

盆形端盖零件的拉深模设计

徐州徐工特种工程机械有限公司 (江苏 221151) 刘芝豹 马连生

【摘要】 介绍了一种机器零件——盒形端盖的冲压工艺分析、工艺方案确定以及合理冲压模具的设计。并具体介绍了盒形工艺方案确定的方法,合理选取凸、凹模间隙及最佳模具的设计方法和过程。此次模具设计的突出特点是尝试使用复杂的复合模具,解决常规冲压工艺模具套数多、工艺路线长、生产成本高、效率低等缺点,并为以后此类零件冲压工艺的编制及模具设计提供了可靠的依据。

盒形件属于非螺旋体零件,包括方形盒、矩形盒及椭圆形盒等。与螺旋体零件的拉深成形相比,盒形件拉深时毛坯变形区部分要复杂得多。矩形件的拉深特点:根据盆形件的几何形状,可以将其侧壁分为长度分别是四个直边部分。由平板毛坯拉深成矩形盒时,形成直壁部分的毛坯不只产生弯曲变形,而形成圆角侧壁的毛坯,其变形也与圆筒件拉深不完全一样。毛坯的这两部分是一个整体,变形时必然相互牵制,形成这类零件的拉深特点。拉深前毛坯表面划分的网格,拉深后在零件侧壁上均发生横向压缩和纵向拉深的变化,说明直边部分也是拉深变形。但与旋转体不同,直边中间部位的网格横向压缩与纵向拉深变形程度较小,在圆角处拉深变形程度最大,这表现出拉深变形的不均匀性和变形区板材各点向凹模径向流动速度的不等。从塑性变形力学的观点看,由于毛坯圆角部分的材料挤入直边部分,从而减轻了圆角部分材料的变形程度,需要克服的变形抗力也相应减小。

一、零件工艺性分析

零件的原始设计及要求如图1所示。

1. 零件尺寸的修正

原始冲件如图1所示。通过对其进行工艺性分析可知,该零件属于带凸缘的矩形件,各圆角部分半径均为5mm。由《模具设计与制造简明手册》查得:

底角 $R_d = (3 \sim 4) \delta = (3 \sim 4) \times 1.5\text{mm} = 4.5 \sim 6\text{mm}$ 。

上角 $R_u = (4 \sim 6) \delta = (4 \sim 6) \times 1.5\text{mm} = 6 \sim 9\text{mm}$ 。

由于拉深圆角半径过小时工件不易成形,故该冲件 $R_u = 5\text{mm}$ 对拉深不利,通过与设计人员协商,最终定

为 $R_u = 7\text{mm}$ 。内壁四角 $R_c > 0.24H$ 时对拉深有利,即 $R_c = 0.24H = 0.24 \times 32\text{mm} = 7.68\text{mm}$,故需改为 8mm 。但查《模具设计与制造简明手册》有: $R_c \geq 6\delta = 6 \times 1.5\text{mm} = 9\text{mm}$,故原零件四角 $R_c = 5\text{mm}$ 对拉深不利,需与设计人员协商改动,最终定为 $R_c = 9\text{mm}$ 。

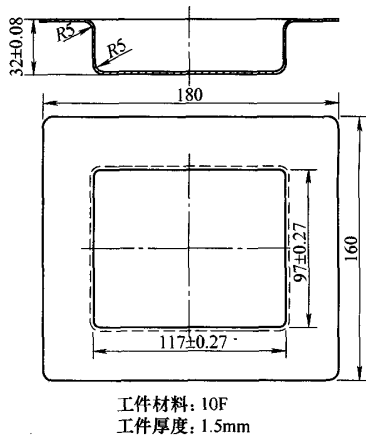


图1 原始冲件

2. 零件公差修正

在模具设计制造中,国家对冷冲压工艺的制品做出了相应的国家标准,所以在模具设计之前必须对冲件的各尺寸公差进行修正。

根据分析,可得该零件各部分尺寸标注公差为 IT13 级,使用冲压工艺公差对零件各部分尺寸公差进行修正,具体如下:

