

模具

LED 射灯灯座冲压工艺分析与复合模具设计

张日红, 李小敏, 白振伟, 姚华平

(仲恺农业工程学院 机电工程学院, 广东 广州 510225)

摘要: 根据 LED 射灯灯座的结构和尺寸, 以及铝质原材料的特性, 对其零件的加工工艺进行了分析。为了降低原材料成本, 设计了落料、拉深和冲孔、冲侧槽和钻侧孔 3 套模具, 在落料模具的凸模上安装橡胶块, 通过橡胶块弹力将切断后的铝板从凸模上推开, 解决了铝板粘在凸模上的问题; 将铝板拉深后再冲孔, 解决了先冲底孔再翻边后翻边孔容易爆裂的问题; 在冲头上安装螺母、螺纹机构, 使冲头侧向移动时, 同时产生旋转运动, 使侧冲头具有钻孔的功能; 将冲侧槽与钻侧孔两个工序放在同一套模具中, 可以节省加工工位。与采用铝棒车削加工射灯灯座相比, 新工艺的成本显著降低。

关键词: 射灯灯座; 复合模; 拉深冲孔; 钻侧孔; 铝材

DOI: 10.13330/j.issn.1000-3940.2022.02.027

中图分类号: TG385

文献标志码: A

文章编号: 1000-3940 (2022) 02-0172-05

Stamping process analysis and composite die design for LED spotlight holder

Zhang Rihong, Li Xiaomin, Bai Zhenwei, Yao Huaping

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China)

Abstract: According to the structure and size of LED spotlight holder, as well as the characteristics of aluminum raw materials, the processing technology of its parts was analyzed. In order to reduce the cost of raw materials, three sets of dies were designed, including blanking, drawing and punching, punching side groove and drilling side hole. Then, the rubber block was installed on the punch of blanking die, and the cut aluminum plate was pushed away from the punch by the elastic force of rubber block, which solved the problem of aluminum plate sticking on the punch. Furthermore, the aluminum plate was drawn and then punched, which solved the problem that the flanged hole was easy to burst when the bottom hole was punched first and then flanged, and the nut and thread mechanism was installed on the punch to make the punch rotate when moving laterally, so that the side punch was of the function for drilling. Finally, the two processes of punching side groove and drilling side hole were put in the same set of die to save the processing station. Thus, compared with the use of aluminum rod turning to process the spotlight holder, the cost of the new process was significantly reduced.

Key words: spotlight holder; composite die; drawing and punching; drilling side hole; aluminum material

LED 灯饰广泛应用于各种室内、户外显示屏等场合, 表现出节能、响应速度快、可靠性高等优点, 逐步取代了传统灯饰。LED 射灯灯座的材质为铝, 最开始开发这款产品时采用铝棒车削的加工工艺, 车削量较大、原材料的利用率低^[1]。由于铝材料的塑性较好, 先用冲床在铝板上冲压出射灯座的毛坯, 再在数控车床上进行车削加工, 可以很大程度地减小

车削的加工量。为此设计了落料、拉深和冲孔、冲侧槽和钻侧孔 3 套模具来进行 LED 射灯灯座的初期加工, 其中拉深和冲孔以及冲侧槽和钻侧孔属于复合模具, 与单冲模具相比, 复合模具能够一次性完成多个工序, 可以减少物料的周转环节、减少工作岗位、提高机床的使用效率^[2-4]。在当前生产成本较高的形势下, 用铝板代替铝棒生产灯座, 用复合模具取代单模具, 是生产厂家降低生产成本的一种有效方法^[5]。

LED 射灯灯座的结构如图 1 所示, 厚度为 2.0 mm, 外径为 $\Phi 108$ mm, 内孔直径为 $\Phi 76$ mm, 圆柱部分的高度为 15 mm, 在圆柱的不同方向上各有两个埋头孔和两条 T 形槽。大批量生产, 要求表面光洁度高, 可以将 LED 射灯灯座视为在铝板上翻边后, 再在圆柱上用冲床冲出 T 形槽, 用钻床钻出

收稿日期: 2021-02-08; 修订日期: 2021-05-07

基金项目: 2020 年广东省本科高校教学质量与教学改革工程项目 (粤教高函 [2020] 19 号)

