

中厚板深孔冲裁半精冲工艺

王丽红¹, 胡伟丽²

(1. SSW 苏州速霓谘威软件有限公司, 江苏 苏州 215011; 2. 登云科技职业技术学院, 江苏 昆山 215300)

摘要: 以中、厚板的电器零件为例, 分析了这类零件上深孔类小孔制造工艺的难点, 介绍了如何在普通冲裁的基础上, 采用精冲的齿形压板, 较小的冲裁间隙和精确的导向。成功地完成了对这类零件上的小孔实施半精冲工艺, 并介绍了用于批量生产的模具结构的主要特点。

关键词: 深孔冲裁; 半精冲; 齿形压板; 孔深比

中图分类号: TG386 **文献标识码:** A

文章编号: 1674-6457(2012)01-0014-07

Half Fine Blanking Process in Deep Hole Punching on the Plate

WANG Li-hong¹, HU Wei-li²

(1. Suzhou SuNiZiWei Software Co., Ltd., Suzhou 215011, China;

2. Dengyun Vocational College of Science and Technology, Kunshan 215300, China)

Abstract: The problems and difficulties to manufacture the deep holes on thick plate for electrical components were analysed. Based on the ordinary punching half fine blanking process of deep hole on this kind of component was completed successfully by use of ring gear gag, smaller blanking clearance and precise guidance, etc. The main features of the structure of the mass-production molds were introduced.

Key words: punching in deep hole; half fine blanking; ring gear gag; hole depth ratio

在机械、仪器、仪表、电器等企业产品的电控组件上, 经常采用一些由中、厚板制成的小零件, 例如机电产品上的控制开关中的动触头、静触头、触头、跳扣、支架等元器件, 如图 1 所示。

这类零件上有一些小孔, 通过这些小孔, 用小销轴将其安装在组件上, 进行高频率的运动, 承担着开启、运作、关闭等控制功能, 故其制造精度直接关系到机电产品的整机质量和性能。

如图 2 所示, 为某机电产品控制开关上的这类中厚板工件: 动触头、跳扣和静触头等。从图 2 中可以看出, 这类工件的孔径、孔边距、孔心距等尺寸的制造精度均要求较高。由于工件工作时处于高频率



图 1 中厚板工件

Fig. 1 Plate workpiece

运动状态, 因此对孔壁的表面粗糙度、孔与孔之间的

收稿日期: 2011-10-17

作者简介: 王丽红(1975—), 女, 上海人, 工程师, 主要从事 FPC 柔性线路产品及其制作工程以及冷冲模的设计工作。

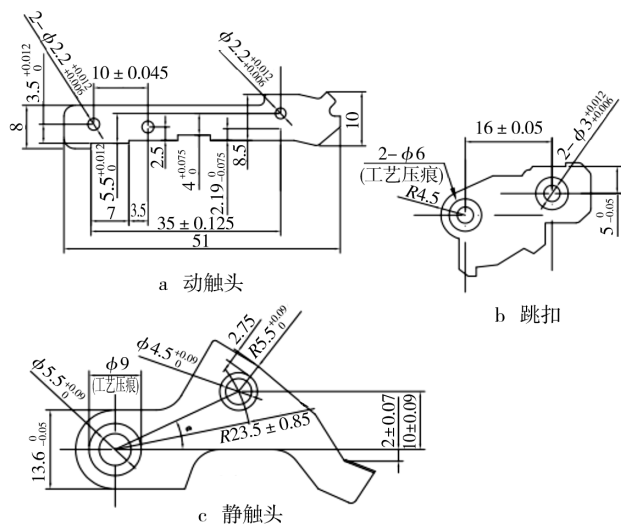


图2 中厚板零件

Fig. 2 Detail drawing of plate workpiece

同轴度、孔对工件表面的垂直度以及工件的平面度等,均有较高的要求。这类零件上的小孔直径大多小于料厚,采用普通冲裁无法完成这些小孔的加工。故原来这类零件上的小孔,大多用机械加工制造,如钻、铰等,工序繁多,制造周期长,产品的质量难于控制,成品合格率低。由此,能否在不增加产品制造成本的前提下,采用高效、可靠的精密冲裁来替代机械加工,完成这类工件上的小孔加工,保证产品的质量,提高成品合格率,被列为企业技术攻关的重要课题。