零件外形长和宽原为未注公差,按 IT14 级,根据

《模具设计与制造简明手册》表 1-97, 查得外形尺寸公差最高可达 ST2 级精度, 但表 1-100 所示精密冲裁可达 ST5-ST1, 综合考虑最终确定为 ST4, 即: 长度方向 $180_{-0.36}^0$ mm, 宽度方向 $160_{-0.26}^0$ mm。

在高度方向上, 由《模具设计与制造简明手册》表 1-107 可知, 带凸缘件拉深高度精度公差等级可达 FT5 级, 最后确定精度公差: 高度方向 (32 ± 0.5) mm。

根据《模具设计与制造简明手册》中的表 1-107 及表 1-105, 最后确定拉深形状内形精度公差: 长度方向为 $117_{-0.16}^0$ mm, 宽度方向为 $97_{-0.16}^0$ mm。

修正后零件图公差如图 2 所示。

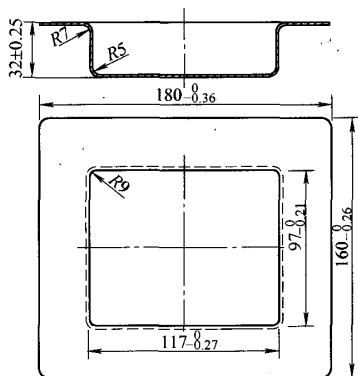


图 2 修正后冲件零件图

3. 零件类型的判别

由《冲压工艺模具设计》可知:

$$H/B = 32/100 = 0.32$$

$$r/B = 9/100 = 0.09$$

$$r/(B-H) = 9/(100-32) = 0.132$$

式中 r ——壁与壁之间的圆角半径;

B ——矩形件短边宽度;

H ——工件高度。

根据以上数据, 可知该工件属于可一次成形的低盒形件 (IIa 类)。

4. 毛坯计算

按有凸缘、角部圆角较小的低盒形件 ($r/(B-H) \leq 0.22$) 计算得:

$$l = H + R_s - 0.43(R_u + R_d)$$

其中, $R_s = (180 - 117 + 2 \times 9) / 2 \text{ mm} = 40.5 \text{ mm}$, $R_u = 7 \text{ mm}$, $R_d = 5 \text{ mm}$, 则

$$l = 32 + 40.5 - 0.43 \times (7 + 5) \text{ mm} = 67.34 \text{ mm}$$

$$\text{毛坯长 } L = (67.34 \times 2 + 117 - 10) \text{ mm} = 241.7 \text{ mm}$$

毛坯角部半径 R 计算如下:

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{R_s^2 + 2rH - 0.86 \times (R_u + R_d) + 0.14(R_u^2 + R_d^2)} \\ &= \sqrt{40.5^2 + 2 \times 9 \times 32 - 0.86 \times (7 + 5) + 0.14(7^2 + 5^2)} \text{ mm} \\ &= 47 \text{ mm} \end{aligned}$$

根据作图法得到毛坯宽度: $L = 2 \times l + 97 - 10 = (2 \times 67.34 + 97 - 10) \text{ mm} = 221.7 \text{ mm}$ 。

考虑拉深变形、切边余量及工件的完整性, 查《冲压工艺与模具设计》P158 表 5.6 可得该工件需取修边余量 4.2 mm, 最后取 5 mm 的修边余量。则工件毛坯实际尺寸如下:

$$\text{实长 } L = (241.7 + 10) \text{ mm} = 251.7 \text{ mm}$$

$$\text{实宽 } K = (221.7 + 10) \text{ mm} = 231.7 \text{ mm}$$

按拉深计算, 角部毛坯半径 R 取 52 mm。

5. 盒形件的拉深系数、次数及工序尺寸的计算

(1) 拉深高度的确定

$$H/B = 32/100 = 0.32$$

$$\delta/D \times 100 = 1.5/231.7 \times 100 = 0.65$$

$$r/D = 9/100 = 0.09$$

根据《冲压工艺模具设计》可知, 表 1-3-19 取 $H/B_1 = 0.6$, 故

$$H/B = 0.32 < H/B_1 = 0.6$$

由此可以断定: 该工件在高度方向上可以一次拉深到位。

(2) 核算角部拉深系数 对于低盒形件, 由于圆角部分对直边部分的影响较小, 圆角处的变形最大, 故变形程度用圆角处的假想拉深系数来表示:

$$m = r/R_y$$

式中 r ——角部的圆角半径, mm;

