

曲面类零件拉深内皱的影响参数研究

方明磊,李明哲,刘 红

(浙江工业大学 机械工程学院,杭州 310014)

摘 要: 利用前人用主应力法对曲面类零件成形过程中的悬空区应力分析结果,为改善悬空区应力分布提供理论依据。但解析分析中引入大量简化假设,使结果的精确性大打折扣。采用有限元模拟分析的方法,改变各个参数,观察冲压结果,发现增大坯料直径、增大压边力大小、增大摩擦系数、减小凹模圆角均可抑制内皱的发生,但坯料壁厚也会相应减薄。

关键词: 拉深;内皱;参数;数值模拟

中图分类号: TG386

文献标识码: A

文章编号: 1671-8798(2009)03-0178-04

Research on impact of parameters to inner-wrinkling in surface drawing

FANG Ming-lei, LI Ming-zhe, LIU Hong

(College of Mechanical Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China)

Abstract: Our predecessors have researched on stress analysis of the vacant areas, and their results were used to provide theoretical basis for improving stress distribution in the vacant area. However, analytical analysis contains a large number of simplified assumptions, so that the accuracy of the results is reduced greatly. Using method of numerical simulation, we change each parameter and simulate the process of draing observe the results. The results showed that it can increase blank diameter, the size of blank holder force, and friction coefficient and reduce the die fillet to inhibit the occurrence of wrinkles, except that the thickness of blank will become thinner.

Key words: drawing; inner-wrinkling; parameter; numerical simulation

拉深成形是金属冲压成形中的一种重要加工方法。拉深制品中有相当大的一部分是曲面形零件。曲面类零件拉深不仅存在直壁零件的凸缘起皱(外皱)、拉裂的问题,还有不与模具接触区域起皱(内皱)的问题^[1]。对内皱问题主要有 3 种研究方法:解析分析法、有限元法和实验法,这 3 种方法各有其优缺点。姜海峰等人用主应力法分析了内皱区应力

分布,并提出内皱的应力判定标准^[2]。王任飞从位移的角度分析了内皱区质点的位移变化,得到临界内皱时极限拉深系数^[3]。高恩志等利用有限元模拟方法分析了金属材料性能对球面零件拉深内皱的影响^[4]。刘建华等用实验方法分析了材料性能等对内皱的影响^[5]。本研究采用解析方法和有限元模拟方法,探讨了工艺参数、结构参数对曲面类零件

成形中起皱的影响。

1 内皱形成机理及应力分析

曲面类零件拉深过程中根据受力情况,可以将毛坯分为 5 个部分,从外到内依次是:法兰部分,凹模圆角部分,悬空侧壁部分,凸模圆角部分,圆锥底部,具体如图 1 所示。其中悬空侧壁部分既是变形区,又是传力区,不能用外力约束坯料变形,容易产生起皱现象。

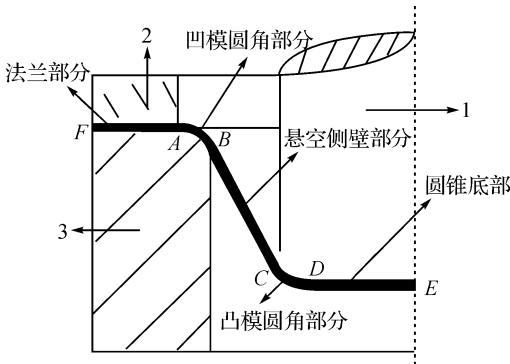


图 1 拉深件分区图

Fig. 1 The distraction of drawing part

要减少悬空侧壁区起皱(内皱)的危险,可以用多次拉深的方法,以减少每次拉深时悬空部分的面积。如果要一次拉深成功,可采用提高悬空区拉应力的方法。因为根据材料屈服准则,拉应力和压应力之和为一定值,增大拉应力则可相应减少压应力的数值^[6]。当压应力小于起皱的临界压应力时,就不会发生起皱。提高悬空 BC 部分的拉应力是有限度的,拉应力增大,材料会严重变薄,可能发生开裂危险。文献[7]中提出了 B 点处拉应力的计算公式:

$$\sigma_p = (\sigma_r + \sigma_m) e^{\mu \alpha} + \sigma_w$$

式中: σ_r 为凸缘部分变形所需的拉应力; σ_m 为压边力 Q 在凸缘表面所产生的摩擦力, $\sigma_m = \frac{2\mu Q}{\pi dt}$;乘以系数 $e^{\mu \alpha}$ 是突缘材料绕过凹模圆角时,克服圆角处的摩擦力; σ_w 为板料流经凹模圆角时产生的弯曲抗力, $\sigma_w = \frac{\sigma_b}{2 \frac{r_d}{t} + 1}$ 。

增大毛坯的直径,可以增大凸缘部分变形所需的拉应力 σ_r ;加大压边力 Q 、增大压边圈凹模与材料的摩擦系数,可以增大压边力 Q 在凸缘表面所产生的摩擦力 σ_m ;减少凹模圆角,可以增大弯曲抗力

σ_w 。这些方法均可以提高悬空区拉应力,从而减少起皱发生的可能。

2 有限元模拟参数改变对内皱的影响

对如图 2 所示的曲面类不锈钢水壶零件进行拉深,材料采用 304 不锈钢,厚度为 0.8 mm,各向异性分别为 1.02\1.19\0.81,依次改变坯料的直径、压边力大小、压边圈凹模与材料的摩擦系数、凹模圆角,进行有限元模拟,观察这些参数改变对拉深产品起皱的影响。

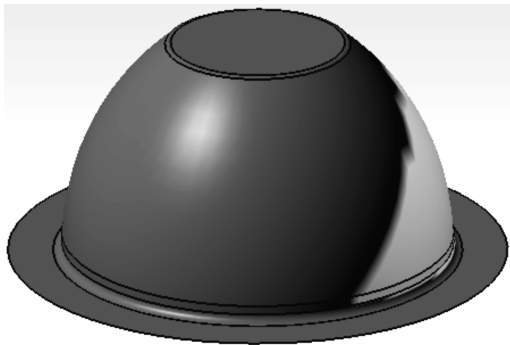


图 2 水壶拉深件

Fig. 2 Drawing part of kettle

在 UG 软件中构造模具实体,再在实体上抽取面得到曲面模型。转换为 IGES 格式导入 Dynaform 中,划分自适应网格,再进行必要的网格检查^[8]。结果如图 3 所示。

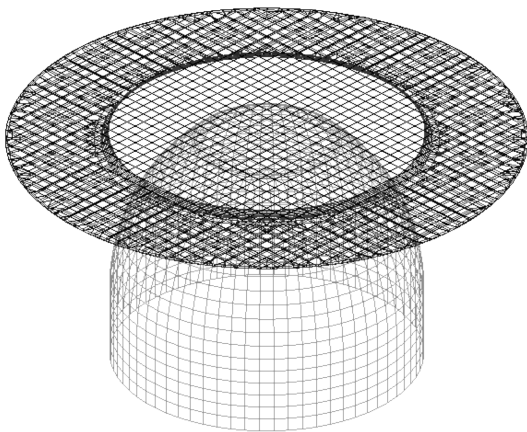


图 3 单元网格

Fig. 3 Gridding of element

依次改变坯料直径为 340,360,380,400 mm,保持其他参数不变(压边力为 200 kN,摩擦系数为 0.125,凹模圆角为 5 mm),模拟结果见图 4。