经过研究分析,对比各类冲裁工艺的特点,寻求可行的工艺方案。最后确定:不增加昂贵的精冲设备及专用精冲模架,利用现有的普通冲床,在实施深孔冲裁工艺中^[1],增添必要的“精冲元素”^[2],采用半精冲工艺,解决这一难题。

1 工件上小孔冲制的难点分析

1.1 孔深比小

孔深比是指工件冲制的孔径(d)与工件材料的厚度(t)之比,即 d/t 。由于凸模的材料,工件原材料的材质和状态,以及模具结构等因素,直接影响到冲孔凸模在冲裁过程中的承压及抗弯能力,即凸模的强度和刚度,因而孔深比允许的范围有所不同。孔深比在不同的范围内,采取对应的冲裁工艺及模

具结构也不同。

在普通冲裁工艺中,由于冲孔时凸模较长一段未被约束,故孔深比较大。例如,当采用的凸模材料许用压应力 $[\sigma_c] = 1\ 500 \sim 2\ 100\ \text{N/mm}^2$,工件的原材料为低碳钢板时,普通冲孔的孔深比 $d/t \geq 1$;原材料为黄铜或较软的铜合金时,孔深比 $d/t \geq 0.9$ 。

如果采用精冲工艺,在专用精冲设备及精冲模架上冲孔,则孔深比 $d/t \geq 0.6$ ^[3]。

在深孔冲裁中,孔深比最小。如在低碳钢、铜及铜合金、铝等中厚板上冲小孔,孔深比为^[1]: $d/t \geq 0.3$ 。

深孔冲裁^[1]是指冲孔的直径(d)小于冲孔的深度(料厚 t)的小孔冲裁,即孔深比 $d/t < 1$ 时的小孔冲裁工艺。深孔冲裁工艺是在普通冲裁工艺的基础上发展起来的,早在精冲工艺推广应用之前,已在机械、电器、仪表等行业中广为应用,随着产业的发展和产品的升级,其工艺及冲模结构仍在不断地推陈出新。

如图2中的动触头,料厚为5 mm,最小孔径为2 mm, $d/t = 0.4$;静触头,料厚为7 mm,最小孔径为3 mm, $d/t = 0.42$;跳扣,料厚为5.5 mm,最小孔径为4.5 mm, $d/t = 0.81$ 。由此可知,这类工件冲孔的主要难点之一,是工件上小孔的孔深比 d/t 均小于1。

综上所述,在这类中厚板工件上加工这些小孔,既要采用冲裁工艺来替代原来的机械加工,又要不增加专用精冲设备及产品制造成本,只能选择深孔冲裁工艺。

1.2 孔边距过小

孔边距(b)是指孔边到工件边缘的距离。为防止工件在冲孔后孔形或工件边缘变形,不同的冲裁工艺对孔边距都有一定的要求。在普通冲裁中,要求孔边距与料厚的比值^[4] $b/t \geq 2$,且 $b > 3\ \text{mm}$;在精冲工艺中,则要求最小孔边距与料厚的比值^[3] $b/t \geq 0.5$;如果采用深孔冲裁工艺,为了防止在冲孔时材料从外形涨出,则要求孔边距与小孔直径的比值^[1] $b/d \geq 2$ 。

从图2中可以看到,动触头有精度要求的最小孔边距为 $b = 2.4\ \text{mm}$,孔边距与料厚的比值 $b/t = 0.48 < 0.5$,不满足精冲工艺的要求;另一指标,孔边距与所冲小孔孔径的比值 $b/d = 1.09 < 2$,这一比值

