

一种简易弯曲模具的设计与应用

杨帅

(海翔机械厂 河北 邯郸 057150)

摘要: 由于模具技术具有形状复杂,加工精度高;模具材料性能优异,硬度高,加工难度大;模具生产周期长,成本较高等特点,模具技术已成为衡量一个国家产品制造水平高低的重要标志。本文介绍了一种高温合金冷轧软带材的弯曲方法,采用了一种简易的弯曲模具进行弯边操作。该模具由通用模柄、凸模、凹模、凹模固定板和定位销组成。该简易模具维修方便,制造容易,结构简单,重量较轻。经过实际试验,该模具很好地完成了零件的双向弯边,由于精简了模架等零件,降低了开发成本和周期,对小批量生产很有借鉴意义。

关键词: 简易弯曲模; 模具间隙; 小批量生产

0 引言

冷冲压件在进行模具设计时,首先需考虑冲压工艺方案的设计。一个完整的冲压件一般存在多道冲压工序,分析设计出合理的冲压工序才能确保冲压件的质量以及生产效率。冲压工艺方案制定完成后,需要针对每一工序进行冲压模具设计。而该模具必须确保能够成功地完成该工序的任务。冲压工艺方案和冲压模具设计两者都合理才是该冲压件最终成功的标志。现车间有一试制零件,用UG建模^[1](图1),零件材料为高温合金冷轧带材,牌号为GH605,材料厚度为0.25mm。

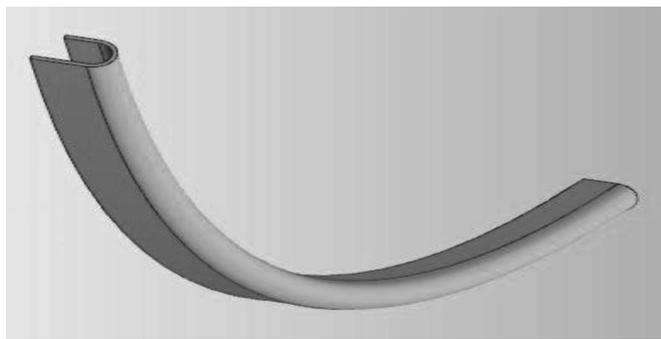


图1 零件三维模型

1 加工方式的选择

此类零件当采用冲压模具进行制造时,存在两道工序:落料和弯曲成形。故需要设计两套模具,但是考虑到此次批量较小,而且类似件较多(共18项),如果照此方案设计制造模具,则准备周期较长且缺乏经济优势。经过深入分析,认为此零件形状相对比较简单,决定设计一种简易弯曲模具,而弯曲成形前的半成品通过线切割的加工方式完成。综合衡量,采用这种方法,可以缩短制造周期,而且节约了成本,更加合理可行。

2 弯曲件的工艺性

弯曲变形包括弹性弯曲阶段、弹-塑性弯曲阶段和纯塑性弯曲阶段。弹性弯曲是材料在外力作用下产生变形,当外力去除后变形完全消失的现象,而塑性变形是指外力作用下材料发生不可逆、永久的变形,且材料经受此变形而不破坏的情况。

对弯曲件工艺性影响最大的因素是弯曲半径、弯曲件的几何形状、材料的机械性能及尺寸精度。

(1) 最小弯曲半径:在保证外层纤维不发生破坏的条件下,所能弯曲零件内表面的最小弯曲半径,称作弯曲件的最小弯曲半径,表示弯曲时的成形极限。最小弯曲半径的影响因素有:①材料的机械性能;②弯曲线方向;③板料宽度;④板料的表面质量;⑤弯曲角;⑥板料的厚度。

(2) 弯曲件的直边高度:弯曲件的直边高度不宜过小,应满足 $h > R + 2t$ 。如果弯曲边的高度过小,则难以形成足够的弯矩。本文中零件 $2.9 > 0.92 + 2 \times 0.25$,满足要求。

