

## 低碳钢的落料(3)

重庆工业管理学院经管系 唐善忠译

在中等尺寸坯件的中批量和大批量生产中,材料的费用占坯件总费用的50~70%,而大型坯件的材料费用则占95%以上。通过坯件排样和材料类型、宽度选择之间的相互协调,可以减少废料的产生,可在材料的价值上获得实质性的节省。

为了寻求最有效地利用材料的毛坯宽度和排样方式,同时顾及工件取向对后续工序可能产生的影响,可能需要几种试验性的排样方案。在保证落料中有足够材料支承或压紧带材的前提下,排样必须使坯件间的搭边最小而又不妨碍工作。在设备维护良好及操作正确的条件下,允许的搭边值如表3。

带材排样中搭边所占百分可按下面的公式计算得出:

$$100(1 - A_B/A_S) \quad (5)$$

式中:  $A_B$  为一次冲压产生的坯件面积;  $A_S$  为一次冲压后消耗的带材面积,或带材宽度与送料长度的乘积。

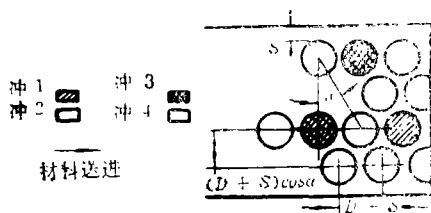


图11 圆形坯件落料的排样

圆形坯件可以像六边形那样,以相同的间距交错排成数排(图11),以便在一长条带材上进行最佳落料。按这种排样方法,用定量材料生产的坯件数量比用单块方形材料各落一个圆多20~40%。图11所示的每一冲程(第三冲程后),能产生4个坯件——相

互保持足够的距离以固定凸模和凹模。

图11排料的废料损失率可用公式5及下面公式算出:

$$A_B = n \cdot \pi \cdot D^2 / 4$$

$$A_S = Wl$$

$$l = D + S$$

$$W = (D + 2S) + (n - 1)(D + S) \cos \alpha \quad (6)$$

式中:  $n$  为横跨带料宽度的坯件排数;  $D$  为坯件直径(吋);  $l$  为送料长度(一次冲压每排生产一个坯件)(吋);  $W$  为带材宽度(吋);  $S$  为从条料边缘到坯件及坯件与坯件之间的搭边量;  $\alpha$  为坯件之间的角位移(度)。坯件上的冲孔面积不影响排样的有效性,不计入上述计算。