也不满足深孔冲裁工艺的要求;静触头、跳扣等也都存在上述问题。

图2所示零件的冲孔工艺分析见表1。可知在

这类工件上冲孔时,孔边距大多不仅小于几种冲裁工艺的许可范围,而且孔边距尺寸还有公差要求,这也是要用冲裁工艺全面替代原来机加工工艺的又一难点。

表1 工艺可行性对比分析
Table 1 Process feasibility analysis

各类冲裁工艺对应比的参照值						
冲裁工艺分类			普通冲裁精密冲裁		深孔冲裁	
孔深比 d/t		$\geq 0.9\sim 1$	≥ 0.6		≥ 0.3	
孔边距比 b/t		$\geq 1, \quad b>3\text{ mm}$	≥ 0.5		≤ 3	
b/d						
实例工件尺寸及对应比						
明细	动触头		静触头		跳扣	
	数值	对比	数值	对比	数值	对比
工件材料	铜铁合金板		纯铜板 T2		10 钢板	
料厚 t/mm	5		7		5.5	
小孔直径 d/mm	2.2		3		4.5	
孔边距 b/mm	2.4		3.5		3.25	
孔深比 d/t	0.44	$0.3<0.44<0.6$	0.42	$0.3<0.42<0.6$	0.81	$0.81>0.6$
孔边距比 b/t	0.48	$0.48<0.5$	0.5	$0.5=0.5$	0.59	$0.59\approx 0.6$
b/d	1.09	$1.09<2$	1.17	$1.17<2$	0.72	$0.72<2$
适用的冲孔工艺及难易程度	d/t 适用于深孔冲裁; b/t 接近精冲、但 b/d 超出深孔冲裁允许范围,冲孔难度大。		d/t 适用于深孔冲裁; b/t 可精冲, b/d 超出深孔冲裁允许范围,冲孔难度大。		$d/t, b/t$ 适用于精冲和深孔冲裁;但 b/d 超深孔冲裁允许范围较大,冲孔难度大。	

1.3 孔的尺寸精度、粗糙度等技术指标要求高

如前所述,这些工件上的孔在组件机构上,大多为刚性或活动联结孔,承担着高频率的工作,故要求孔壁光洁、无毛刺、垂直度好;冲孔后工件表面平整;对这些工件上的小孔孔径、孔心距、孔边距等尺寸的精度均有较高的要求,普通冲裁不可能达到,这也是在冲裁工艺及模具设计时,应认真关注的难点。

2 确定深孔冲裁半精冲工艺方案

通过以上分析可知,如图2所示这类中厚板上的小孔冲制,采用普通冲裁工艺不可能完成,而完全采用精冲或深孔冲裁工艺,也都存在难点。在分析研究了精冲、深孔冲裁工艺的特点后,在确定这类工件的冲孔工艺方案时,选择了将精冲工艺的某些“精冲元素”,引入到深孔冲裁工艺中。具体的工艺方案为:采用深孔冲裁半精冲工艺及其模具。主要内容有:引入精冲的强力齿形压板,深孔冲裁的小间隙冲

孔,防止孔边距过小而造成孔边尺寸超差的定(限)位板设计以及大、小导柱的精确导向等。

2.1 引入“精冲元素”——“强力齿形压板”

通过表1的分析,针对这类工件的 b/d 大多小于深孔冲裁工艺的允许范围,而 b/t 则比较接近于精冲时的工艺要求,确定在基于深孔冲裁的模具设计中,引入精冲工艺的重要元素:“强力齿形压板”。

2.1.1 采用“强力齿形压板”可行性论证及试制

强力齿形压板是精冲模具上特有的零件,是在原来冲裁模的压(卸)料板上,在冲裁工件的周边,加工制造了凸出的V形齿圈,并通过精冲设备上的机构,对压板施以足够将齿圈压入被冲材料的压力,从而使精密冲裁得以实施。

精冲模上的强力齿形压板在精冲工艺过程中,主要起到以下几点作用^[5]:将V形齿圈压入工件被冲裁的材料中,阻止了这部分材料的进一步流动;对凸(凸凹)模进行导向;冲制工作完成的同时,迅速平稳卸料。