R_y ——毛坯圆角部分的假想半径, 即 R 。

$$m = r/R_y = 9/52 = 0.173$$

盒形件角部第一次拉深系数 m_1 列于《冲压工艺模具设计》表 1-3-20, 查表可得:

$$\delta/K \times 100 = 0.65$$

$$r/B_1 = 0.258$$

$$m_1 = 0.41$$

即 $m = 0.173 < m_1 = 0.41$, 故该工件角部不能一次拉深到位。

(3) 第一次拉深尺寸的确定 由于 $r_1 = m_1 R_y = 0.41 \times 52 \text{ mm} = 21.32 \text{ mm}$, 故取 $r_1 = 22 \text{ mm}$, 高度 = 32 mm 。

综合考虑得出, 该工件在高度方向上可以一次拉深到位, 但在角部不能一次拉深到位, 最后确定该工件加工可分为一次拉深、一次整形, 另外加上切边等工序。

二、拉深模具设计

1. 拉深模具的结构设计

由上述零件工艺分析可知, 该模具采用的结构形式为倒装拉深式。凸模直接固定在下模座上, 凹模采用镶拼结构, 通过固定板、垫板等间接固定在上模座上。该模具的压边装置也采用镶拼结构, 由压边圈固定板固定, 靠压力机的气垫通过托杆对其作用, 并用内六角螺钉对其进行限位。压边装置的第二个功能是将拉深好的工件托起, 便于工件取出。

凹模中间是空的, 模柄采用中空的旋入式模柄, 中间装有打料杆, 下端带动打料块用于将冲好的工件从凹模中打下。

凸模、凹模采用镶块结构。对于拉深模具, 采用镶块结构是合理的, 不但可节约贵重的工具钢, 使模具易损部位更换方便, 且能解决无法锻造大钢料、热处理变形等问题, 并便于采用成形磨削, 使制造简单化, 但模具的装配比较困难。

镶块的分块原则, 应考虑以下几个问题:

(1) 刃口尖角处因机械加工困难, 淬火时也易破裂, 因而可在尖角处分段。

(2) 凸出或凹进的易磨损部分, 应单独做成一块, 以便于加工和更换。

(3) 圆弧部分应单独做成一块, 对凹进圆弧的结合线最好设在直线部分, 接合点离圆弧与直线相交处约 $4 \sim 5 \text{ mm}$ (对小型冲模), 或 $5 \sim 7 \text{ mm}$ (对大型冲模)。

鉴于以上分析, 设计出的模具简图如图 3 所示。

在工作时, 板料从前面送进模具直至碰到挡料销。上模向下运动, 上、下模闭合。压边装置被压下, 拉深出工件。上模向上运动带动工件上升, 同时, 压边装置升起回到原始位置。当压力机滑块回到上死点时, 打料杆带动打料块将料打掉。使用棒料推出工件, 重新放入坯料进行加工。

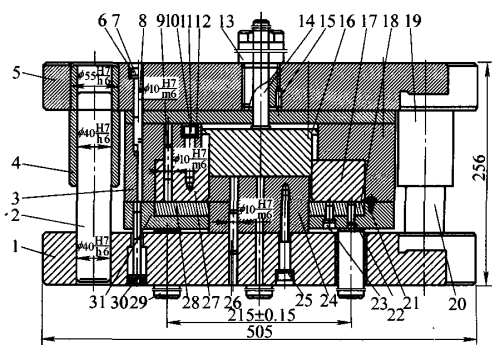


图3 模具装配简图

1. 下模座 2、20. 导柱 3. 凹模固定板 4、19. 导套
5. 上模座 6、11、23、25、30. 内角螺钉 7、12. 弹垫
8、9、22、26. 圆柱销 10. 垫板 13. 模柄 14. 打料杆
15. 紧定螺钉 16. 打料块 17、27. 凹模镶块
18、28. 压边圈镶块 21. 挡料块
24. 凸模 29. 托杆 31. 压边圈固定板