矩形坯件通常比其它形状更易排样。

异形坯件通常更难得到最为经济的排样。

嵌套排样。为节约原材料,在坯件形状允许的情况下,应尽可能采用嵌套排样或连锁排样。许多不规则坯件的嵌套排样都是可能的。

图12所示的不规则坯件的嵌套排样节约了可观的材料。这种排样可采用双件冲模,每次冲压就可以落料两个坯件。小量生产时可采用单件冲模,第一次冲压完成后,可将

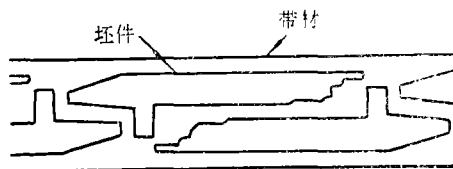


图12 不规则坯件的嵌套排样

收稿日期: 1992-03-21

表3 落料的搭边值

工件材料	搭 边 值									
	剩料框节边长度 $\leq 2t$					剩料框节边长度 $> 2t$				
	材料厚度 $t$		材料边缘至坯件		同排坯件间	材料厚度 $t$		材料边缘至坯件		同排坯件间
普通金属材料	mm	in	mm	in	mm	mm	in	mm	in	mm
	$\leq 0.53$	$\leq 0.021$	1.27	0.050	1.27	$\leq 1.12$	$\leq 0.044$	1.27	0.050	1.27
	$0.56-1.40$	$0.022-0.055$	1.02	0.040	1.02	$> 1.12$	$> 0.044$	0.9t	0.9t	0.9t
标准带材	$> 1.40$	$> 0.055$	0.7t	0.7t	0.7t					
	$\leq 1.07$	$\leq 0.042$	1.52	0.060	1.27	$\leq 0.84$	$\leq 0.033$	1.52	0.060	1.27
	$> 1.07$	$> 0.042$	1.4t	1.4t	1.2t	$> 0.84$	$> 0.033$	1.8t	1.8t	1.6t
特宽材料及剩料节边很弱的	$\leq 1.07$	$\leq 0.042$	1.52	0.060	1.27	$\leq 0.84$	$\leq 0.033$	1.52	0.060	1.27
	$1.09-1.40$	$0.043-0.055$	1.4t	1.4t	1.02	$0.86-1.12$	$0.034-0.044$	1.8t	1.8t	1.02
	$> 1.40$	$> 0.055$	1.4t	1.4t	0.7t	$> 1.12$	$> 0.044$	1.8t	1.8t	0.9t
两次送料；两排交错排样	$\leq 1.70$	$\leq 0.042$	1.52	0.060	1.27	$\leq 0.84$	$\leq 0.033$	1.52	0.060	1.27
	$> 1.40$	$> 0.042$	1.4t	1.4t	1.4t	$> 0.84$	$> 0.033$	1.8t	1.8t	1.8t
	$\leq 1.40$	$\leq 0.042$	1.52min	0.060min	1.52min	$\leq 0.84$	$\leq 0.033$	1.52min	0.060min	1.52min
不锈钢、硅钢、弹簧钢	$> 1.40$	$> 0.042$	1.4t	1.4t	1.4t	$> 0.84$	$> 0.033$	1.8t	1.8t	1.8t
	$\leq 1.40$	$\leq 0.042$	1.4t	1.4t	1.4t	$> 0.84$	$> 0.033$	1.8t	1.8t	1.8t
	$> 1.40$	$> 0.042$	1.4t	1.4t	1.4t	$> 0.84$	$> 0.033$	1.8t	1.8t	1.8t
镍基软磁合金	各种厚度		1.52	0.060	1.52	各种厚度		1t	1t(c)	1t
			1.52	0.060	1.52			1t	1t(c)	1t
			1.52	0.060	1.52			1t	1t(c)	1t

(a) 同排坯件间及两排坯件间的搭边值相同；

(b) 两排坯件间允许1.52mm (0.060in)；

(c) 当坯件边缘平行于材料边缘或节边长大于4t时，搭边为1.8t。

带材调头送入冲模加工。

另一种坯件的嵌套排样如图13所示。这种排样经三个冲头的每一次剪切冲压(第三次冲压后算起)就能切出四个坯件。这样,除带材的料头以外,完全不产生废料。坯件嵌套排样的其它方式将在“低碳钢的冲压弯曲”及“低碳钢的冲压成型”等文章里论述。

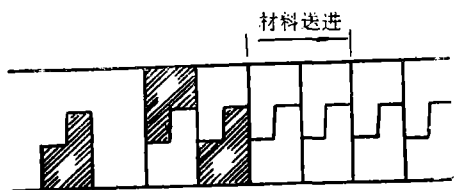


图13 规则坯件的嵌套排样

**利用材料的整个宽度。**有两个平行边的坯件按材料的整个幅宽排样,有时最为经济。剩下的坯件外形可采用剪切、切缝、切口、切断等工序或将这些工序组合起来完成。

**辗轧方向的影响。**对于将要弯曲或成形的坯件排样时,必须考虑坯件相对于辗轧方向晶粒方向的取向。坯件排样最好能使剧烈弯曲时的弯曲轴心线与辗轧方向成直角。如果不行的话,至少应使弯曲轴线与辗轧方向呈一定角度。拉伸方向也应尽可能与辗轧方向一致。利用辗轧方向排样的实例与说明请看《低碳钢的冲压弯曲》及《低碳钢的冲压成形》。