在精冲模上,落料模的V形齿圈设计在齿形压

(卸)料板上,落料时,齿形压(卸)料板与凹模共同对工件落料外周边施加压力。冲孔模的V形齿圈设计在冲孔凹模内的反向顶板(杆)上,冲孔时,由凸模与凹模内的反向顶板对孔的内周边施加压力。在强压力下,V形齿圈分别压入落料轮廓的外周边或冲孔孔径的内周边,从而在工件被冲裁的材料周边形成三向压应力状态,抑制了剪切区以外材料的流动,增加了工件处于变形区及其附近区域材料的静水压,使精冲与普通冲裁时的变形机理完全不同。在静水压作用下,抑制了材料以断裂的形式分离,故精冲工件剪裁面光洁,断面垂直度好,工件平整,尺寸精度高。

根据精冲模的设计原则^[3],当孔径 $d < 30$ mm时,不会产生剪切区以外材料的流动,所以不需要在反向顶板(杆)上设计V形齿圈。上述这类中厚板工件上的小孔孔径 d 都很小,同时,普通冲床上没有反向顶压装置,工作节奏也比较快。如果设计反向顶压装置,在冲孔过程中,从凹模孔内顶出的废料清除极不方便,稍不注意,将会损坏模具甚至造成损伤设备的恶果,故确定,在半精冲模具上不设计反向顶压装置,而是将落料精冲模的齿形压(卸)料板,应用到深孔冲裁半精冲冲小孔的模具中,V形齿圈仍然设计在压(卸)料板上,如图3所示。

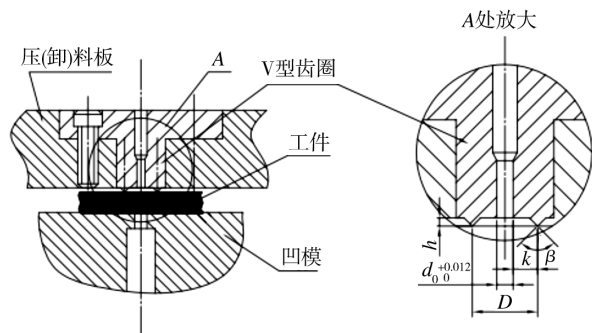


图3 V形齿圈结构

Fig. 3 Structural drawing of V ring gear gag

从图3中可以看到,V形齿圈分布在小孔周边,在深孔冲裁开始前,先将压(卸)料板上的V形齿圈压入工件冲孔区材料的外周边,与凹模表面共同压紧被冲工件,使工件在冲孔的整个冲程中,上、下表面均被紧紧压住,不可能产生拱起、弯曲等变形,从而保证了冲小孔后工件表面平整。压(卸)料板施加的压紧力随着冲孔行程的进行不断增加,进而抑制

了除V形齿圈内侧产生的压应力以外的其它侧向力的干扰,保障了凸模工作状态平稳,冲出的孔与工件平面垂直度好。同时采用了小间隙深孔冲裁,在冲孔区周边形成了三向压应力状态,增加了工件冲孔变形区及其附近区域材料的静水压,使整个冲孔过程中,材料不是被剪裂,而是在凸模冲入材料厚度90%~95%(不同材料、不同料厚略有不同)后以塑性变形的方式分离,故冲出的孔壁光亮如镜面,无毛刺,是一般机械加工不能比拟的。由于V形齿圈近距离压入孔区周边的材料抑制了冲孔区以外材料的流动,即除冲孔区的材料外,在V形齿圈以外的材料不再流入,从而使这类孔边距($b/t, b/d$)过小的工件上的小孔冲制,得以顺利完成。

试制成功后,进行了量产验证,并将零件组装到整机上运作,产品的各项技术指标均达到了设计要求。小孔冲制完后,在孔的周边,留有一圈深度 ≤ 0.5 mm的压痕,并不影响工件的使用性能。

2.1.2 V形齿圈结构设计

V形齿圈如图3所示,图中: k 为V形齿圈与冲孔凸模刃边的距离; β 为V形齿角度; h 为V形齿高; D 为齿中径; d_0 为小孔凸模直径。

由于小孔凸模直径 d_0 、孔深比 d/t 、孔边距 b/t 、 b/d 均较小,故V形齿圈的上述参数并没有套用精冲的相关数值,而是采用在模具试制中得出的经验数据: $D = d_0 + (2 \sim 3)$ mm; k 为1~1.5 mm; β 为 $60^\circ \sim 90^\circ$; h 为0.3~0.5 mm。