经分析,本文介绍的零件平均精度较低,制造方法非切削加工较多,加工费用较低,所以其工艺性较好,此次设计的弯曲模具具有很大的可行性。

3 设计要点

3.1 凸、凹模间隙确定

U形弯曲模是一种常见的冲压模具,U形件弯曲凸、凹模单边间隙公式为:

$$Z=t(1+n)$$

式中:Z—凸、凹模单边间隙;

n—系数,其与弯曲件的高度和弯曲线长度有关;

t—板料公称尺寸。

U形件弯曲时,必须合理选择凸、凹模间隙。间隙过大,则回弹大,弯曲件尺寸和形状不易保证;间隙过小,

弯曲力增大,且使工件变薄,降低模具寿命。在制品的精度要求较高时,间隙值往往适当减小。该零件截面宽度尺寸公差为 $\pm 0.02\text{mm}$,精度较高,经查表 n 取0.05,计算得间隙 $Z=0.25 \times 1.05=0.2625$ (mm)。综合考虑,凸、凹模单边间隙设计为 $0 \sim 0.02\text{mm}$;凸模尺寸根据单面间隙配制。而这种情况下,间隙过小不易回弹顶出,不易脱模卸料,而且若回顶力量过大有可能将零件挤压变形,因此,在凹模下端设计空刀槽,让零件从上至下一贯到底。

3.2 凹模深度及凸、凹模圆角半径

凹模深度的设定:由于采用零件从下端取出的方式,所以凹模深度只需大于短边高度即可,这样不会浪费模具钢材而且压力机的工作行程较小,同时也能控制零件的回弹,综合考虑,最终决定将凹模工作部分深度定为4mm。

凹模圆角半径:凹模圆角半径不宜过小,以免擦伤零件表面,同时也影响凹模使用寿命,且两端圆角半径应一致,避免毛坯在弯曲过程中发生滑移,取 $r_{\text{凹模}}=2t=0.5\text{mm}$ 。

凸模圆角半径:一般情况下,凸模圆角半径等于或略小于工件内侧的圆角半径。当工件圆角半径较大($R/t > 10$),而且精度要求较高时,应考虑回弹的影响,将凸模圆角半径根据回弹角的大小作相应的调整,以补偿弯曲的回弹量。本文中的零件 $R/t \approx 3.7$,故选择凸模圆角半径等于零件内侧圆角半径。

3.3 凸、凹模定位

零件精度较高,凸、凹模需定位准确,否则毛坯两端间隙不均,一侧受挤压力偏大,一侧压力偏小,零件在弯曲成形时容易受力不均而使毛坯产生滑移,导致弯曲件的尺寸达不到要求^[2]。因此,在凸、凹模上设计两处定位孔,用以确定凸、凹模对应的位置,起到导柱的作用。确定了凸、凹模的位置,展开零件也需在正确的位置才能正确弯曲,因此在凹模上设计定位槽,使定位板与凹模一体化,定位准确、方便。

3.4 弯曲力计算及校正

3.4.1 弯曲力计算

对于U形件,其最大自由弯曲力为:

$$F_{\text{自}} = \frac{0.7kbt}{r+t} \sigma_b$$

式中: $F_{\text{自}}$ —最大自由弯曲力;

σ_b —材料抗拉强度;

k —安全系数,一般 k 取1.3;

b —弯曲件宽度。

经计算 $F_{\text{自}} \approx 435\text{N}$ 。

3.4.2 校正弯曲

板料经自由弯曲阶段后,开始与凸、凹模表面全面接触,此时,凸模继续下行,零件受到模具挤压继续弯曲,弯曲力急剧增大,称为校正弯曲。校正弯曲的目的,在于减少回跳,提高弯曲质量。校正弯曲力的计算公式为:

$$F_{\text{校}} = Ap$$

式中: $F_{\text{校}}$ —校正弯曲力(N);

A —弯曲件校正部分的投影面积(mm^2);

p —单位校正力。

经查表计算 $F_{\text{校}} \approx 47.8\text{kN}$ ^[3],现车间有开式固定台压力机JH21-25,其滑块公称压力为250kN,滑块行程80mm,最大闭合高度250mm,滑块底面与工作台距离调节量50mm,工作台尺寸400mm \times 700mm,滑块上模柄孔尺寸 $\phi 40\text{mm} \times 60\text{mm}$ 。对于校正弯曲,其弯曲力比自由弯曲力大得多,所以在弯曲过程中可仅以校正弯曲力作为依据,即 $F_{\text{压机}} \geq F_{\text{校}}$,由上述数据可知,设备完全满足使用需求。