作者简介: 张日红 (1980-), 男, 博士, 副教授

E-mail: zrh-neu@163.com

通信作者: 李小敏 (1981-), 男, 博士, 副教授

E-mail: lixiaomin@zhku.edu.cn

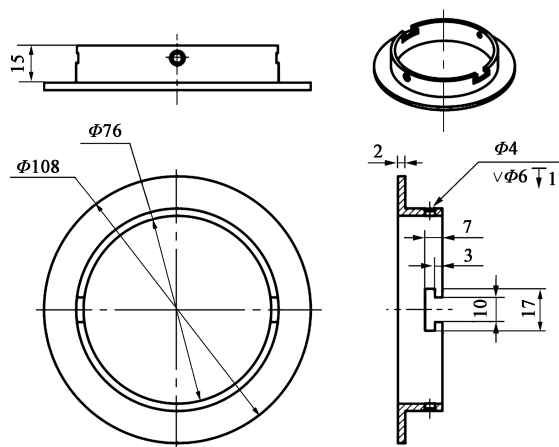


图1 LED射灯灯座零件图

Fig. 1 Part drawing of LED spotlight holder

埋头孔,然后精车而成。LED射灯灯座的材料为纯铝,是一种很轻的金属,其抗拉强度 R_{el} 为90 MPa,抗剪强度 τ_b 约为80 MPa,伸长率 A 为25%,屈服强度 R_m 为50~80 MPa,散热效果好。

1 冲压工艺分析

该产品至少由落料、拉深、冲底孔、冲侧槽、钻侧孔、精车等6道工序加工成形,并且冲侧槽和钻侧孔各需2道工序,共需要8道工序。可以有3种不同的冲压工艺加工该产品。第1种工艺是用单工序模具加工,具体冲压工序为:落料→拉深→冲底孔→冲侧槽(2道)→钻侧孔(2道)→精车。该工艺的优点是模具简单,故障率少;缺点是冲压工序多,且物料周转环节多。第2种工艺是用复合模具加工,具体冲压工序为:落料→拉深和冲孔→冲侧槽和钻侧孔→精车。该工艺的优点是工序较少,在冲床上完成冲侧槽和钻侧孔,只需要4道工序,且物料周转环节较少;缺点是复合模具比单冲模具复杂。第3种工艺是用级进模具生产该产品。该工艺的优点是仅需要1台机床即可连续冲压,生产效率很高;缺点是级进模具在连续生产时,模具的温度很高,铝件受热后会粘在模具凸模上,不会自动脱落,容易发生故障^[6-7]。经过综合分析,选用复合模具的冲压工艺生产该产品。

2 落料模具结构设计

运用冲床加工出该产品的毛坯之后,还需要精车才能得到成品,必须为精车预留余量,因此,需将毛坯适当放大,将毛坯直径设定为 $\Phi 110$ mm,毛

坯的厚度为3.0 mm。确定毛坯尺寸后,还需要在落料模的凸、凹模之间设置间隙,才能制造出合格的落料模。当凸、凹模的制造公差满足间隙公差式(1)时,才可以用式(2)、式(3)计算凹、凸模的尺寸。

$$|\delta_T| + |\delta_A| \leq Z_{\max} - Z_{\min} \quad (1)$$

$$D_A = (D_{\max} - x\Delta)_0^{+\delta_A} \quad (2)$$

$$D_T = (D_A - Z_{\min})_0^{-\delta_T} \quad (3)$$

式中: δ_A 、 δ_T 分别为凹、凸模的制造公差; Z_{\max} 和 Z_{\min} 分别为凹、凸模之间的最大和最小间隙; D_A 、 D_T 分别为落料模凹、凸模刃口尺寸; D_{\max} 为凹模刃口的上极限尺寸; x 为磨损系数; Δ 为尺寸公差。

凹、凸模最大间隙和最小间隙分别为0.24和0.16 mm,凹、凸模制造公差分别为+0.035和-0.025 mm,磨损系数为0.75。因该落料件为毛坯料,对尺寸的精度要求低,按GB/T 15055—2021^[8],尺寸公差为 ± 1 mm,即 Δ 为2 mm, D_{\max} 为111 mm,按照式(2)和式(3)计算可得凹、凸模尺寸为: $D_A = 109.5_0^{+0.035}$ mm, $D_T = 109.32_{-0.025}^0$ mm, $|\delta_A| + |\delta_T| = 0.06$ mm, $Z_{\max} - Z_{\min} = 0.08$ mm,满足间隙公差式(1),因此, $D_A = 109.5_0^{+0.035}$ mm, $D_T = 109.32_{-0.025}^0$ mm。