为使小凸模在承载和卸载时,不易弯曲或折断,V形齿圈与凸模工作部位尺寸加工为滑动配合,从而对凸模起到了保护和导向的作用。

V形齿圈为易磨损件,故设计为易于拆卸,方便维修、更换的结构形式,如图3所示。

V形齿圈采用Cr12钢加工,热处理硬度为52~56 HRC。

2.1.3 采用“聚氨酯弹性体”施加压力

一般精密冲裁在精冲压力机上进行,精冲开始前,齿形压(卸)料板通过精冲机上的液压机构施加压力,将V形齿圈压入工件材料,与凹模一起被冲工件紧紧压住。这种强力压紧,必须从冲裁开始一直保持到冲裁完成,这是完成精冲最重要的环节。

由此可知,精冲时施加在齿形压(卸)料板上的压力必须具备以下特点:压力必须大到足以将V形齿圈压入工件材料;压力必须从冲裁开始一直保持

到冲裁完成;压力在施压及卸载的过程中,都必须平稳,不能产生其它附加力,以免凸模受损或折断。

经过对小液压缸、弹簧、橡胶及聚氨酯弹性体等可施加压力的弹性组件进行性价比分析,最后确定采用承压能力高,性能好,工作稳定、邵氏硬度 $\geq 80\sim 85A$ (GB 7650.9—1994)的聚氨酯弹性体。

这类聚氨酯弹性体结构简单,使用方便,比普通橡胶强度高,弹性好,耐油,耐老化,压缩量可达35%。当采用 $32\text{ mm}\times 10.5\text{ mm}\times 25\text{ mm}$ (GB 7650.9—1994)的聚氨酯弹性体,在压缩量为10%~35%时,工作负荷可达 $650\sim 3\,210\text{ N}$,完全可以将V形齿圈压入工件材料,并在整个冲孔过程中,保持对齿形压(卸)料板的压力。

保证在冲孔工作完成后能平稳卸料,是深孔冲裁时又一关键问题。深孔冲裁的凸模大多直径较小,通常直径小的凸模在实施冲孔工作时,因承受压应力而不易折断,但冲制完回程卸料时,常因工件材料回弹后“抱紧了”凸模,导致这类直径小的凸模在卸料时更易折断。在如图4所示的半精冲模上,由于采用了聚氨酯弹性体,使齿形压(卸)料板加载和卸载工作时均十分平稳,在完成冲孔后的回程瞬间,即平稳地卸下工件,保障了凸模不易折断。

聚氨酯弹性体的压紧力是随着压缩行程而较快增加的(详见GB 7650.9—1994),因此应注意以下几点:在调整模具时,控制好聚氨酯弹性体的压缩行程(可在调试后,安装限位块);模具设计时,应特别注意为聚氨酯弹性体压缩后涨出的直径预留出足够的空间,空间尺寸应大于GB 7650.9—1994中D1的尺寸,否则,聚氨酯压缩后涨出时遇到阻碍,其强度和硬度将会急剧增加,极易造成模具甚至设备的损坏。

2.1.4 深孔冲裁半精冲冲裁力 $F_{\text{总}}$ 的确定

$$F_{\text{总}} = F_{\text{冲}} + F_{\text{压}}$$

式中: $F_{\text{冲}}$ 为普通冲裁的冲孔力; $F_{\text{压}}$ 为压料力,按精冲V形齿圈压紧力计算^[3]。

$$F_{\text{压}} = L \cdot h \cdot \sigma_b \cdot f_2$$

式中: L 为剪切线周长; h 为V形齿高; σ_b 为抗拉强度, N/mm^2 ; f_2 为系数。

根据经验公式^[3]:

