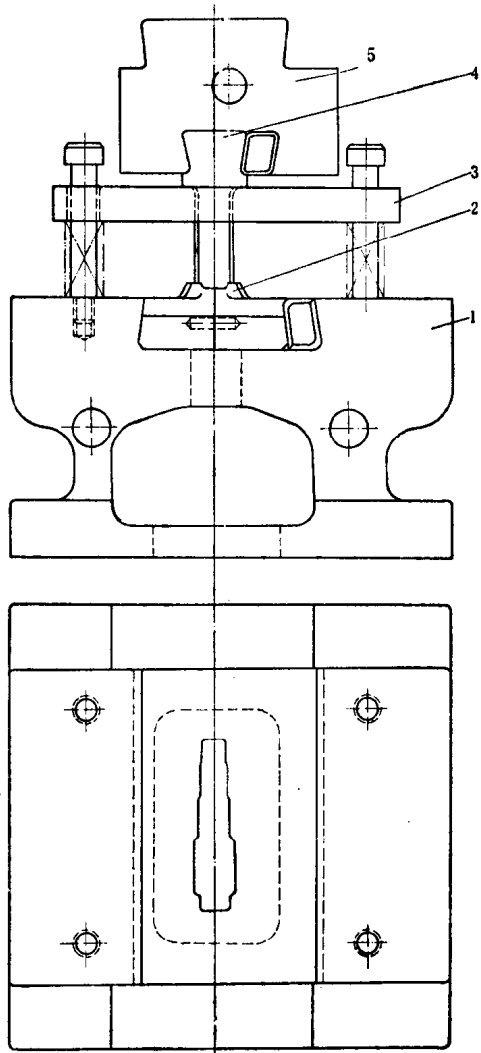


图8-2 刹车蹄片轴锻件切边模

1—下模座，2—凹模，3—脱飞边器，

4—凸模，5—上模座

简单模只用来完成切边或冲孔中的一种工序，结构简单、制造调整方便，当锻件批量不大时，多采用此种结构，如图 8-2 为刹车蹄片轴锻件切边模。连续模和复合模见本章后两节。

1 切边及冲孔力计算

切边或冲孔所需的力 P 可按下式确定：

$$P = (1.7 \sim 2.0) \sigma_b F$$

式中 σ_b ——切边温度下的强度极限（公斤/毫米²）；

F ——剪切面积（毫米²）。

在计算飞边及连皮剪切面积时要按飞边及连皮的实际厚度 $S_{\text{实}}$ （图 8-3）计算，然后按第三篇表 3-14 选择切边压力机。

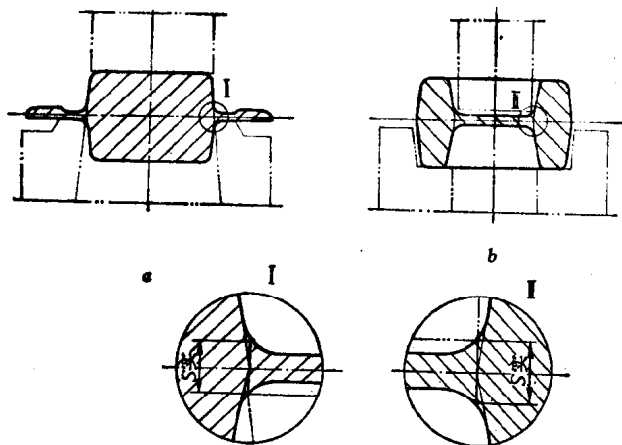


图8-3 飞边及连皮的实际厚度

a—飞边实际厚度，b—连皮实际厚度

2 切边凸模的固定及设计

一、凸模的固定

大型锻件切边用的凸模，可直接固定在压力机的滑块上。中

小型锻件切边用的凸模，一般固定在上模座上，然后再把上模座固定在切边压力机的滑块上。将凸模固定在上模座上的常用方法见图 8-4~5。图 8-4 中连接部分有关尺寸见表 8-1。图 8-4~5 中凸模宽度 B 及长度尺寸（图中未表示出）需根据锻件配制，高度尺寸 H 根据模具封闭高度计算（见本章 6）。图 8-5 中 h 尺寸根据设备按表 8-1 选择。

