

圆锥保持架拉深模具设计及成形仿真分析

林彩梅

(罗定职业技术学院 机电工程系, 广东 罗定 527200)

摘要:通过 DYNIFORM 软件模拟圆锥保持架板料拉深成形过程和缺陷产生的情况,分析拉深件缺陷产生的原因。通过优化模具结构或工艺参数来减少或避免这些缺陷的产生,提高了拉深成形性能和效率,保证圆锥保持架拉深质量和低成本。

关键词:保持架;模具设计;数值仿真

中图分类号:TH122

文献标识码:A

文章编号:1671-5322(2012)03-0034-05

板料成形数值模拟技术是从上世纪 60 年代分析研究基于薄膜理论或轴对称的二维分析而发展起来的。近年来,板料成形仿真技术发展迅速,国外许多模具生产企业都建立了相关的板料成形仿真系统,这些仿真系统广泛应用于板料冲压成形过程的模拟、模具设计、工艺设计、试模阶段的故障分析等方面^[1,2]。国内的板料成形仿真系统研究主要集中在部分高校里,在实际应用方面仍然较少^[3],如吉林大学胡平教授等采用非经典的弹塑性拟流动理论和非二次形的面内各向异性屈服函数对各向异性板料冲压成形进行了分析,开发出了具有自主知识产权的 KMAS 板料成形模拟分析软件^[4]。目前国内外专用板料成形模拟软件如 eta/DYNIFORM、AUTOFORM、ROBUST、PAM-2STAMP 等。特别是 DYNIFORM 软件,能够预测板料拉深过程中板料的裂纹、起皱和减薄等成形性能,应用广泛。

应用于汽车变速器内的圆锥滚子轴承,直接影响汽车的车速、安全、行车时有没噪音等情况,而轴承的锥形保持架^[5](如图 1 所示)的精度及表面质量直接影响轴承的工作性能。锥形保持架多是薄壁,高精度要求的锥形拉深件,其拉深特点是拉深凸模与板料接触面积小,压力集中,坯料容易产生局部变薄、拉裂;又由于板料自由面积大,压边面积小,工件易起皱,从而导致工件报废^[6],这就对拉深模具设计提出较高的要求,以保证拉

深件的质量。传统的拉深模具设计需要经多次的试模、修模才能保证模具质量,费时低效。本文根据保持架的结构、尺寸,设计出拉深模具,并计算有关参数,并利用板料成形仿真分析方法针对设计参数,模拟了圆锥保持架板料拉深成形过程,分析缺陷产生情况,并通过优化模具结构设计和工艺参数来减少或避免这些缺陷的产生,为实际生产提供指导。

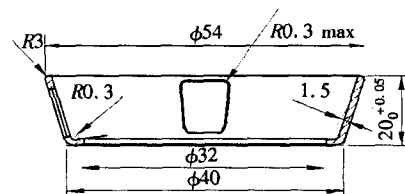


图 1 圆锥保持架零件图

Fig. 1 Tapered bearing cage parts

圆锥保持架多是薄壁,高精度要求的锥形拉深件,其拉深特点是拉深凸模与板料接触面积小,压力集中,坯料容易产生局部变薄、拉裂;又由于板料自由面积大,压边面积小,工件易起皱,从而导致工件报废^[2],这就对拉深模具设计提出较高的要求,以保证拉深件的质量。传统的拉深模具设计需要经多次的试模、修模才能保证模具质量,费时低效。随着计算机技术的发展,板料成形数值模拟技术在板料拉深成形过程的模拟、模具设计、试模阶段的故障分析等方面起到了重要的作

收稿日期:2012-07-18

作者简介:林彩梅(1976-),女,广东化州人,讲师,硕士,主要研究方向为冲压工艺、模具设计及制造、机械自动化技术。

用^[3],特别是 DYNIFORM 软件,能够对整个模具开发过程进行模拟,大大减少了模具的调试时间,保证模具质量,并且能够预测板料拉深过程中板料的裂纹、起皱和减薄等成形性能,保证保持架拉深成形质量。

