

平底不等高浅盒形件的展开计算研究

施于庆,管爱枝

(浙江科技学院 机械与汽车工程学院,杭州 310023)

摘 要: 现有毛坯展开计算方法对平底等高且规则的盒形板壳件比较有效,而对于平底不等高盒形件展开尺寸及形状的计算却显得有些不足。为此,在盒形件拉深成形的力学和几何条件的基础上,提出了一种简便的平底不等高盒形件毛坯展开计算方法,并经安装板盒形件的生产实践验证了该方法是可行的,具有推广价值。

关键词: 平底不等高盒形件;力学和几何条件;毛坯展开

中图分类号: TG355.5

文献标识码: A

文章编号: 1671-8798(2009)03-0202-04

Study on blank expanding of flat and height unequal box

SHI Yu-qing, GUAN Ai-zhi

(School of Mechanical and Automotive Engineering, Zhejiang University of Science and Technology,
Hangzhou 310023, China)

Abstract: Although available methods of blank expanding are useful for flat and equal-height shallow box workpiece, they are unsuitable methods to calculate the expanding blank of flat and height unequal box. On the basis of analysis of the mechanical and geometric conditions for box drawing, a new easy calculation method of blank expanding of flat and height unequal box is presented. And the method of calculating the expanding blank of a counting plate box can meet the requirements of production practice, which proves the practicability and promotion value of the method.

Key words: flat and height unequal box; mechanical and geometric condition; blank expanding

现有获得平底等高盒形件展开尺寸及形状比较有效的方法主要有滑梯线法、电模拟法、液体模拟法和映射法等^[1-8],但由于毛坯外形计算所涉及的因素较多,这些因素本身及其相互之间的关系往往难以定量把握,所以要完全精确地计算出毛坯外形是困难的,尤其是平底不等高盒形件展开尺寸及形状的计算是极其困难的。想要获得平底不等高盒形件展开毛坯的尺寸及形状,生产实践中主要采用的是估

算法,即根据板壳件的形状结构先大致估算出一个初始毛坯形状或展开尺寸,进行反复试压,直到确定毛坯形状,根据确定的毛坯外形,测量外形各个点的坐标,最终得到毛坯外形尺寸。估算法在实际生产中虽然可行,但在理论上却不是最佳的,且生产周期较长。因此,本文提出了一种平底不等高非对称盒形件的展开尺寸计算方法,并通过生产实例给予验证。

1 盒形件拉深成形的力学与几何条件

盒形件属于非对称拉深件,在计算其法兰所受到的拉应力 σ_r 和压应力 σ_θ 时,需要考虑坯料不同曲率相联处的切应力 τ ^[9],如直边与圆角相联处等。现以凹模孔轮廓曲率半径沿轮廓平滑变化的情形为例(图1)进行分析,设1、2为毛坯上离凹模孔轮廓等距的两相邻单元,以与轮廓垂直的方向为径向,与径向垂直方向为周向,若忽略单元的厚度变化,假定毛坯表面积不变,忽略凹模口部圆角半径对单元移动的影响,则凸模下降 dh 时单元1和单元2向凹模口部移动的位移 dx_1 和 dx_2 可按式(1)和式(2)分别求出。

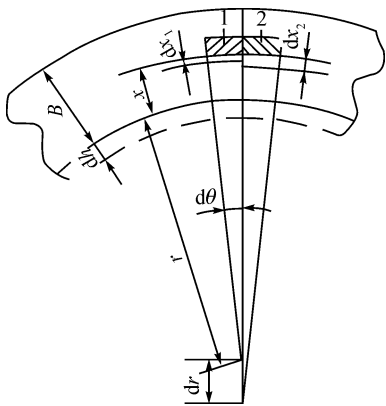


图1 凹模孔轮廓曲率半径沿轮廓平滑变化

Fig.1 Smooth variation along radius of curvature on the die hole outline

$$dx_1 = \frac{r}{r+x} dh \quad (1)$$

$$dx_2 = \frac{r+dr}{r+x+dr} dh \quad (2)$$

由此可知,凹模孔轮廓的曲率半径不同,则凸模下降时毛坯上离凹模孔轮廓等距 x 处的各单元的位移也不相同,从而引起了相邻单元间的剪切变形(见图1),剪切角 $d\gamma$ 可近似为:

$$d\gamma = \frac{dx_2 - dx_1}{rd\theta} \quad (3)$$

将式(1)与式(2)代入式(3)中,并令 $rd\theta = d\xi$ (ξ 为沿凹模孔轮廓的曲线坐标),则:

$$d\gamma = \frac{x}{(r+x)^2} \frac{dr}{d\xi} dh \quad (4)$$

由式(4)可知,当凹模孔轮廓曲率半径 r 为常数时,则剪切变形为零,盒形件成形是轴对称变形。随着曲率半径 r 沿轮廓变化的梯度增加,剪切变形增大,引起剪切变形的切应力 τ 可如下近似计算,

按最大切应力塑性条件,对于平面问题有:

$$(\sigma_e - \sigma_\theta)^2 = \sigma_s^2 - 4\tau^2 \quad (5)$$

应力应变方程为:

$$\frac{\sigma_e - \sigma_\theta}{\varepsilon_r - \varepsilon_\theta} = \frac{2\tau}{r} = \text{常数} \quad (6)$$

设毛坯厚度不变, $\varepsilon_r = -\varepsilon_\theta$ 于是式(6)可写成:

$$\sigma_e - \sigma_\theta = -4\tau \frac{\varepsilon_\theta}{r} \quad (7)$$

周向变形 ε_θ (不考虑剪切变形的影响)可按下式近似求出:

$$\varepsilon_\theta = \frac{dx}{r+x} = \frac{rdh}{(r+x)^2} \quad (8)$$

于是,由式(5)~式(8)可得:

$$\tau = \frac{\sigma_s}{2 \sqrt{1 + 4 \left(\frac{dh}{(r+x)^2} \right)^2}} \quad (9)$$

将式(4)代入式(9)整理可得:

$$\tau = \frac{\sigma_s}{2 \sqrt{1 + 4 \left(x \frac{dr}{d\xi} \right)^2}} \quad (10)$$

从式(10)可知,在凹模孔处($x=0$)沿径向的切应力 τ 为零,随着离开凹模孔的距离 x 增大,剪应力 τ 增大。凹模孔轮廓曲率半径沿其轮廓变化的梯度对切应力有显著影响,即随着 $\frac{dr}{d\xi}$ 增大,切应力增大。在 r 发生突变处(即直线与曲线连接处) $\frac{dr}{d\xi} = \infty$,切应力可达最大值 $\frac{\sigma_s}{2}$ 。

由上述分析可知,毛坯法兰上离凹模孔轮廓等距的质点,其位移值与过该点的轮廓曲率有关。为了得到口部高度一致的盒形件,必须沿毛坯轮廓取不同宽部的法兰。若毛坯在某点的法兰宽度为 B ,过该点对应的凹模孔曲率半径为 r ,则从式(1)可得拉深后盒形件高度为:

$$\int_0^h dh = \int_0^B \left(1 + \frac{x}{r} \right) dx \quad (11)$$

两边积分可得:

$$h = B + \frac{B^2}{2r} \quad (12)$$

从式(12)可知,当凹模孔轮廓曲率半径 $r = \infty$, $\frac{B^2}{2r}$ 近似等于零,故要得到高度为 h 的盒形件,应取法兰

$B = h$ (即弯曲成形); $r \neq \infty$ 时, 随着 r 减小, h 不断增大, 要得到高度为 h 的盒形件, 其毛坯法兰宽度为^[5]:

$$B = \sqrt{r^2 + 2rh} - r \tag{13}$$

由于盒形件的直边不具有曲率特征, 但可看作 $r = \infty$ 的圆弧, 如果作一段圆弧过盒形件的直边与两圆角处的联结点, 并使其弦高取无限小, 那么盒形件的这段直边可近似由这段圆弧取代, 如此, 盒形件直边展开的法兰尺寸就可方便地得到。设盒形件的直边长为 L , 弦高为 h' , 圆弧半径为 R' , 则 $R' = \frac{L^2}{8h'}$, 弦高 h' 取值愈小, R' 的平滑度愈接近于直线^[10], 将其代入式 (13), 高度为 h 的盒形件的毛坯法兰宽度近似为:

$$B = \sqrt{R'^2 + 2R'h} - R' = \sqrt{\left(\frac{L^2}{8h'}\right)^2 + \frac{L^2}{4h'}h} - \frac{L^2}{8h'} \tag{14}$$