$$F_{\text{压}} = (0.4 \sim 0.6) F_{\text{冲}}$$

故 $F_{\text{总}} \approx (1.4 \sim 1.6) F_{\text{冲}}$

选择冲压设备时,应选择压力机的公称压力大于 $F_{\text{总}}$ 。

2.2 冲孔间隙及冲孔凸模工作部位尺寸的确定

在中厚板上进行深孔冲裁时,采用小间隙冲裁,一般取冲孔凸、凹模双面间隙 $2c = (0.015 \sim 0.025)t$,冲孔的材料较厚、较软时,双面间隙 $2c$ 取较小值,冲出的孔壁表面粗糙度更低,断裂面更小。例如:静触头材料为T2纯铜,料厚为7 mm,取冲孔凸、凹模双面间隙 $2c = 0.12\text{ mm}$,冲孔后孔壁光亮带达到95% t 以上,断裂面高度小于0.3 mm;跳扣材料为10钢板,较T2纯铜硬,料厚为5.5 mm,取冲孔凸、凹模双面间隙 $2c = 0.15\text{ mm}$,冲孔后孔壁光亮带同样达到了95% t 以上,断裂面高度小于0.2 mm。

从图2上可以看到,这些小孔直径都标注有公差,孔径的尺寸精度由冲孔凸模工作部位的尺寸精度来保证。同时还应考虑到,由于冲孔是在V形齿圈压紧下进行,又是小间隙冲孔,故冲孔完成后,孔的直径会因弹性恢复而缩小(0.008~0.015) mm,因此在确定冲孔凸模工作部位尺寸时,宜选择图纸尺寸允许的较大值。

如图4所示凸模,材料为Cr12,淬火硬度为56~58(>58) HRC,一次刃磨寿命在5 000冲次以上(凸模刃部磨损出很小的圆角时,冲制效果仍然很好),如冲制T2紫铜等软材料时,这类凸模使用寿命可达10 000冲次以上。

2.3 定(限)位板的设计

由于这类工件的孔边距过小,为防止在强力压紧下材料从孔边距涨出,或冲孔后回弹时,孔到边的尺寸发生变化,影响工件的精度要求,故在设计定位板时,应对有孔边距公差要求的边“限位”,以保证工件的精度要求;而对无孔边距公差要求的边则“放开”,给工件材料在卸载后的涨出和回弹留出一定空间;还应考虑留出为取出工件时用的槽,否则将很难从定位板中取出冲完孔后的工件,如图5d所示。

定(限)位板的厚度 T ,应小于工件料厚 t ,即 $T = t - (0.5 \sim 1)\text{ mm}$ 。

2.4 精确的模具导向

深孔冲裁半精冲模由于采用了齿形压(卸)料

板,以及小间隙冲裁等工艺措施,因而要求模具上有精确的导向设施,并在模具制造时予以保证。

深孔冲裁半精冲模上采用内、外导向的设计,即由外滑动(或滚动)导柱、导套,承担模架整体导向,4 个小导柱实施深孔冲裁时的精确导向,如图 4 所示。

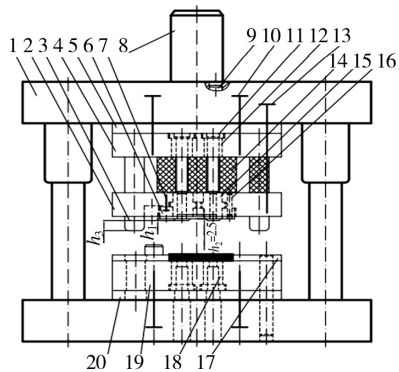
3 深孔冲裁半精冲模具结构实例

跳扣深孔冲裁半精冲双孔模如图 4 所示,跳扣冲双孔模部分模具零件如图 5 所示。

在设计模具的结构时,除考虑如何实现上述工艺方案的要求外,还应考虑模具的制造工艺,使加工后的模具零部件组装后,能保证模具在冲制工作中达到设计的预期效果,并具备可操作性,简便易行。