由于压力机的模柄孔尺寸确定了,故模柄选择凸缘通用模柄,其可以直接与凸模上端面相连接,组成上模。

3.5 弯曲毛坯的尺寸计算

已知板料弯曲时,原则上应变中性层的长度是不变的。因此,弯曲件工艺设计时,可以根据这一原则来计算展开长度。即先将零件划分为直线区和圆角区,再把直线部分长度和圆角部分长度相加。但实际上圆角部分需要考虑材料的变形和应变中性层的相对移动。生产实践指出,中性层的位置与弯曲方法、模具结构、弯曲件形状及其尺寸标注等多种因素有关,所以毛坯展开长度的计算方法,在不同的情况下也略有差异。由于本文中的零件尺寸公差较大,可忽略此差异的影响,经过计算,毛坯展开见图2。

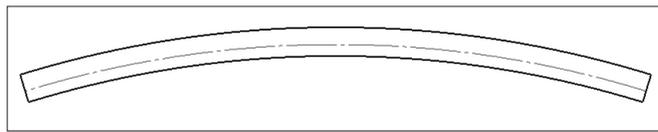


图2 毛坯展开图

4 弯形模具加工制造

确定了设计方案,简易模具结构设计见图3,由模柄、凸模、凹模、凹模固定板、定位销和固定螺钉组成。视图的表达方式以剖视为主,结合俯视图反映模具的下模俯视图可见部分。模柄采用比较常用的凸缘模柄,其中凸、凹模作为主体部分,其保证了零件的主要尺寸,材料采用CrWMn,进行热处理HRC50~55,保证其高硬度与高耐磨性。由于零件图纸尺寸标注为外侧宽度,所以凹模尺寸要符合其公差要求,选用北京精雕数控机床进行加工,型号为Carver600V,其加工精度为0.01mm,工作台尺寸为650mm \times 650mm,能够满足要求。

在加工凹模(图4)时,由于槽为弧形且很窄,导致其不易测量,车间现有的通用量具无法测量,故设计制造了辅助工装:简易塞规(图5),凹模槽尺寸公差范围为0.04mm,经查其适用量规公差等级为IT10,公差范围为 $2.4\mu\text{m}$ ^[4],经车工—无心磨制造完成,用以检测凹模弧形

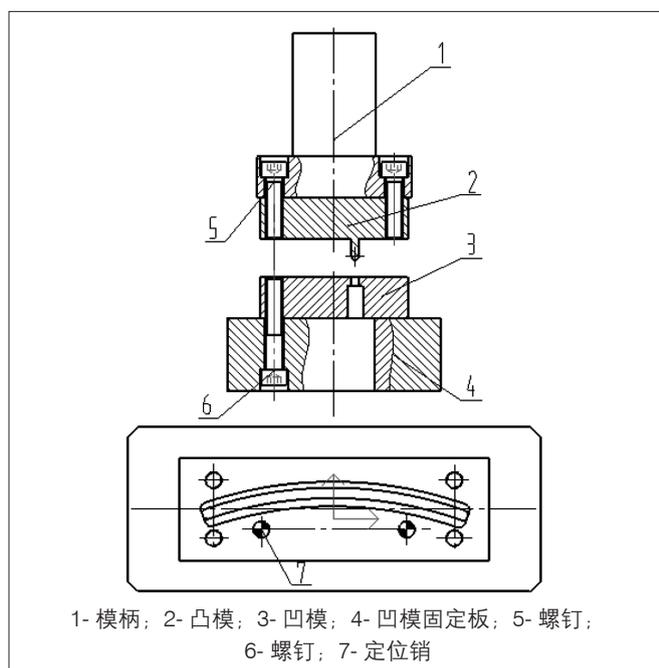


图3 简易模具结构图

槽尺寸是否在公差范围内。

在凸、凹模加工过程中，各面均进行磨削抛光，零件中心线作为工艺基准和设计基准，在加工定位孔和弧形凸台/弧形槽时，基准一致。同时采用精雕机床加工，保证其工作部分表面粗糙度不高于 $1.6\mu\text{m}$ ，以避免在与工件接触时划伤工件。采用MK2945C连续轨迹数控坐标磨床加工凸、凹模的定位孔，其参数如下：X、Y定位精度为 0.007mm ，重复定位精度为 0.005mm ，工作台尺寸为 $450\text{mm}\times 800\text{mm}$ ，性能能够满足图纸要求，将其位置度保证在 $\phi 0.02\text{mm}$ 以内，确保凸、凹模两侧间隙一致。由于此类零件共18项，考虑到成本和效率，凹模固定板（图6）设计成通用零件，在加工一种零件时，只需将模柄和凹模固定板分别装到凸模和凹模上即可完成一套简易弯曲模具的装配。