## 8 焊接坯件

在下列情况中,采用焊接坯件比整块坯件更为有利:

(1) 用废料或其它低价金属来生产焊接坯件,其费用低于整料坯件,或整块坯件的工具费用和制造费用高于焊接坯件时;

(2) 焊接坯件可能比整块坯件更容易获得原料;

(3) 对于某些特殊形状的坯件,如果采用整块坯件将比焊接坯件耗费更多材料。将坯件上的接头或挂环等凸出部位焊接到更

简单形状的坯件上,往往能节约材料;

(4) 焊接坯件用于后续的成形工序时,可以降低工具使用成本。焊接的形状应简单平直,并按所设计的布局焊接,为避免坯件的某些部位出现接缝,尽可能采用自动焊接。

**大型坯件** 因幅宽或其它原因,大型坯件如用整块材料生产会格外增加成本,而采用焊接坯件则往往会降低成本。

**复杂的形状** 如果用整块原料制造复杂形状的坯件将浪费相当多的材料时,也可采用焊接方法把两个或多个形状较为简单的坯件焊接在一起。在下面的实例中,先把两个展开尺寸的坯件焊接,然后经冲压成形制成一个弯管。

**例2:** 利用气体保护焊将两个坯件组成一根汽车大梁侧轨。图14所示的汽车大梁侧轨是由5.05mm(0.199吋)厚的热轧商业优质钢1008钢板制成的。这个侧轨坯件的形状只在产生大量金属废料的情况下才能用整料制成,本例中的两个坯件是按废料很少的嵌套排样落料而成。

落料是用一付冲模在一次冲压中落两件,用高速自动气体保护焊将两个坯件对接成为一体,然后再冲压成形。图14中所有尺寸的公差均为 $\pm 0.51\text{mm}$  ( $\pm 0.020\text{in}$ )。

金属材料的节约超过了焊接费用。但如果生产量少于10 000件,材料的节省就不足以补偿焊接和冲模的成本了。本实例的产量为300 000个大梁,生产批量为20 000件。