3.1 相关联的零部件应尽可能设计为可同步加工

以图 4 所示的模具为例,为保证小间隙深孔冲裁时的工作精度,特别将凸模固定板 4、压(卸)料板 2 和凹模固定板 19 上的工作部位尺寸与凸模套 12 与 V 形齿圈 15 及凹模 18 的安装尺寸等,设计为相



1. 导柱、导套模架 2. 压(卸)料板 3. 小导柱 4. 凸模固定板 5. 凸模垫板 6. 齿圈压板 7. 沉头螺钉 8. 模柄 9. 销钉 10. 内六角螺钉 11. 凸模 12. 凸模套 13. 卸料螺钉 14. 聚氨酯弹性体 15. V 形齿圈 16. 小销钉 17. 定(限)位板 18. 凹模 19. 凹模固定板 20. 凹模垫板

图 4 冲双孔模具

Fig. 4 Die drawing of punching two holes

同的配合尺寸,且均为 H7/m6 配合精度(详见图 5),使这几个模具零件在制造时,可以一次装夹,同步加工,从而保证了凸、凹模工作时的同轴度,以及在很小的冲孔间隙时,凸、凹模间隙分布均匀。

为实现小导柱精密导向,凸模固定板 4、压(卸)

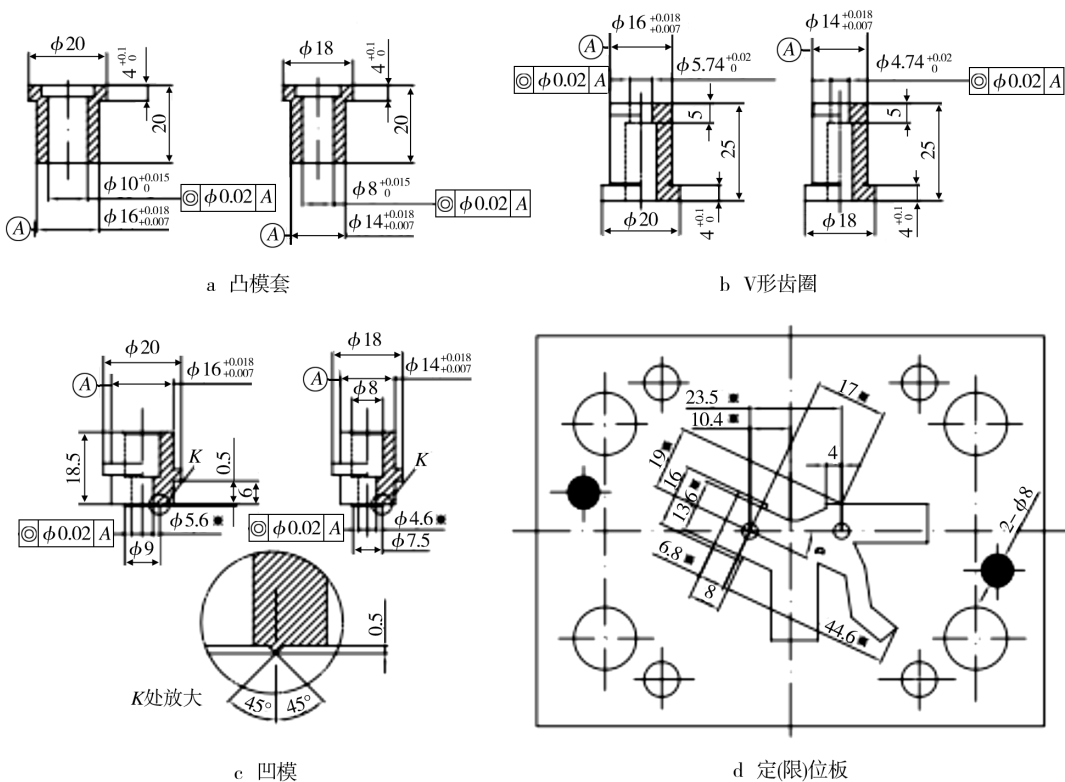


图 5 部分模具零件

Fig. 5 Detail drawing of the die parts

料板 2 和凹模固定板 19 在同步加工 4 个小导柱孔时,应先按凸模固定板 4 的尺寸及 H7/m6 配合精度加工,然后再将压(卸)料板 2 和凹模固定板 19 的 4 个小导柱孔加工为滑配合公差。从图 4 中可以看出,在冲孔工作开始前,小导柱 3 已先期进入凹模固定板 19,从而保证了模具工作时的精确导向。