1 模具设计

1.1 确定修边余量

保持架板料厚度 $t = 1.5 \text{ mm} > 1 \text{ mm}$,保持架平均直径 $d_m = (40 + 54)/2 = 47 \text{ mm}$,锥形件相对高度 $h/d_m = 20/47 = 0.43$,由文献[4]得修边余量 $\Delta h = 2 \text{ mm}$ 。

1.2 计算毛坯直径

根据拉深前后表面积相等原理,毛坯直径 $D^{[7]}$ 为:

$$D = \sqrt{8 \sum_{i=1}^n l_i r_i} \quad (1)$$

式中: l 为母线长度,mm; r 为母线的重心到转轴的距离,mm。

由图1得(因保持架底部圆角半径很小,忽略该处圆弧长度不计):

$$l_1 = 20 \text{ mm}$$

$$l_2 = \sqrt{\left(\frac{54 - 40}{2}\right)^2 + 20^2} + 2 = 23.2 \text{ mm}$$

式中 2 mm 为修边余量

$$r_1 = 10 \text{ mm}$$

$$r_2 = \frac{54 + 40}{2} - 1.5 = 45.5 \text{ mm}$$

将上述数据代入式(1)得

$$D = \sqrt{8 \sum_{i=1}^n l_i r_i} = 100 \text{ mm}$$

1.3 确定拉深次数

该保持架拉深件的相对厚度 $t/d_2 = 1.5/54 = 0.028 > 0.02$ (d_2 为保持架最大外径),相对锥顶直径 $d_1/d_2 = 40/54 = 0.74 > 0.5$,由文献[6]得,该拉深件可以一次拉深成形。

1.4 拉深力 P

$$P = k \pi d_m t \sigma_b = 72 \text{ kN}$$

式中: k 为修正系数, $k = 1^{[6]}$; σ_b 为强度极限, $\sigma_b = 325 \text{ MPa}^{[6]}$ 。

1.5 压边力 F_y

$$F_y = A p = 16 \text{ kN}$$

式中: p 为单位压边力,取 $p = 2.5 \text{ MPa}^{[2]}$; A 为压

$$\text{边圈的毛坯投影面积, } A = \frac{\pi}{4} [D^2 - (d_m + r_{A1})^2] =$$

$$6\,039.7 \text{ mm}^2。$$

拉深设备总负荷 p_z

$$p_z = P + F_y = 88 \text{ kN}$$

1.6 拉深模单面合理间隙^[8]

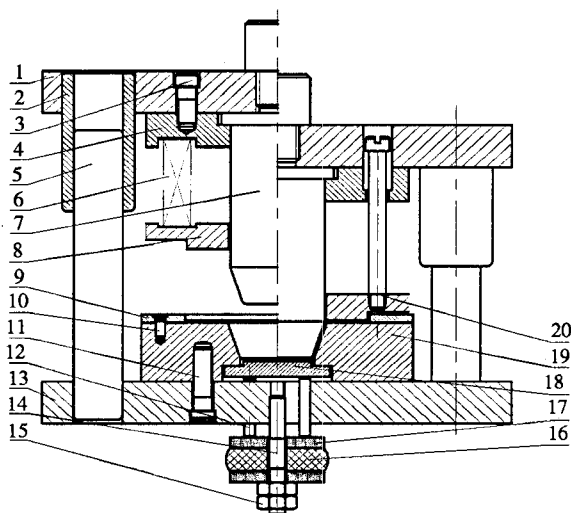
单边合理间隙可按式计算:

$$\frac{z}{2} = (1 + K)t = 1.6 \text{ mm}$$

式中: K 为间隙系数,可由文献[9]查得。

1.7 模具总体结构设计

图2为锥形保持架拉深模具的装配图。该套模具由上模和下模两部分组成。其工作原理为:上模下行,拉深凸模7和凹模19在压边圈8的作用下进行拉深。开模后,拉深件在橡胶16的作用下被顶出,整个成形结束。