2. 拉深模工作零件各部分尺寸及相应公差的确

(1) 拉深盒形件的凸、凹模之间间隙的确定 对于盒形件的拉深, 凸、凹模之间的间隙在直边部分可参考 U 形工件压弯模的间隙来确定, 在圆角部分由于材料变厚, 故其间隙应比直边部分间隙大 0.1δ 。

查《实用冲压技术手册》P24, U 形件直边间隙:

$$C = \delta + \Delta + K\delta = (1.5 + 0.13 + 0.1 \times 1.5) \text{ mm} = 1.78 \text{ mm}$$

式中 δ ——材料厚度;

Δ ——材料厚度正偏差;

K ——根据高度和弯曲线长度决定的系数, 取 0.1。

则圆角部分 $C' = C + 0.1\delta = 1.93 \text{ mm}$ 。

(2) 凸、凹模刃口尺寸计算 根据《实用冲压技术手册》P149 叙述可确定凸、凹模的制造公差可采用 IT8 级精度, 即拉深凸、凹模的制造精度公差为:

$$\delta_n = 0.054 \text{ mm}$$

$$\delta_s = 0.054 \text{ mm}$$

则拉深凸模长度尺寸及公差为:

$$l_s = (l + 0.4\Delta)_{-0.054}^0 = (117 + 0.4\Delta)_{-0.054}^0 = (117 + 0.4 \times 0.16)_{-0.054}^0 \text{ mm} = 117.064_{-0.054}^0 \text{ mm}$$

拉深凹模长度尺寸及公差为:

$$l_n = (l + 0.4\Delta + 2c)_{+0.054}^0 = (117 + 0.4 \times 0.16 + 2 \times 1.78)_{+0.054}^0 \text{ mm} = 120.62_{+0.054}^0 \text{ mm}$$

拉深凸模宽度尺寸及公差为:

$$k_s = (k + 0.4\Delta) - \frac{0}{\delta_s} = (97 + 0.4 \times 0.16) - \frac{0}{0.054} \text{ mm} \\ = 97.064 - \frac{0}{0.054} \text{ mm}。$$

拉深凹模宽度尺寸及公差为:

$$k_n = (k + 0.4\Delta + 2c) + \frac{0}{\delta_n} = (97 + 0.4 \times 0.16 + 2 \\ \times 1.78) + \frac{0}{0.054} \text{ mm} = 100.62 + \frac{0}{0.054} \text{ mm}。$$

则圆角部分尺寸及公差为:

$$\text{对于凸模圆角: } R_d = 5 + \frac{0}{\delta_d} \text{ mm}$$

$$R'_s = (5 + 0.4 \times 0.12) - \frac{0}{\delta_s} \text{ mm} = 5.048 - \frac{0}{0.018} \text{ mm}$$

$$R_c = 9 + \frac{0}{\delta_c} \text{ mm}$$

$$R'_s = (9 + 0.4 \times 0.22) - \frac{0}{\delta_s} \text{ mm} = 9.088 - \frac{0}{0.022} \text{ mm}$$

$$\text{对于凹模圆角: } R_c = 9 + \frac{0}{\delta_c} \text{ mm}$$

$$R'_n = (9 + 0.088 + 2 \times 1.93) + \frac{0}{\delta_n} \text{ mm} = 12.948 + \frac{0}{0.022} \text{ mm}$$

$$R_u = 7 - \frac{0}{\delta_u} \text{ mm}$$

$$R'_n = (7 + 0.4 \times 0.22) - \frac{0}{\delta_n} \text{ mm} = 7.088 - \frac{0}{0.022} \text{ mm}$$

其中, R_d 、 R_c 、 R_u 分别为底角半径、内壁四角半径和上角半径, 极限偏差分别取 $+0.12\text{mm}$ 、 $+0.22\text{mm}$ 、 -0.22mm 。