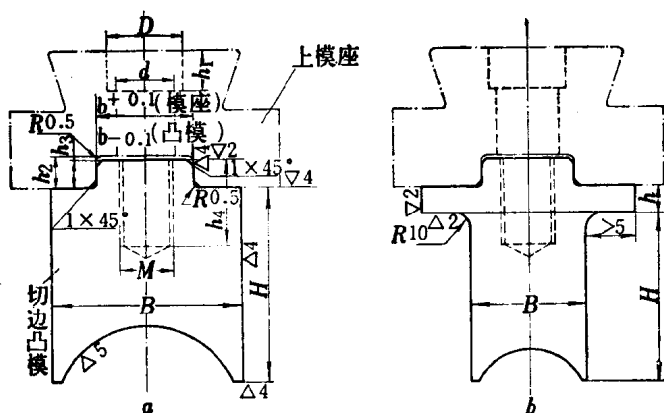


图8-4 凸模用键槽及螺钉固定

a—用于 $B > 50$ 毫米； b—用于 $B < 50$ 毫米（图中其余尺寸同图 a）

表8-1 凸模用键槽及螺钉固定时的连接尺寸（毫米）

压力机吨位 (吨)	M	D	d	h_1	h_2	h_3	h_4	b	h
<315	16	26	17	>18	7	6	35	25	15
>315~630	20	32	21	>22	10	8	45	32	20
>630~1250	24	38	25	>26	12	10	55	40	25

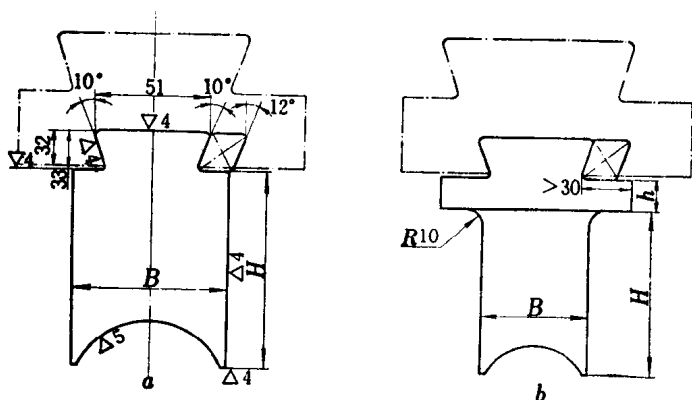


图8-5 凸模用燕尾固定

a—用于 $B > 50$ 毫米； b—用于 $B < 50$ 毫米

二、凸模设计

凸模按锻件配制，具体设计时应考虑如下几方面因素：

1. 凸模与锻件需有一定的接触面积，以防切边时锻件表面被挤压或产生弯曲。
2. 当上述条件满足时，凸模形状可以简化（图8-6）。

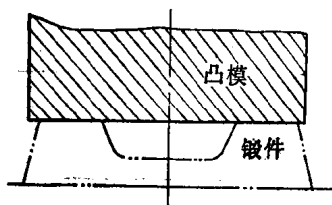


图8-6 切边凸模的简化

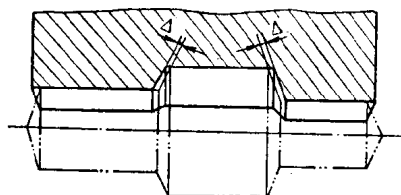


图8-7 切边凸模与锻件间的空隙

3. 为简化模具制造，避免凸模啃坏锻件，凸模与锻件之间应留有空隙 Δ （图8-7），其值可参考表8-2。

表8-2 切边凸模与锻件之间的空隙

压力机吨位(吨)	50~60	200~350	500~1000
空隙 Δ (毫米)	1.5~2.0	2.5~3.0	3.5~4.0

注：细长件取大值。

4. 为使凸模配制方便，一般将锻件形状简单的一面向上(图 8-8)，但还应考虑切边时锻件的变形及定位等问题。如图 8-9 a 所示切边时，变形较大；若按图 8-9 b 所示切边，则较好。若叉部顶端较窄，应在凸模与锻件间留 1~2 毫米空隙(图 8-9 b)，以防锻件局部变形而影响高度方向尺寸。