由图 4 可以看出,随着坯料直径的增大,起皱有明显的改善。

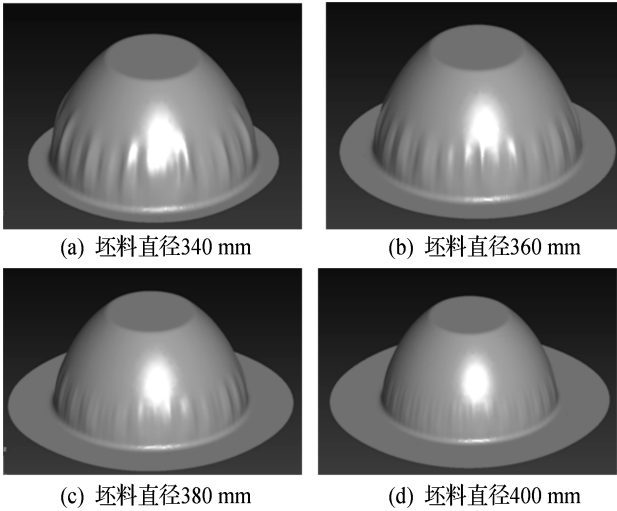


图4 坯料直径变化时的冲压结果

Fig. 4 The result of drawing when the diameter of blank changing

依次改变压边力为 200,250,300,350 kN,保持其他参数不变(坯料直径为 360 mm,摩擦系数为 0.125,凹模圆角为 5 mm),模拟结果见图 5。

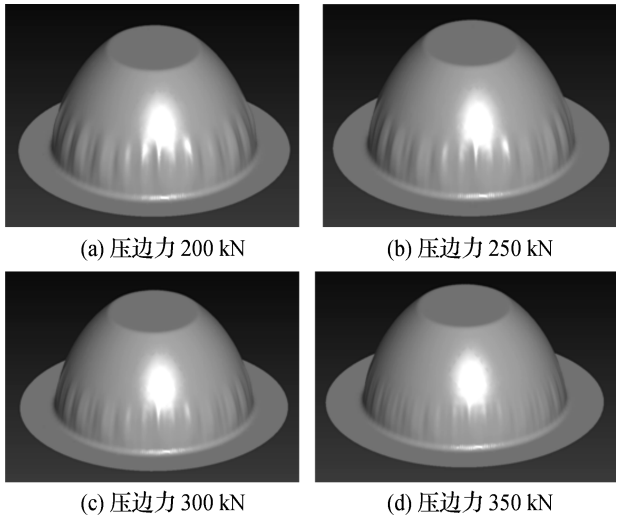


图5 压边力变化时的冲压结果

Fig. 5 The result of drawing when the diameter of blank holder force changing

由图 5 可以看出,随着压边力的增大,起皱有明显的改善。

依次改变压边圈凹模与材料的摩擦系数为 0.08,0.125,0.15,0.2,保持其他参数不变(压边力为 200 kN,坯料直径为 360 mm,凹模圆角为5 mm),模拟结果见图 6。