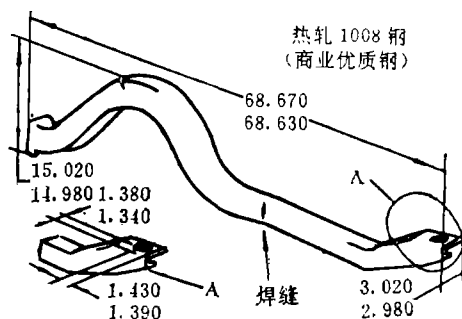


图14 由两个坯件焊接成的汽车大梁侧轨

**开口形状\*** 当坯件的切口尺寸较大时,采用较为简单的小坯件组焊成所需的大坯件,比整块坯件成本低。

**废料** 有时可用焊接方法将废料制成坯件而成本低于整料坯件。

**焊接方式** 生产坯件的焊接方式包括接触电阻焊接(搭接焊、点焊、银箔焊、压薄滚焊、闪光焊及高频对焊)和融焊接。

**搭接焊**(轻式电极)是常用的一种方法。如将组合件初步点定位,然后进行焊接,则工艺装备很简单。缺点在于边缘松弛,接头的厚度为材料厚度的两倍。

**点焊** 点焊的焊接速度快,工具也很简单、低廉。缺点在于接头边缘松弛,且接头不如其它方法紧密牢固。

**银箔焊** 这种焊接的焊接速度也很快,接头亦平整、坚固,边缘也不松弛。缺点是在接缝一边或两边需加箔片,增加了成本,而为了获得牢固的接头又需加起焊接板。

**压薄滚焊** 压薄滚焊产生的接头平整、坚固,通常不需磨光,也无松弛边缘。缺点包括电极的寿命短及因难以保持小的搭接量而使工具成本很高。

**闪光焊** 闪光焊的工具简单,接头坚固无松弛边缘。但闪光焊接的接头长度有限,且粗糙,因而焊接坯件在冲压加工前必须进行打磨加工。

**高频对焊** 这种焊接快捷,且能用于焊两种不同的金属,电极寿命较长。但需要价格较高的设备,这种工艺通常只适宜于大批大量生产。

**融焊** 融焊包括气体保护焊、金属极电弧焊和气体保护钨极电弧焊。

## 9 压力机

多数落料是在单动机械压力机上完成的。某些冲模只能用于特定的压力机,这是因为冲模的制造通常是为了用于特定的压力机。压力机的功率必须满足加工需要,且必

须适当高于计算的冲裁力(见“所需冲压力的计算”一节)。压力机的压力是指离冲程下死点的某一特定距离时的压力,单位为千牛。这个距离必须适合冲模和操作。大多数落料都是在冲程下死点附近的有效压力最大的地方完成的。而对于复合冲模,落料则可能在冲程的中部附近进行,这时的有效压力远低于下死点处的压力。

压力机的尺寸、闭合高度、行程长度及冲压速率都必须与冲模和工件相适应。正如下面将要论述的那样,某些类型的冲模可以高速率运行,而某些冲模则需要中速率或低速率运行。

## 10 简易冲模的结构与应用

使用压力机生产小批量或中批量坯件时,常采用廉价的简易冲模。这些冲模包括镶片冲模、镶块冲模(也叫型板冲模或大板块冲模),及组合冲模。尽管这些冲模大都用于几百件至一万件的生产量,但结构适当的冲模已被用于100,000件以上的生产量。

简易冲模在一定程度上可用于将要大批量生产的产品的初期落料。简易冲模的制造与投入使用比常规冲模快捷,因而可加快成品的供货。

此外,简易冲模还可用于在设计上可能作很大变动的产品的批量试制。如果批量试制品表明冲模设计变更是必要的,则这些变更就可以在常规冲模制作完毕以前以较低的成本完成。常规冲模做成后,即可以将生产转向常规冲模,也可以将两种冲模兼用。

对于小批量生产(<100件)来讲,即使最低廉的简易冲模也不一定合算。这种小量的坯件一般采用成本较低的标准工具设备,如步冲轮廓机、龙门剪床及旋转剪床等。小批量的坯件还可用仿形锯、仿形铣、气割、

- 指内部很空及纵横方向尺寸大而实际材料很小的形孔。

锉削及切削加工等来完成。

### (1) 镶片模

镶片冲模的结构简单, 造价低廉。如图15所示, 把带刀口的碳素工具钢薄片沿工件外缘安装以形成坯件轮廓。钢片紧嵌在普通或浸渍树脂胶合板的狭槽内, 胶合板的背面垫一钢板。下模板或型板直接与一钢制底板连接。上下底板又紧固在与压力机连接的模座上。

镶片冲模用于落料、冲孔、切口及浅成形冲压。对于在平板形坯件或厚度不超过13 mm ( $1/2$ in) 的低碳钢剪切板料上的加工, 镶片模通常比其它任何模具都快速和低廉。甚至规格为1.2×2.1m (4×7ft) 的坯件都用镶片模作过冲压加工。

**凹模** 制作凹模的钢片是用高碳钢或  $W_1$ 、 $W_2$  等工具钢制成的, 具有弹簧硬度及其它硬度, 市场上可买到的毛坯还有几种长度, 每种长度又有几种厚度, 从0.36至4.32 mm (0.014至0.170in)。宽度为3.18mm (0.125in) 或稍窄。有时也用厚度为1~12点 (0.36~4.32mm或0.014~0.170in) 的印刷