式 (14) 不但能计算平底等高盒形件的展开尺寸与形状, 也能很方便地计算平底不等高盒形件的展开尺寸与形状。

2 算 例

图 2 为一个汽车制动阀安装板的零件图, 该件是一个典型的平底不等高浅盒形件, 材料是 08Al, 料厚 3.5 mm, 外形尺寸是 127.5 mm × 121.5 mm × 30 mm。为方便计算, 本例给出 a 、 b (各为直边段中点) 两点的毛坯法兰宽度计算过程, 计算时取 $h' = 1$ mm, 由公式 (14) 计算 a 、 b 点处毛坯法兰宽度 B_1 和 B_2 时的示意如图 3 所示。

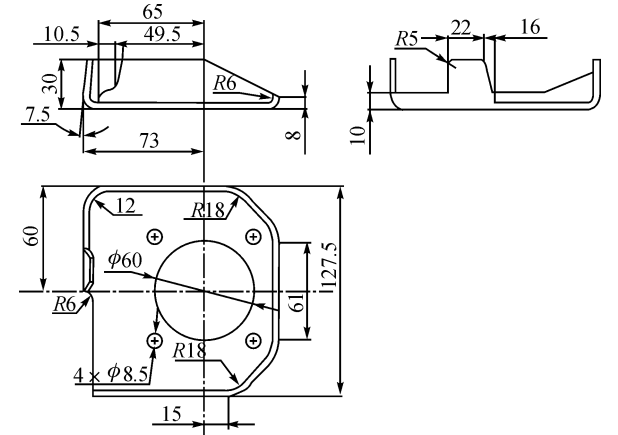


图 2 工件图

Fig. 2 Drawing of workpiece

$$B_1 = \sqrt{\left(\frac{L_1^2}{8h'}\right)^2 + \frac{L_1^2}{4h'}h_1} - \frac{L_1^2}{8h'} =$$

$$\sqrt{\left(\frac{61^2}{8 \times 1}\right)^2 + \frac{61^2}{4 \times 1} \times 8} - \frac{61^2}{8 \times 1} = 8.1(\text{mm})$$

$$B_2 = \sqrt{\left(\frac{L_2^2}{8h'}\right)^2 + \frac{L_2^2}{4h'}h_2} - \frac{L_2^2}{8h'} =$$

$$\sqrt{\left(\frac{31^2}{8 \times 1}\right)^2 + \frac{31^2}{4 \times 1} \times 15.27} - \frac{31^2}{8 \times 1} = 14.4(\text{mm})$$

计算直边展开的法兰宽度 B 时, 其余直边段计算点应在其各自的半径 (R') 径向方向依次计算, 而计算圆弧处时, 则根据圆弧处半径进行计算, 所有直边和圆弧点计算后再进行光滑连接。图 4 是计算后的盒形件毛坯展开图形 (尺寸略)。根据计算所得到的毛坯在模具上试模后, 产品一次成形就完全达到要求, 产品照片见图 5。

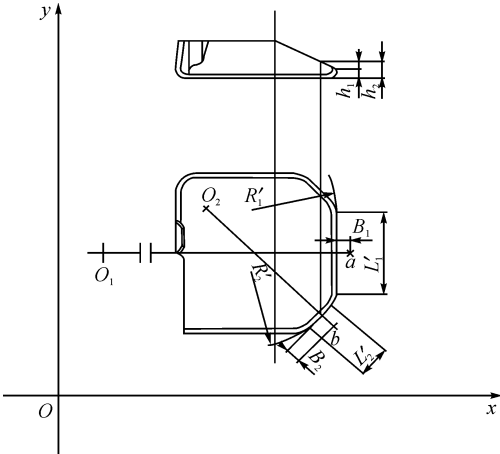


图 3 毛坯上 a 和 b 点展开的示意

Fig. 3 The expanding demonstration at point a and b of the workpiece

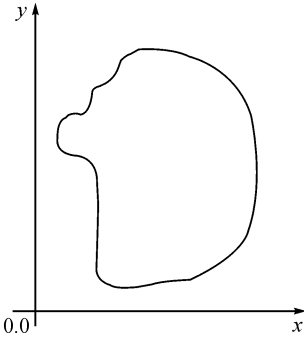
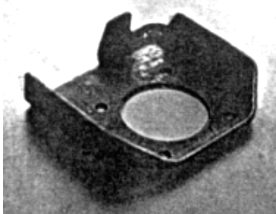