3. 拉深力、拉深功计算

(1) 拉深力的计算 参考《实用冲压技术手册》

P151 表 4-45, 4-58, 得出拉深力计算公式:

$$F = (2b_1 + 2b - 1.72r)\delta\sigma_b K_4 \\ = (2 \times 120 + 2 \times 100 - 1.72 \times 22) \times 1.5 \times 420 \times 0.4 \text{ kN} \\ = 101.3 \text{ kN}$$

式中 b_1 、 b ——工件长和宽;

r ——工件角部半径;

δ ——工件材料厚度;

σ_b ——工件抗拉强度;

K_4 ——低矩形件的系数, 取 0.4。

(2) 拉深功的计算

$$W = \frac{kPH}{1000} = \frac{0.7 \times 101.3 \times 30}{1000} \text{ J} = 2127.3 \text{ J}$$

4. 压边力的计算

在拉深过程中, 为防止凸缘部分材料起皱, 可采用压边的方法。压边力应该适当。根据《模具设计与制造简明手册》P119, 表 1-142, 考虑决定采用压边圈, 压边力计算公式为:

$$P_{\text{压}} = Fq$$

式中 F ——压边面积;

q ——单位压边力。

由于 $F = (251.7 \times 231.7 - 120 \times 100) \text{ mm}^2 = 46319 \text{ mm}^2$, $q = 2.7 \text{ MPa}$ (根据《实用冲压技术手册》P119, 表 1-143 附表), 则

$$P_{\text{压}} = Fq = 46319 \times 2.7 \text{ kN} = 125.1 \text{ kN}$$

三、结语

该模具在设计方面一改以往的传统思路, 采用的镶块结构使易损件更换方便; 压边装置还起到了易于工件取出的辅助功能等。同时, 本设计还提供了完整的计算, 对同类型模具的设计具有一定借鉴意义。热

(20061016)

合锻四个产品通过省级科技鉴定

2006 年 10 月 29 日, 安徽省科技厅主持对合锻开发的 YH61—630 快速热挤压液压机、YH25 车门包边液压机及自动换模系列、YH73 系列热压成形液压机及 RZU1000 快速深拉深液压机等系列项目进行了省级科技成果暨新产品鉴定。鉴定委员会的 7 名专家首先听取了产品研制报告、产品检验报告和用户使用意见报告, 然后分组进行了资料审查。

经讨论, 鉴定委员会最终形成了如下鉴定结论: 以上四个新产品图样和技术文件齐全、完整、正确、统一, 符合国家和行业的有关标准要求, 可以指导生产, 达到安徽省技术创新项目的要求; 产品电气控制系统采用 PLC + HMI (人机界面) 的控制方式, 控制可靠稳定, 方便用户频繁换模要求。其中 YH25 车门包边液压机有框架式和四柱式两种结构, 对机身进行有限元分析, 通过优化设计合理的机身结构, 在保证机床精度和刚度的条件下使机身重量最轻。液压系统采用二通插装阀及其集成系统, 设有液压支撑保险回路和过载保护回路, 适应液压控制元件的要求; YH61—630 快速热挤压液压机的液压系

统采用比例阀控制系统, 实现了压力、速度的闭环控制; YH73 系列热压成形液压机采用多活塞缸控制技术, 满足大吨位热压成形液压机的大脱模力和快速回程要求, 减少了油泵的使用个数, 降低了能耗。加热板分块多区控制及双路加热方式, 加热系统采用智能 AT (自调谐功能), 自动优选 PID 参数, 保证了大台面控温精度; RZU1000 快速深拉深液压机系列机身身为全钢焊接框架拉杆预应力结构, 进行了优化设计, 设有左右侧移动工作台, 有利于自动送料, 减少换模时间, 自主开发了上置式电动机同步调节全吨位低噪声冲裁缓冲装置, 特别适用于左右移动工作台和 T 形移动的大型压力机。

系列样机经安徽省机械产品质量监督总站检测, 技术性能达到技术协议和 JIS B6403—1994《液压机精度》(日本) 要求, 整机总体技术水平国内领先, 填补了国内空白, 主要性能指标达到国际先进水平, 鉴定委员会同意通过新产品暨投产鉴定。

(周宜丰)