由于产品的材质为铝,材质较软,其塑性、粘性较大,用落料模冲裁铝板时,切断后的铝板会粘在凸模上,不会像铁板一样自动脱落。因此,冲裁铝板的落料凸模与冲裁铁板的落料凸模略有不同,需在凸模的端面安装推板和橡胶块,利用橡胶块的弹性将冲裁后的铝件从凸模上推开,防止冲裁后的铝板粘在凸模上,落料模结构如图2所示。

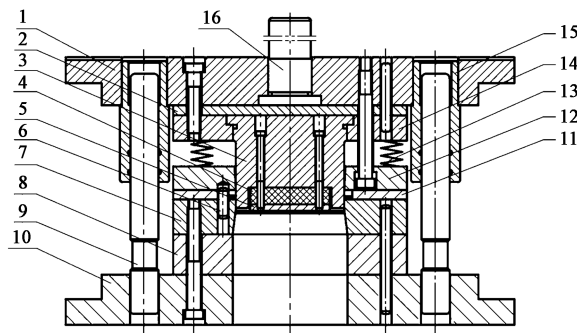


图2 落料模具结构

1. 上模座 2. 上模垫板 3. 凸模 4. 橡胶块 5. 推板 6. 定位销
7. 凹模 8. 下模垫板 9. 导柱 10. 下模座 11. 导料板
12. 卸料板 13. 弹簧 14. 凸模固定板 15. 导套 16. 模柄

Fig. 2 Die structure of blanking

该落料模具的工作方式为：板料沿导板料 11 进料，在定位销 6 的定位下，板料放置在凹模 7 的表面，然后启动压力机，上模向下移动，推板 5 与板料最先接触，上模继续向下移动，橡胶块 4 被压缩，然后凸模 3 的端面与板料接触，在凸模 3 的刃口与凹模 7 的刃口的共同作用下，将板料切开；上模继续向下移动，当落料件向下移动至离开凹模 7 的刃口直身位时，橡胶块恢复原形，将落料件从凸模端面推开，落料件从落料孔离开模具，完成落料工序。之后压力机带动凸模向上提升，在弹簧 13 和卸料板 12 的推力下，将废料从凸模 3 中分离，最后开始生产下一个制件^[9-11]。

3 拉深和冲孔模具结构设计

3.1 精车前的毛坯尺寸

为了给精车预留余量，翻边所用的材料厚度为 3 mm，翻边后精车前的毛坯尺寸如图 3 所示。

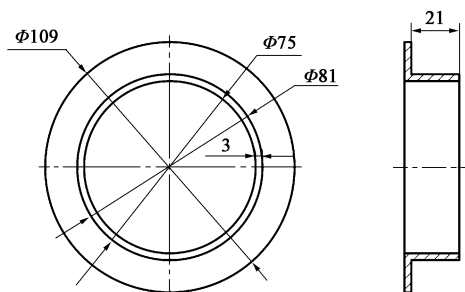


图 3 毛坯示意图

Fig. 3 Schematic diagram of blank

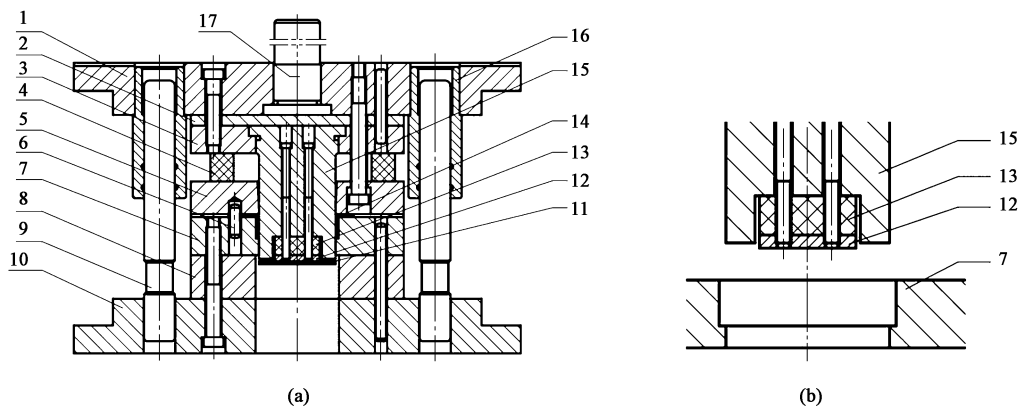


图 4 拉深和冲孔复合模具结构

(a) 复合模具结构装配图 (b) 凸、凹模局部结构图

1. 上模座 2. 上模垫板 3. 凸模固定板 4. 橡胶块 5. 压板 6. 定位销 7. 凹模 8. 下模垫板 9. 导柱 10. 下模座
11. 废料 12. 推板 13. 橡胶块 14. 产品 15. 凸模 16. 导套 17. 模柄