图 4 展开后毛坯

Fig. 4 The blank expanded



3 结 语

平底不等高浅盒形件在冲压件中占有相当的数量,现有盒形件展开尺寸及形状计算方法在该类零件展开计算中的直接应用是极其困难的,而传统估算法也有周期长和准确性差的缺点,本文提出了一种平底不等高浅盒形件的展开尺寸计算方法,并通过生产实践验证了该计算方法简便且切实可行,缩短了生产周期,具有一定的工程价值。

参考文献:

- [1] KARIMA M. Blank development and tooling design for drawn parts using a modified slipline field based on approach[J]. A SMEJ Eng Ind,1989,114(4):345-350.
- [2] LIU F, SOWERBY R. The determination of optimum blank shapes when deep drawing prismatic cups[J]. Journal of Material Shaping Technology,1991,9(3):153-159.
- [3] LU Yuung-hwa, LI Ching-lun, LO Sy-wei. A study of the optimum blank for square cup drawing using the stream-line method[J]. Journal of Materials Processing Technol-

ogy,2001,10(110):146-151.

- [4] PARSA M H, MATIN P H, MASHHADI M M. Improvement of initial blank shape for intricate products using slipline method[J]. Journal Materials Processing Technology,2004,13(145):21-26.
- [5] NACEUR H, GUO Y, BATOZ J L. Blank optimization in sheet metal forming using an evolutionary algorithm[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2004, 13(151):183-191.
- [6] 刘来英,马泽恩,陈雨. 基于理想变形理论的板料成形过程的设计和分析[J]. 塑性工程学报,1999,6(1):6-11.
- [7] 聂昕,申丹凤,成艾国,等. 比例因子法在冲压件外轮廓线优化中的应用[J]. 中国机械工程,2000,8(6):76-80.
- [8] 韩志仁. 一种确定钣金成形件毛坯的新方法[J]. 航空学报,2005,26(1):125-128.
- [9] 梁炳文,胡世光. 板料成形塑性理论[M]. 北京:机械工业出版社,1987.
- [10] 吕雪山,王先进,苗延达. 薄板成形与制造[M]. 北京:中国物资机械出版社,1993.

(上接第192页)

6 结 语

汽车发动机进气歧管的塑料化是全球性的趋势,中国也不例外。随着欧4排放标准的推出,要求新型的发动机进气歧管必须配备电控可变进气阀等复杂的内部控制机构,而金属进气歧管却难以满足这一要求。因此,开发性能优异的塑料进气歧管是适应未来发动机技术进步的必然要求。

随着国内汽车制造技术的不断进步,一些国内企业开始了塑料进气歧管的研制和开发工作。研究表明,汽车进气歧管在设计开发阶段,只要采用真空注塑工艺生产少量试制件进行性能试验和设计验证是可行的。通过对比试验得到的真空注塑选用材料和工艺对汽车进气歧管的真空注塑件的试制有很高的参考价值,真空注塑选用的材料和工艺是合理的。

在硅胶模快速制模过程中,数据的修改主要

依靠的是既往的经验积累。如果能将 Moldflow 模流分析引入到硅胶模快速制模工艺流程中,利用 CAE 分析结果对浇口位置、分形结构、成形条件等方面进行指导,那么可以减少对制模经验的依赖度,可以更方便地优化模具结构,提高硅胶模的制作成功率^[3]。

参考文献:

- [1] 佚名. 汽车轻量化:我国应加快塑料进气歧管发展步伐[EB/OL]. <http://ati.nstl.gov.cn/car/research/focus/qcqlh/16462.shtml>.
- [2] 王莉. 发动机塑料进气歧管的应用现状与发展趋势[J]. 小型内燃机与摩托车,2007,36(3):83-86.
- [3] 欧智华,陈光辉. 基于 Moldflow 的进气歧管硅胶模真空注塑分析[J]. 小型内燃机与摩托车,2008,37(5):78-81.