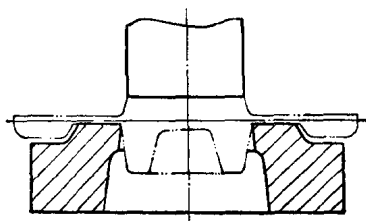


图8-8 用形状简单的凸模切边

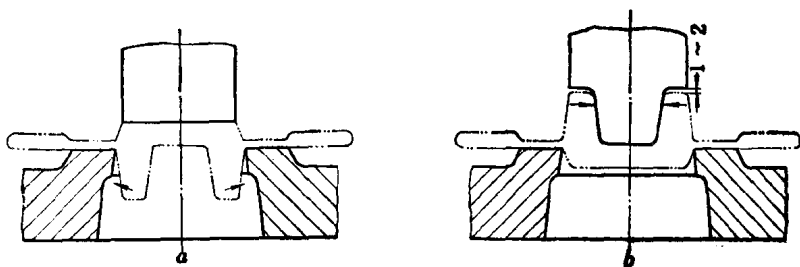


图8-9 切边时锻件的安放

a—不好， b—较好

5. 为避免凸模在锻件支承面上产生压痕，一般情况下，凸模应大于与其相接触的锻件轮廓尺寸，如图 8-6 所示。在特殊情况下，为保证凸凹模间具有足够的间隙，可按图 8-10 考虑凸模尺寸，只需 $d > D_1$ 即可。

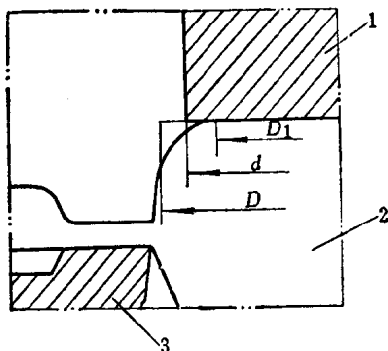


图8-10 确定凸模尺寸

1—凸模，2—锻件，3—凹模

D —锻件公称尺寸； d —凸模尺寸； D_1 —圆角半径与锻件上平面切点的直径

三、凸模与凹模的间隙

切边时凸模一般进入凹模，凸凹模之间必须要有一定间隙。间隙过大，不利于凸凹模位置的对准，易于产生偏心切边，从而影响切边质量。实际生产中，凸凹模的设计间隙一般不大于1.5毫米。间隙过小，飞边不易取下，而且凸凹模还有相啃的危险。在实际生产中，间隙小于0.8毫米时，应设置脱飞边器；当间隙小于0.5毫米时，最好在模具上设置导柱导套。因此，为了简化模具结构，保证切边质量，间隙一般在0.8~1.5毫米之间选取。

模具间隙可根据锻件形状及飞边位置不同而采用不同形式的切边模来选取。图8-11为一般切边型式，其间隙按高度尺寸 h 选取（见表8-3）。图8-12为轴类件切边型式，其间隙按锻件直径 D 选取（见表8-4）。截距 S 的大小应保证凸模边缘的厚度 b 足够大，以免该部分变形或损坏，另外还应保证锻件具有足够的承压面积，以免锻件变形，并防止产生压痕。热切时 b 值一般不小于1.5毫米，随锻件直径 D 的增大而加大。图8-13是用于 α 较大（一般大于 15° ），且锻件高度大于15~20毫米时的切边型式。其间隙与锻件高度关系不大，建议取1毫米。截距 S 的大小

见表 8-5。图 8-14 用于平底飞边的切除；其间隙在冷切时取 0.5 毫米。这种型式切边质量不好，易产生纵向毛刺，不好打磨，一般用于胎模锻。此种型式凸凹模均起剪切作用，刃口均需保持锐利。图 8-11~13 这三种型式只有凹模起剪切作用，凸模只起传递压力作用。

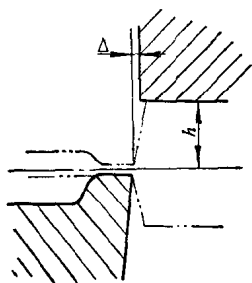


图8-11 切边模间隙(型式 I)

表8-3 切边模间隙(型式 I)(毫米)

h	<10	10~20	>20
Δ	0.5	0.8	1~1.5

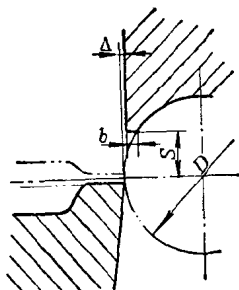


图8-12 切边模间隙(型式 II)