1-上模座 2-导套 3,10,11-螺 4-凸模固定板 5-导柱 6-弹簧
7-凸模 8-压料板 9-定位圈 12-顶杆 13-下模座 14-螺柱
15-螺母 16-橡胶 17-托板 18-顶板 19-凹模 20-推杆

图2 拉深模具装配图

Fig.2 Drawing die

1.8 拉深凹模设计

圆锥保持架拉深成形仿真分析要对凹模造型,所以要设计凹模尺寸。根据凸模与凹模分开加工的方法,凹模制造取正偏差。

凹模尺寸用下式计算^[6]。

$$D_A = (D_{\max} - 0.75 \Delta)_0^{+\delta_d}$$

由文献[6][9]得

$$D_{\max} = 54 + 0.62 = 54.62 \text{ mm};$$

$$\Delta = 0.62 \text{ mm}; \delta_d = 0.05 \text{ mm}$$

凹模大端尺寸:

$$D_A = 54.36_0^{+0.05} \text{ mm}$$

凹模小端尺寸:

$$D_A = 40.16_0^{+0.05} \text{ mm}$$

式中: $D_{\max}$ 为零件最大极限尺寸; D_A 为凹模基本尺寸; Δ 为工件制造公差; δ_d 凹模的制造公差。

拉深凹模结构如图 3 所示。

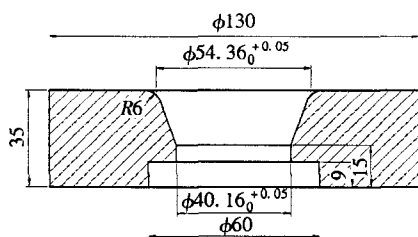


图 3 拉深凹模

Fig. 3 Concave mold

2 拉深成形过程仿真分析

前面设计出了保持架拉深模具的结构和成形参数,现通过板料成形仿真数值技术模拟模具设计的可行性和可靠性,预测拉深成形过程中的缺陷,从而借助模拟结果优化模具结构和成形参数。

2.1 力学模型

板料冲压成形过程包含凸模、凹模、压边圈和板料四种特性各异的运动物体,如图 4 所示,其中板料为可变形体,可作塑性变形,凸模、凹模和压边圈可看作刚体^[1]。通常情况下,认为凹模和压料圈固定不动;凸模由压力机滑块带动作规则的上下往复运动,从而对板料施加压力。

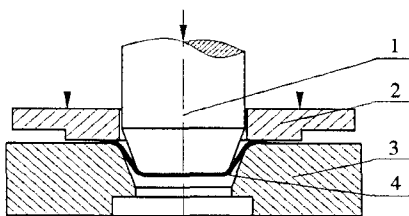


图 4 力学模型

Fig. 4 The mechanical model

2.2 模型建立

根据坯料尺寸 ($D = 100 \text{ mm}$) 和图 3 凹模尺寸,利用 UG 软件建立相应尺寸和形状的材料和凹模模型(注意两者不要沿着边界分享共同的节点,否则网格划分时出错),并转换为 DYNIFORM

可以识别的 IGS 格式^[10]。利用工具偏移命令偏移凹模模型生成工具凸模;用添加单元的方法生成压边圈,将压边圈与凹模零件层分离,以避免自动定位工具时出现错误^[11]。检查分析模具结构(凸模、凹模、压边圈)是否存在缺陷^[1]。如图 5 所示,图中圆形件为坯料,中间锥形筒件为凹模。