Fig. 4 Composite die structure of drawing and punching

(a) Structure assembly drawing of composite die (b) Local structure drawing of punch and die

3.2 拉深冲孔复合模结构设计

由于材料的厚度为 3 mm，翻边高度为 21 mm，如果采用先冲底孔再翻边的模具结构，产品边缘容易拉爆，因此，本产品适合采用拉深和冲孔复合模具结构，如图 4a 所示，即采用先拉深再冲孔的冲压工艺。其中凹模采用台阶结构，如图 4b 所示。台阶的宽度为材料厚度，利用凹模口部拉深，再利用凹模台阶的刃口将材料切断^[12]。在凸模的端面安装橡胶块和推板。

拉深和冲孔模具的工作过程为：将上次的落料件放置在凹模 7 的表面，由定位销 6 进行定位，然后启动压力机，上模向下移动，压板 5 最先接触落料件，橡胶块 4 被压缩，凸模 15 顶部的推板 12 与板料接触，橡胶块 13 被压缩，凸模 15 顶部的刃口与板料接触，由于凸模 15 与凹模 7 上部分的间隙较大，间隙为 3 mm，在凸模 15 与凹模 7 口部刃口的共同作用下，将板料拉深，完成拉深工序；凸模 15 继续往下移动，由于凸模 15 与凹模 7 下部分的间隙较小，间隙为 0.2 mm，在凸模 15 与凹模 7 台阶处的刃口共同作用，将拉深后的材料底部切开，完成冲孔工序；随着上模继续向下移动，当冲头端面向下移动离开刃口直身位时，凸模 15 顶部的橡胶块 13 带动推板 12 将冲孔产生的废料从凸模 15 的端面推开，废料从废料孔离开模具。压力机带动凸模 15 向上提升，在橡胶块 4 和压板 5 的推力下，将产品从凸模 15 中分离；取出制件后，开始生产下一个制件。在这套模具中，压板 5 具有压料和卸料两个作用。

4 冲侧槽和钻侧孔模具结构设计

在产品的侧边各有一个 T 形槽和一个埋头孔, 其中 T 形槽的轮廓呈开放形状, 当用滑块进行侧冲时, 将冲头做高一些, 高于射灯灯座顶端的开口位置。产品两侧的埋头孔不能用冲孔的方式加工, 必须用麻花钻才能钻出埋头孔。如果将冲侧槽与用钻床钻侧孔同时进行, 将会减少工序、减少工作量、缩短产品的生产周期。为了使钻侧孔工序与冲侧槽工序同步进行, 在滑块上安装螺纹、螺母机构, 将滑块的水平运动转换为旋转运动^[12], 攻牙器结构如图 5 所示。

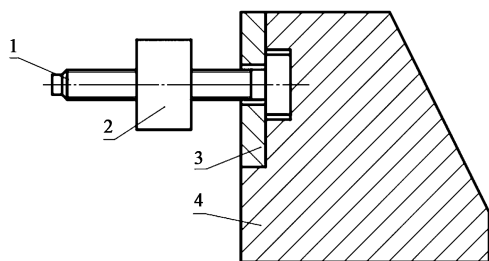


图5 攻牙器工作原理示意图

1. 带螺纹的钻头 2. 螺母 3. 压板 4. 滑块

Fig. 5 Schematic diagram of work principle for tooth tapping device

攻牙器的工作原理为: 将螺母 2 安装在支撑柱上保持不动, 将带螺纹的钻头 1 安装在滑块 4 上, 当滑块 4 左、右运动时, 螺母 2 带动带螺纹的钻头 1 旋转, 使带螺纹的钻头 1 一边旋转, 一边沿水平方向移动, 从而完成钻侧孔工序。