表8-4 切边模间隙(型式 II)(毫米)

D	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	200
Δ	0.5		0.8		1											
S	3	5	7	9	11	13	14	16	17	18	19	19	20	21	21	25
b	冷切>0.5; 热切>1.5															

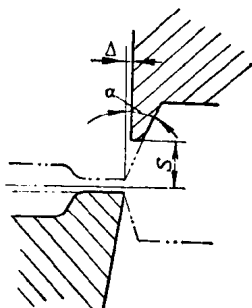


图8-13 切边模间隙(型式Ⅲ)

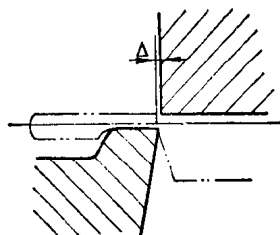


图8-14 切边模间隙(型式Ⅳ)

表8-5 切边模间隙(型式Ⅲ)(毫米)

α	15°	18°	21°	24°	28°	33°	38°	44°	50°
Δ	1								
S	9.4	7.0	6.5	5.6	4.7	3.7	3.2	2.5	—
b	冷切>0.5; 热切>1.5								

当锻件形状复杂时，间隙的选择必须考虑凸模与锻件的空隙（见图 8-7）。原则是凸凹模间隙必须小于凸模与锻件的空隙，以防凸模啃坏锻件，必要时设置导柱导套。对于易变形的薄法兰件，切边时锻件变形较大，可预先将该锻件在模锻时局部加厚（图 8-15），以补偿由切边引起的一部分变形。对切边质量要求较高的叉形件（见图 8-1），间隙应取小值，并建议冷切。

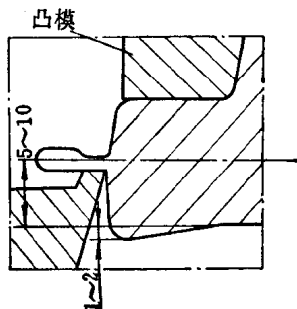


图8-15 加厚的锻件切边

当切边设备间隙较大时，在不设导柱导套的情况下，应取较大间隙。

在模具设计时，凸凹模均按切边轮廓配制，间隙靠减小凸模尺寸得到。为了便于模具调整，各处间隙必须均匀一致，当锻件

各处截面形状及尺寸不一致时，取其中最小间隙值作为整个凸凹模之间的间隙。

3 切边凹模的固定及设计

一、凹模的固定

凹模多用楔（图 8-16）或螺钉（图 8-17）固定。楔固定比较简单，用于整体凹模或两块组成的凹模。螺钉固定比较复杂，用于三块以上组成的凹模，其有关尺寸见表 8-6~8 及图 8-17。对于用导柱导套的模具，凹模均采用螺钉固定，以便调整凸模与凹模之间的间隙。

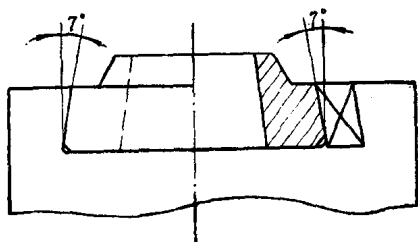


图8-16 用楔固定的凹模

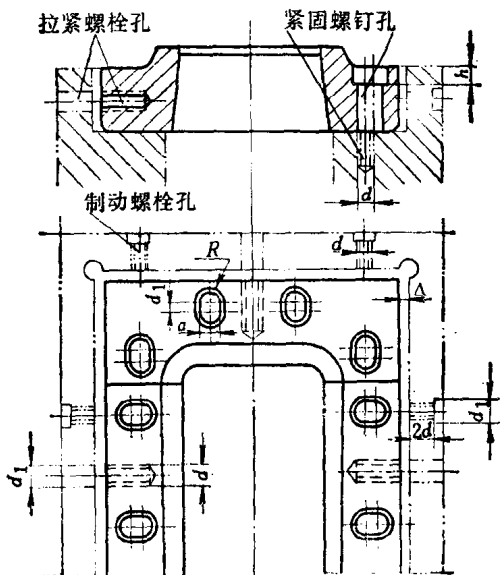


图8-17 用螺钉固定的凹模

表8-6 切边凹模紧固螺钉孔尺寸 (毫米)

d	d_1	h	R	a
M12	13	14	10	3
M16	17	18	13	4
M20	21	22	16	5

表8-7 凹模座与凹模之间的间隙 Δ (毫米)