机钢尺。完工后的钢带一般都有一个呈直角的支承部和一个磨成45°或V形的刀刃。

如图15所示, 支承部紧嵌在硬胶板的锯槽内, 使其能切割出坯件的轮廓。钢制底板用来支撑刀片及胶合板。

**凸模** 在低碳钢落料中, 用作凸模的型板 (高碳钢或工具钢型板) 的形状与所需的坯件形状一致, 与所镶的刀片反向相对。在落料的同时, 其它凸模配件及凹模配件可按冲孔和切槽的需要安装在冲模内。对坯件中的小半径转角和槽口的切割可采用整体钢块代替钢片。对某些加工, 包括切割纸板或其它软材料, 凸模可以是工作表面超出钢带包围面积的一块硬木、厚橡胶板或其它软材料。

**脱模器** 切割纸板或皮革时, 镶片冲模采用弹性材料脱模, 如在凹模中加入多孔橡胶, 在低碳钢的落料中, 可用较硬的硬橡胶块作脱模器。还可采用强力弹簧脱模板。

**精度** 镶片模冲件的精度主要取决于冲模制造者的技术水平及制作过程中的细致程度。非重要零件落料的公差为 $\pm 0.8$ mm ( $\pm$

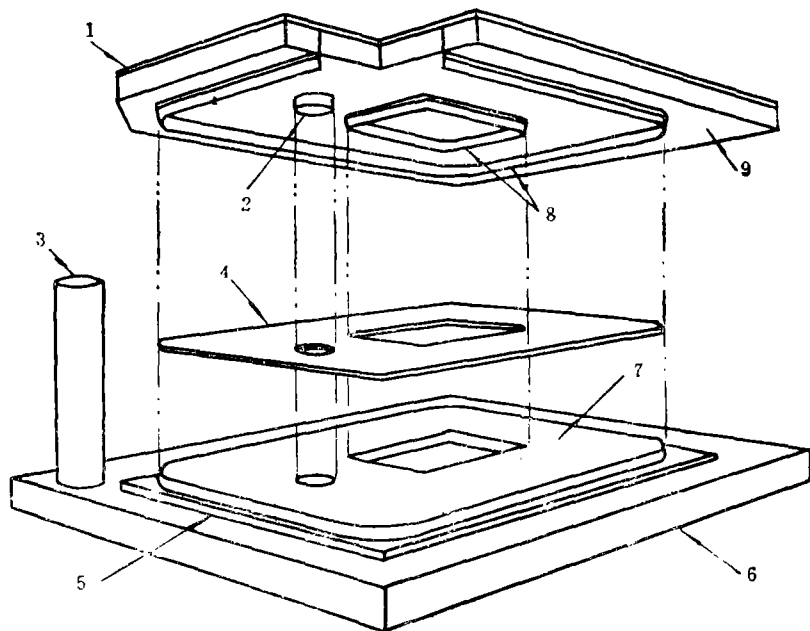


图15 镶片模

1——上钢底板; 2——冲孔凸模; 3——导柱; 4——坯件; 5——下钢底板; 6——模座;  
7——凸模 (型板); 8——刀片; 9——胶合板

1/32in);而重要零件则可精确到 $\pm 0.13\text{mm}$  ( $\pm 0.005\text{in}$ )。采用万能铣床或座标镗床加工模具,坯件的公差可以更小,但模具的制作成本增加。

由于镶片模落料时,孔或槽是由普通的凸模和凹模构件加在镶片模中冲切而成的,它们的公差可以达到常规落料的水平。镶片模冲铁芯片毛刺高度一般仅为 $0.5\text{mm}$  ( $0.02\text{in}$ )。

**成本** 用于中、小批量的低碳钢落料的镶片模的造价,一般相当于用于大批量类似加工的常规冲模的20%。下面是镶片模用于一种汽车零部件的临时性或试验性生产的例子。经过费用不高的修改,证明冲模成功后,在进行常规模具设计时,就可进行同样的修改。

**例3:** 镶片模用于临时性生产,用镶片冲模落料汽车大梁的一个零件,以便在正式冲模供应以前不延误生产。预计在转入用正式冲模生产之前,镶片冲模可生产325件。

如图16所示的冲模用在一台直边压力机上,落料厚度为 $3.96\text{mm}$  ( $0.156\text{in}$ )、边长为 $229 \times 229$  ( $9 \times 9\text{in}$ )的退火冷轧低碳钢板,同时冲裁三个直径为 $14\text{mm}$  ( $9/16\text{in}$ )的孔和三个 $16 \times 38\text{mm}$  ( $5/8 \times 1.5\text{in}$ )两端为半圆形的槽子。坯件轮廓公差为 $\pm 0.81\text{mm}$  ( $\pm 1/32\text{in}$ ),孔和槽的公差为 $\pm 0.13\text{mm}$  ( $\pm 0.005\text{in}$ )。毛刺大小未作规定。