冲侧槽和钻侧孔模具结构如图 6 所示。该模具的工作过程为: 将拉深和冲孔后的半成品放置在凸模 15 上, 边圈部分朝下, 然后启动压力机, 上模向下移动, 斜楔 3 与滑块 7 的斜面最先接触, 上模继续向下移动, 滑块 7 带动冲头 13 与带螺纹的钻头 5 朝模具中心运动, 螺母 4 固定在螺母支撑柱 6 上, 在螺母 4 的作用下, 带螺纹的钻头 5 产生旋转运动。当上模向下运行至预定位置后, 完成冲侧槽和钻侧孔。之后上模带动斜楔 3 向上运动。在弹簧 11 的作用下, 滑块 7 向远离模具中心的方向运动。取出产品 14 后, 开始生产下一个制品^[9-12]。

5 结语

本文根据 LED 射灯灯座零件的结构和生产批量要求, 对该零件的加工工艺进行了分析, 并将螺纹、

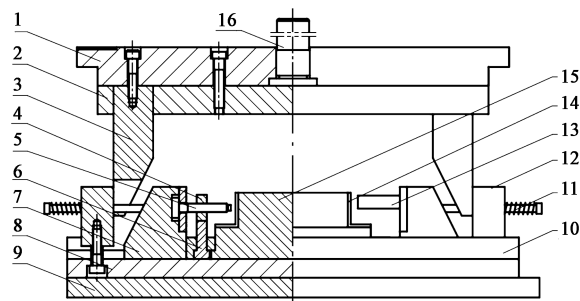


图6 冲侧槽和钻侧孔模具结构

1. 上模座 2. 上模垫板 3. 斜楔 4. 螺母 5. 带螺纹的钻头
6. 螺母支撑柱 7. 滑块 8. 下模垫板 9. 下模座 10. 下模固定板
11. 弹簧 12. 挡板 13. 冲头 14. 产品 15. 凸模 16. 模柄

Fig. 6 Die structure of punching side groove and drilling side hole

螺母机构运用到模具中, 设计了落料、拉深和冲孔、冲侧槽和钻侧孔 3 套复合模具。利用螺纹、螺母机构, 实现了冲侧槽和钻侧孔的同步进行, 不再需要添加其他机构提供动力。通过使用钻床钻侧孔, 节省工序、降低劳动强度、提高劳动效率。

参考文献:

- [1] 余桂英, 朱旭平, 胡锡兵. 一种高功率 LED 射灯的散热设计与实验研究 [J]. 半导体技术, 2010, 35 (5): 443-446.
Yu G Y, Zhu X P, Hu X B. Thermal design and experimental study of high-power LED spot lamp [J]. Semiconductor Technology, 2010, 35 (5): 443-446.
- [2] 靳舜尧, 唐振宇, 黄重国. 5A02 铝合金薄壁异形管内高压成形数值模拟及试验 [J]. 稀有金属, 2020, 44 (11): 1121-1128.
Jin S Y, Tang Z Y, Huang Z G. Numerical simulation and experiment of internal high pressure forming (IHPF) of 5A02 aluminum alloy thin-walled shaped tubes [J]. Chinese Journal of Rare Metals, 2020, 44 (11): 1121-1128.
- [3] 刘海英. 汽车离合器减振盘冲压工艺优化及模具设计 [J]. 模具工业, 2019, 45 (6): 37-41.
Liu H Y. Stamping process optimization of automobile clutch vibration plate and the die design [J]. Die & Mould Industry, 2019, 45 (6): 37-41.
- [4] 朱泽华, 袁军, 朱凤波, 等. 汽车水箱主板折弯冲孔复合模设计 [J]. 模具制造, 2019, 19 (9): 1-5.
Zhu Z H, Yuan J, Zhu F B, et al. Design of bending-piercing compound die for automobile water tank main board [J]. Die & Mould Manufacture, 2019, 19 (9): 1-5.
- [5] 王震, 杨洋, 杨金岭, 等. 锻造铝合金车轮自动生产线的胀型冲裁复合模具设计和工艺分析 [J]. 轻合金加工技术, 2014, 42 (6): 45-47.
Wang Z, Yang Y, Yang J L, et al. Analysis on design and process of trim and flare composite dies on the automatic production line of forging aluminum alloy wheels [J]. Light Alloy Fabrication Technology, 2014, 42 (6): 45-47.

(下转第 206 页)