为保证工件孔位尺寸的精度要求,定(限)位板 17 与凹模固定板 19,应先同时加工出 2 个定位销孔,如图 5d 上 $2-\phi 8$ mm 孔,然后,再将定位部位尺寸按图纸要求加工。

3.2 凹模工作刃部高度 h

深孔冲裁时,孔直径都很小,又是小间隙冲孔,为减小凸模冲孔时的阻力,防止凸模折断,在设计凹模和下模的排料孔时,必须保证废料及时排除,畅通无阻,严格防止工件冲下的废料滞留或堵塞(注意:小间隙冲孔时,工件冲下的废料常常会粘连成串)。

凹模的工作刃部高度 h 应小于或等于料厚,即: $h \leq t$,如图 5b 所示。如跳扣料厚 $t=5.5$ mm,凹模的刃部高度 $h=5$ mm,使刃部只存留上一冲次的废料,下一冲次时废料及时落下,从而保证了冲孔凸模良好的工作状况,延长了使用寿命长。

3.3 关注几个“高度差”

为保证深孔冲裁半精冲孔模达到预期的冲制效果,模具组装、调整和维修模具时,应特别注意几个“高度差”。

1) V 形齿圈 15 与齿圈压板 6 的高度差 h_1 ,应正好等于 V 形齿的高度($h_1=0.5$ mm)。如果过高,压板压不到工件;如果过低,V 形齿不能全部压入材料。

2) 凸模 11 与 V 形齿圈 15 的高度差 h_2 ,应为聚氨酯弹性体 14 压缩量的 8%~15% ($h_2=2.5$ mm),工件材料较硬、较薄时取较大值。如高度差太小,预压力太小,不足以将 V 形齿圈压入工件材料。

3) 小导柱 3 与 V 形齿圈 15 的高度差 h_3 ,应能保证小导柱 3 已进入凹模固定板 19 开始导向后,V 形齿圈 15 再压入工件($h_3 \geq 8$ mm),如图 4 所示。

4 结语

深孔冲裁半精冲工艺及模具的成功投产,全面替代了原来的机械加工工艺,完成了对这类中厚板工件上小孔的加工,证明了对于某些中厚板上的结构用小孔,当其孔深比 d/t 、孔边距比 b/t 、 b/d 均较小时,可以采用深孔冲裁半精冲工艺,在普通冲压设备上,完成冲孔加工。冲出的孔,孔壁光亮如镜面,孔壁表面粗糙度 R_a 可达 $0.2 \sim 0.6 \mu\text{m}$,光亮面深度达 95% t 以上,无毛刺;孔边塌角小,孔对工件上、下平面垂直度高;工件表面平整,小孔的位置精度及尺寸精度均达到设计要求。在批量生产中,与原来采用机械加工的方法相比,产品质量得到了有效控制,质量稳定,合格率达到 98% 以上,保证了产品的出口任务;减少了加工工序,生产率大大提高;降低了产品制造成本,取得了良好的技术经济效益,有很高的实用价值。

本案例简单易行,适于中小企业应用。

参考文献:

- [1] 张鼎承,王镜秋,邓石诚,等.冲模设计手册[M].北京:机械工业出版社,1998:114-131.
- [2] 卢险峰.冲压工艺模具学[M].北京:机械工业出版社,1998:27-32.
- [3] 周开华,么廷先,齐翔宪.简明精冲手册[M].北京:国防工业出版社,1993:5-118.
- [4] 杨玉英,崔令江,胡伟丽,等.实用冲压工艺及模具设计手册[M].北京:机械工业出版社,2005:187-197.
- [5] 李硕本,郭斌,涂光琪,等.锻压手册:冲压[M].第2卷.北京:机械工业出版社,2008:91-196.