刀片是用规格为12点的毛坯制成(厚 $\times$ 宽为 $4.32\text{mm} \times 32\text{mm}$ 或 $0.170\text{in} \times 1\frac{1}{4}\text{in}$ )。并嵌入厚度为 $16\text{mm}$ 的硬胶合板内。一块钢制型板从所镶刀片的内面与之相配成为凸模,而凹模则是按测得的坯件展开形状制成的。

刀片是用规格为12点的毛坯制成(厚 $\times$ 宽为 $4.32\text{mm} \times 32\text{mm}$ 或 $0.170\text{in} \times 1\frac{1}{4}\text{in}$ )。并嵌入厚度为 $16\text{mm}$ 的硬胶合板内。一块钢制型板从所镶刀片的内面与之相配成为凸模,而凹模则是按测得的坯件展开形状制成的。

镶片模的修改简便易行,费用不高,在这个实例中已证明是很重要的。因为其中一个孔已被认定是不必要的。所以只需将原先增加的用于该孔的冲头从镶片冲模中拆除就行了。经试验后,又将常规冲模中那个孔也取消了。这个变更如果在常规冲模制成以后才作,成本就会大大增加。

镶片冲模的造价为常规冲模的20%。因为镶片模由人工送料、卸件,每分钟产量仅为几件。这个镶片冲模已落料1,000多件。

## (2) 镶块模

镶块模也叫板块模。这种冲模就造价与生产数量而言,可与镶片冲模媲美。图17是一个镶块冲模的零件分解图。如镶片模一样,增加凸模及凹模构件,就可把冲孔与落料合并进行。

**凸模** 凸模或型板(图17)按所生产的

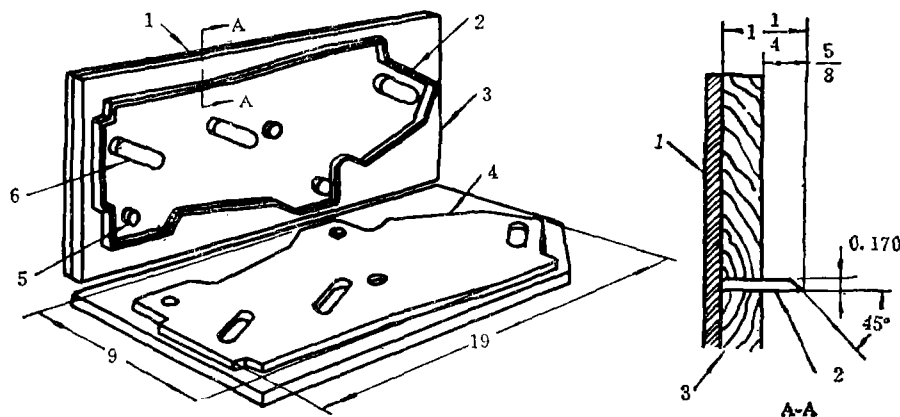


图16 在镶片模中增加冲孔或冲槽的构件

- 1——上钢底板; 2——刀片 3——胶合板; 4——凸模(型板)  
5——冲孔构件(冲孔凸模); 6——冲槽构件(冲槽凸模)

坯件外形制作。通常选用中碳钢板(1040、1050或4140)或 $O_2$ 工具钢的磨光板材制造,刃口可火焰淬硬。应用条件不利或要求使用寿命较高时,凸模可采用 $D_2$ 或类似工具钢材料并经淬火处理制成。