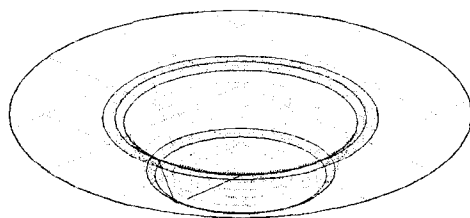


图 5 有限元模型

Fig. 5 Finite element model

2.3 网格划分

划分网格是建立有限元模型的一个重要环节,因为拉深模拟结果的精度和坯料网格的质量有很大的关系,网格划分对计算精度和计算时间产生直接的影响^[3]。本例在坯料划分网格时使用工具模型最小半径为 2 mm(半径越小,坯料网格就越密,半径越大,产生的网格越粗糙);凹模网格划分时选用网格最大尺寸 10 mm,最小尺寸 0.5 mm,弦高 0.15 mm,角度 20°和间隙公差 2.5 mm。为防止网格一些潜在、影响模拟的缺陷,需要检查修复坯料网格是否存在间隙、孔洞、退化的单元。凹模和坯料的网格划分如图 6 所示,图中圆形件为坯料网格,中间锥形筒件为凹模网格。

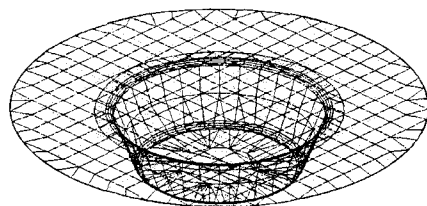


图 6 网格划分图

Fig. 6 Mesh

2.4 工具设置

工具设置主要定义工具凹模、凸模、压边圈和毛坯,以及设定接触类型等。利用自动定位工具命令定位凹模等工具,选择毛坯为主工具,凸模、凹模和压边圈为从工具。

拉深类型: single action (inverted Draw)

接触类型: 单向面到面接触

静态摩擦系数 0.125

凸模:刚体,速度 3 m/s,冲压距离 20 mm

凹模、压边圈为刚体,冲压速度都为 0

坯料选择 DQSK36 材料,厚度 $t = 1.5$ mm,此材料是基于 Barlat 屈服准则,满足幂强化条件。在定义工具时用到的其它参数如表 1 所示。

表 1 工具参数

Table 1 Tool parameters

弹性 模量	泊松比	硬化 指数	屈服 强度	接触 间隙	压边力
GPa	μ	n	MPa	mm	kN
295	0.28	0.3	1.75	1.6	31

2.5 分析计算

通过分析类型“Full Run Dyna”进行分析求解。经求解后可输出一个拉深过程的结果文件(d3plot),该文件可以显示材料的变形过程、厚度变化过程和成形极限(FLD)变化过程等物理量的分布图形和分析数据。成形极限图(FLD)能直观反映拉深件在拉深中各种应力状态下的极限应变情况,预见板料破裂、起皱缺陷,是综合衡量板料拉深性能的重要指标。

由图 7 可知,板料成形极限图(FLD)反映出锥形拉深件在模拟时拉深质量较好,达到预期效果,各部位没有拉裂现象,但在板料凸缘处有起皱现象。可能的原因是模拟时施加的压边力小于实际所需的压边力引起的。

由图 8 厚度随时间变化曲线可知板料厚度最大的位置节点为 6 762(位于板料边缘),厚度为

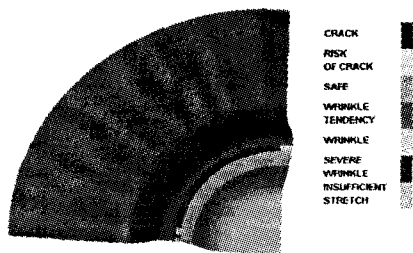


图 7 板料成形极限图

Fig. 7 Sheet metal forming limit diagram

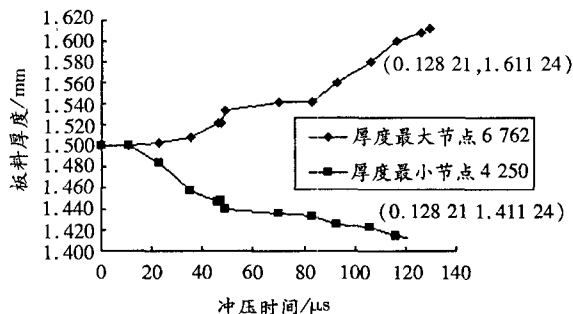


图 8 厚度随时间变化曲线

Fig. 8 The curve of variation in thickness

1.611 24 mm,增厚率 7.44% (偏大);板料厚度最小位置为结点 4 250(位于凸模圆角偏上处),厚度为 1.411 24 mm,减薄率为 5.92%。但不管增厚率还是减薄率都没有超 15%,所以厚度变化属于正常范围。