由图 6 可以看出,随着摩擦系数的增大,起皱有

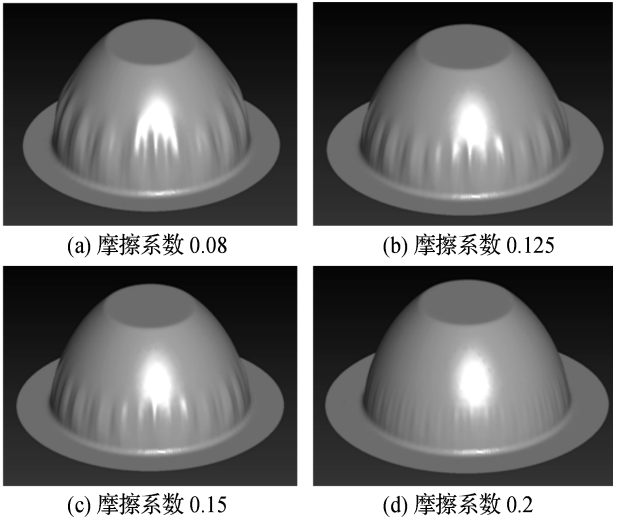


图6 摩擦系数变化时的冲压结果

Fig. 6 The result of drawing when friction coefficient changing

明显的改善。

依次改变凹模圆角为 10,5,3,1.5 mm,保持其他参数不变(压边力为 200 kN,坯料直径为 360 mm,摩擦系数为 0.125),模拟结果见图 7。

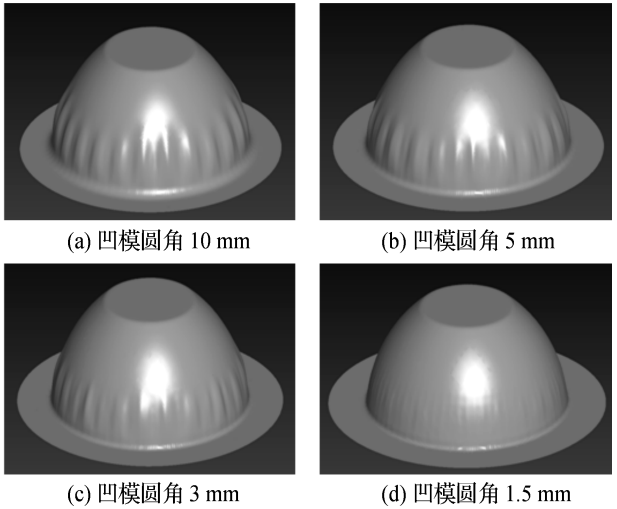


图7 凹模圆角变化时的冲压结果

Fig. 7 The result of drawing when die fillet changing

由图 7 可以看出,随着凹模圆角的减小,起皱有明显的改善。

最小壁厚随这些参数的变化情况如表 1 所示。

由表 1 可以看出,虽然参数的改变会使起皱改善,但坯料壁厚也会相应减小,底部破裂的危险增加。

表 1 参数变化对最小壁厚的影响

Table 1 The changing of parameters affecting minimum thickness of wall

坯料直径/mm	最小壁厚/mm	压边力/kN	最小壁厚/mm	摩擦系数	最小壁厚/mm	凹模圆角/mm	最小壁厚/mm
340	0.665 6	200	0.647 6	0.08	0.664 6	10	0.652
360	0.647 6	250	1.636 9	0.125	0.647 6	5	0.647 6
380	0.640 5	300	0.629 5	0.15	0.636 8	3	0.641 2
400	0.629 9	350	0.618 6	0.2	0.614 3	1.5	0.624 2

3 结 语

本研究用解析方法和有限元模拟的方法研究了参数——坯料的直径、压边力大小、压边圈凹模与材料的摩擦系数、凹模圆角的改变对曲面类零件拉深过程中起皱的影响。结果表明,增大坯料直径、增大压边力大小、增大摩擦系数、减小凹模圆角均可抑制起皱的发生,但坯料壁厚也会相应减薄。工程生产中要合理安排这些参数,使综合效果达到最好。

在实际生产过程中,可以预先对产品采用 CAE 数值模拟分析软件对生产成形工艺和成形方案进行模拟,从而减少试模次数,节约成本,并使得产品的质量有较大的提高。

参考文献:

[1] 李健. 圆锥形零件极限拉深系数及合理压边力的研究

[D]. 重庆大学,2002.

[2] 姜海峰. 圆锥形零件冲压成形机理及压边力合理变化规律的研究[D]. 哈尔滨工业大学,1999.

[3] 王任飞. 圆锥形零件拉深锥壁成形规律及内皱成形极限的研究[D]. 燕山大学,2002.

[4] GAO En-zhi, LI Hong-wei. Influences of material parameters on deep drawing of thin-walled hemispheric surface part[J]. Transactions of Nonferrous Metal Society of China,2008,35(11):43-47.

[5] 刘建华,王志恒. 平面压边拉深工艺参数对内皱影响及试验研究[J]. 锻压技术,2008,33(2):50-53.

[6] 李硕本,李春峰,郭斌,等. 冲压工艺理论与新技术[M]. 北京:机械工业出版社,2003.

[7] 胡世光,陈鹤峥. 板料冷压成形的工程解析[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2004.

[8] 陈文亮. 板料成形 CAE 分析教程[M]. 北京:机械工业出版社,2005.