压力机吨位(吨)	50~160	160~350	500~1000
Δ	1~2	1.5~3	3~5

表8-8 用螺钉紧固的凹模螺孔中心距公差 (毫米)

孔中心距	≤ 50	51~100	101~160	161~250	> 250
公差	± 0.1	0.15	± 0.2	± 0.25	± 0.3

有些切边凹模是用螺钉及压板固定 (图 8-18)。这种固定方

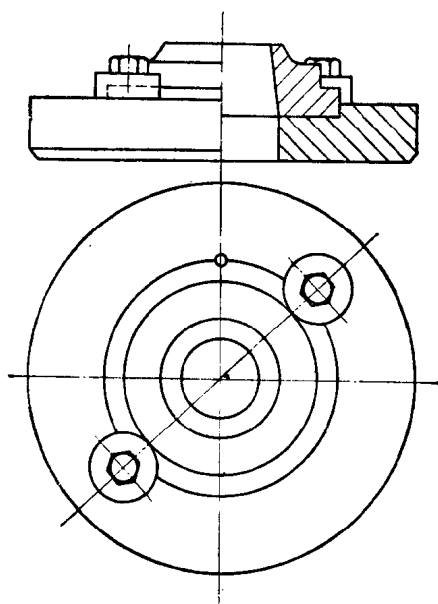


图8-18 用螺钉及压板固定的凹模

法多用于切边轮廓为圆形的小型锻件。凹模相对于模座不能移动，间隙的调整靠移动模座达到。

二、凹模设计

凹模刃口的轮廓线按锻件图在分模面上的轮廓线制造。热切边时应考虑冷收缩率 1.2~1.5%，对于易冷却的细长件或锻件的杆部取小值。反之，取大值。

凹模落料孔的形状见图 8-19，其中型式Ⅱ是为了增加刃部强度及翻新时磨修用，但加工段麻烦。在刃部采用堆焊的情况下，多用型式Ⅰ及型式Ⅲ。

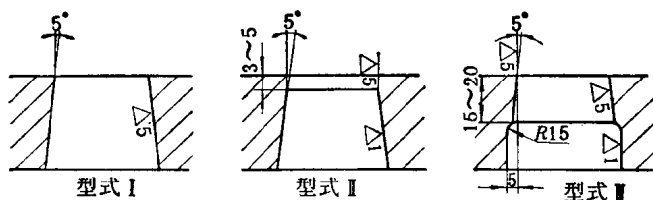


图8-19 切边凹模落料孔的形状

图 8-20 为切边凹模钳口型式。切边凹模钳口颈高度 h 与锻模钳口颈高度相同，其宽度 b 应比锻模钳口颈宽度大 2 毫米，锻模钳口尺寸见第五篇表 5-40。图 8-21 为切边凹模的常用型式，其主要尺寸见表 8-9。

图 8-22 为波浪形凹模，多用于轴类件切边。这种模具可以防止锻件切边时翻转而影响切边质量，但制造较困难。

凹模可做成整体式（图 8-18）及拼块式（图 8-21）。除回转头锻件外，其他形状锻件的切边凹模均做成拼块式，以便于调整。分块方法及数目要根据锻件形状、凹模的调整、凹模在热处理时的变形，以及凹模的机械加工等因素来确定。从热处理时的变形看，凹模每块长度不宜大于 350 毫米。