**凹模** 凹模一般由淬硬钢块销合装配而成,经磨削与凸模配成适当的间隙。使用的材料与凸模相同。

**结构** 镶块模常用的间隙为 $0.076\text{mm}$ ( $0.003\text{in}$ )。图17所示的结构,在与镶片冲模同类的加工中能满足低碳钢板的落料。对于受力条件很不利的落料,镶块冲模可采用整件制作或增加销钉以防止凹模块散开,还可以将凹模块嵌在模具底板的凹槽内。

**使用** 镶块模可以使用连续带材。带材一侧有导向装置,每次冲压送到挡料销。通常用几块硬橡胶板作脱模器(图17),将坯件推回带材中,再随带材的进料运动带离凹模。下面是镶块模应用的典型例子。

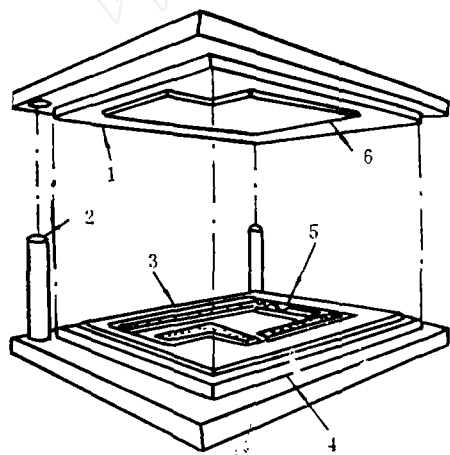


图17 镶块模

- 1——上底板; 2——导柱; 3——凹模;  
4——下底板; 5——脱模橡胶垫;  
6——凸模(型板)

**例4:** 用镶块冲模进行铁芯落料。发动机铁芯为 $1.52\text{mm}$ ( $0.060\text{in}$ )厚的热轧酸洗低碳钢板,用镶块模落料。坯件尺寸为 $318 \times 140\text{mm}$ ( $12.5 \times 5.5\text{in}$ )。除可能需要

变更的地方有若干镶嵌件外,凸模是一个整料件,凹模沿凸模周边的冲模间隙量为 $0.76\text{mm}$ ( $0.003\text{in}$ )。

凹模用 $D_2$ 工具钢制成。采用橡胶块作脱模器,将坯件垂直地顶回落料后的剩料框内,以便通过材料的送进而卸件。人工送料每分钟生产不到10件。

毛刺约 $0.051\text{mm}$ ( $0.002\text{in}$ ),大大低于规定的 $0.102\text{mm}$ ( $0.004\text{in}$ )的限度。预计冲模的寿命可达到100,000件。

### (3) 组合式冲模

这是一种固定在冲压机工作台上,但凸模座并不与滑块连接的简易冲模。这种冲模的安装时间比常规冲模短,但生产效率较低。由于凸模靠弹簧提升,这种冲模的冲程长度受到限制。组合冲模常用于钟表仪器等精密元件的落料。

这种冲模可购买成套的切口工具现货来组装。这种切口单元装在独立的C型构架上,由凸模及凹模组成。对于厚度不超过 $6.4\text{mm}$ ( $1/4\text{in}$ )的低碳钢,各种尺寸的标准转角切口、V形切口和矩形切口等的切口单元都可买到,对不规则的特殊形状可以采用标准切口构件组合。切口构件可单独使用,也可组合使用,还可以与结构相似的冲孔工具组合使用。

每个单元都自成一体,并靠弹簧自行脱模。各冲头都准确对正,不与压力机的滑块连接。每个构件都用定位销和螺栓与冲模板、型板或T型槽连接,可紧固于任何闭合高度足够的压力机或弯板机的床身上。

这种组合式装备可用于小件落料,但更常用于在先已落料的坯件上切槽口及冲孔。变换工具位置,该工具还可以重新用于生产不同形状的零件。

(待续)

罗吉昌 审校