2.6 仿真结果分析

观察利用圆锥保持架拉深模具进行板料拉深成形过程,发现保持架凸缘变形区有起皱现象发生,所以要稍微调大压边圈的压力,以减少凸缘起皱趋势,更好的控制起皱的发生,但压边力不能太大,以免导致拉裂现象的发生。拉深件没有拉裂现象,可以认为模具设计合理,工艺参数合理。

3 总结

板料成形数值模拟技术是一项先进技术,它依赖符合实际的理论研究和算法,能有效模拟冲压成形过程中板料的成形过程。本文结合圆锥滚子轴承保持架零件实例,设计了拉深模具的总体结构和计算有关参数,建立了有限元模型和对模型进行了网格划分,并设置了模拟过程中所需的有关工具参数,然后通过数值模拟 DYNIFORM 软件模拟仿真了圆锥保持架在板料冲压成形过程中的塑性变形情况,根据模拟得到的成形极限云图和厚度随时间变化曲线图,分析得到板料因压边力过小引起拉深件边缘有起皱的现象,提出可以增大压边力来避免起皱现象的措施,从而解决了锥形保持架模具设计耗时低效,质量难保证的问题,为同类零件设计提供借鉴。

参考文献:

- [1] 金杰. 板料冲压仿真系统分析及模具设计中的应用[D]. 杭州:浙江大学,2002.
- [2] Keer T J, Sturt R M V. Sheet Metal processing the integration of Finite element analysis with the design process[J]. Trans of SAE, J. of Materials and Manufacturing, 1991, 910771:736-741.
- [3] 李顺平, 李硕本. 盒形件冲压成形的有限元模拟的研究[J]. 锻压技术, 1919(6):15-20.
- [4] 胡平. 弹塑性有限变形的拟流动理论[J]. 力学学报, 1994, 26(3):275-283.
- [5] 机械设计手册编委会. 滚动轴承[M]. 北京:机械工业出版社, 1999.
- [6] 翁其金. 冷冲压与塑料成型——工艺及模具设计[M]. 北京:机械工业出版社, 1999.
- [7] GB/T 15825.2-2008, 金属板成形性能与试验方法通用试验规程[S].
- [8] 张兰. 数值模拟技术在汽车覆盖件拉深成形质量控制中的应用研究[D]. 成都:四川大学, 2006.
- [9] 王孝培. 冲压手册(修订本)[M]. 北京:机械工业出版社, 1990.
- [10] 封彦锋, 党新安. 基于 Dynaform5.2 软件的板料成形数值模拟技术[J]. 轻工机械, 2007(6):51-54.
- [11] 王远钟, 董定福, 王可胜. 金属手机外壳拉深工艺及数值模拟[J]. 模具技术, 2004(3):9-12.
- [12] 危熠平, 王健, 雷君相, 等. 汽车覆盖件冲压模具仿真设计[J]. 模具工业, 2005(10):3-5.

Cone Cage Drawing Mold Design and Forming Simulation Analysis

LIN Cai-mei

(Electrical and Mechanical Engineering, Luoding Polytechnic, Luoding Guangdong 527200, China)

Abstract: This paper intends to use DYNAFORM software to simulate deep drawing process of cone cage sheet metal and the cause of defects. Optimizing the mold structure or process parameters reduce or avoid the generation of these defects, and to improve the forming properties and efficiency, thus to ensure the cone cage to keep deep drawing quality and low cost.

Keywords: tapered bearing cage; mould design; numerical simulation

(责任编辑:张振华)