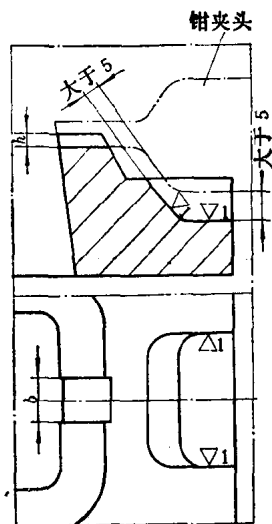


图8-20 切边凹模钳口型式

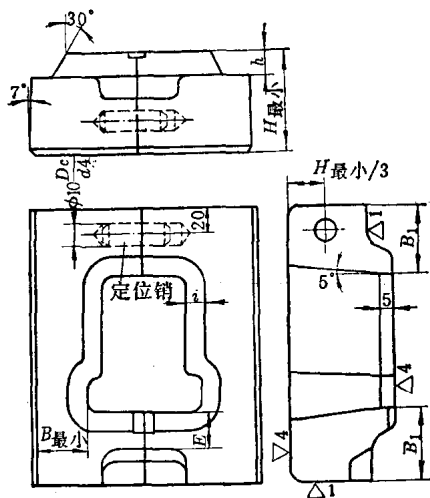


图8-21 切边凹模的常用型式

表8-9 切边凹模主要尺寸 (毫米)

飞边厚度 $h_{\text{飞}}$	$H_{\text{最小}}$	h	B_1	$B_{\text{最小}}$
1.6	50	10	35	30
2~3	52	12	40	35
> 4	60	15	50	40

注：1. 图中尺寸 i 可等于锻件飞边桥部的宽度或小1~2毫米。

2. 图中尺寸 E 应等于（或小于）终锻模膛端边至钳口的距离。



图8-22 波浪形凹模

某厂所用部分切边凹模的分块方法，见图 8-23。

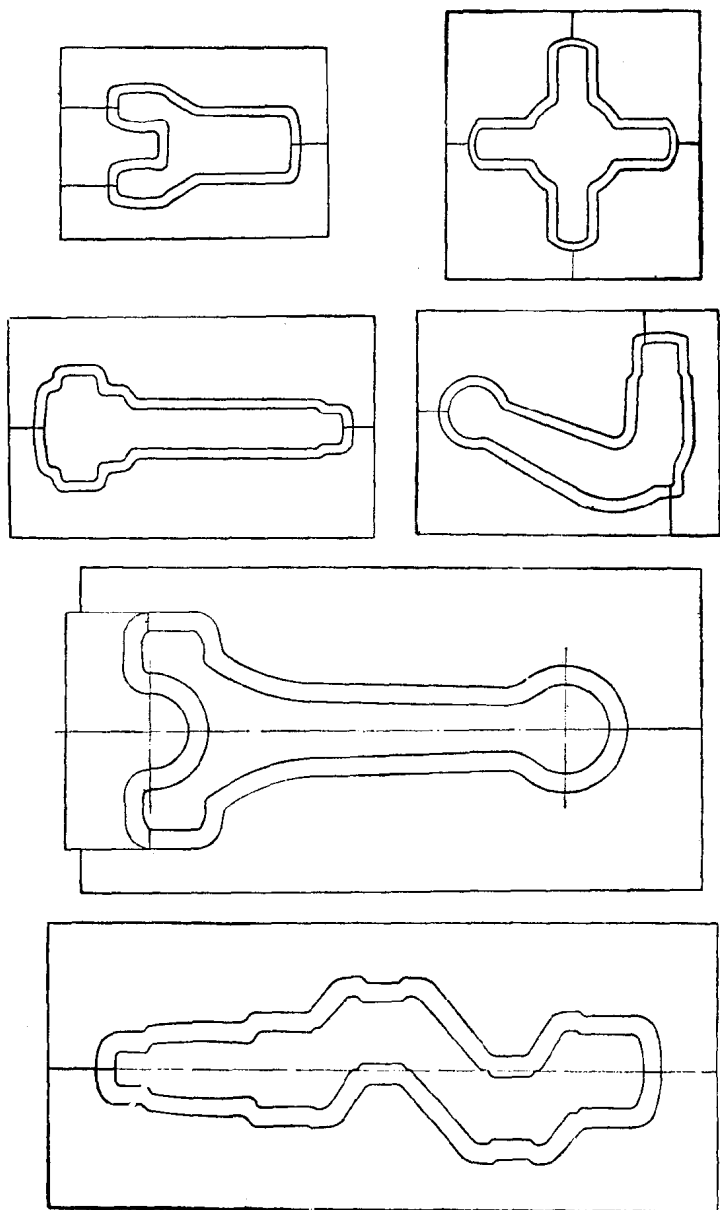


图8-23 凹模分块方法