5 工作原理

(1) 装夹模具：凹模与凹模固定板用4个内六角圆柱头螺钉进行连接固定，然后将其用压板固定到压力机的平台上；模柄用4个内六角圆柱头螺钉紧固到凸模上；将定位销穿入凸、凹模的定位孔内，然后用压力机挡板夹紧模柄并固定；将压力机上平台升起，取出定位销。

(2) 工作过程：将毛坯放至凹模的定位槽内，凸模下行，将零件压入凹模成形槽内，凸模继续下行，将零件压出成形槽，进入空刀槽后，零件自由下落至压力机下平台上，同时凸模上行返回至初始位置。至此，压力机完成一次冲压行程，将零件从凹模固定板的槽底取出，零件一次成形，生产效率较高。

(3) 说明：零件成形后经测量各项尺寸均在公差要求范围内，弯曲前的展开尺寸经线切割两次试加工得到与凹

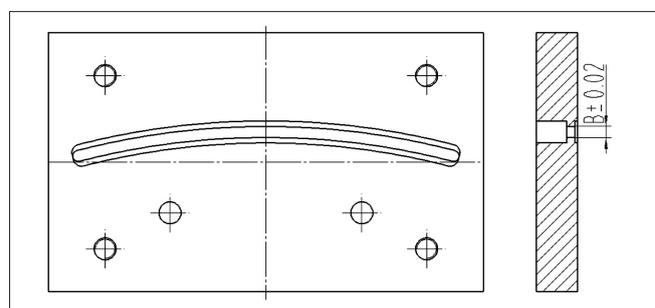


图4 凹模

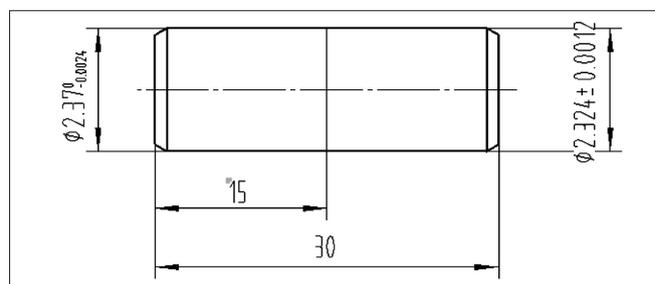


图5 简易塞规

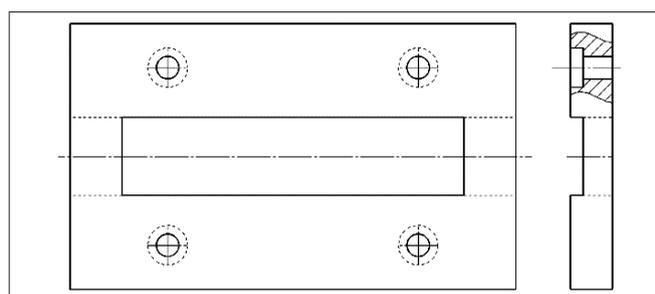


图6 凹模固定板

模定位槽合适的间隙配合，经现场试装，产品完全满足使用要求。零件允许在夹具上检查尺寸，故尺寸B在卸料后的略微回弹不影响使用。

6 结语

(1) 经过使用，该弯形模具能满足要求，使用方便、效果良好，此模具各分件结构简单，加工容易，维修方便，容易替换。

(2) 通过该弯形模具的设计，为以后同类产品提供了有效的、可借鉴的方法。

参考文献：

- [1] 王中行，安征. UGNX7.5 中文版基础教程 [M]. 北京：清华大学出版社，2012: 113-115.
- [2] 丁松聚. 冷冲模设计 [M]. 北京：机械工业出版社，2001: 129-133.
- [3] 肖景容，姜奎华. 冲压工艺学 [M]. 北京：机械工业出版社，2013: 57-58.
- [4] 郭镇邦. 机械工业最新基础标准应用手册 [M]. 北京：机械工业出版社，1988: 146-150.