

计算机仿真椭圆钣金件拉深成形技术研究

雒亚涛, 张 华, 郭广西
(西安航天发动机厂, 陕西 西安 710100)

摘 要: 应用 PAMSTAMP 数值模拟仿真功能, 研究了不同压边力及分步成形对椭圆钣金件拉深成形的影响, 解决了拉深成形过程中的缩颈及开裂缺陷, 通过计算机仿真, 获得了最佳的工艺参数和工艺流程。

关键词: 计算机仿真; 椭圆钣金件; 拉深成形技术

中图分类号: V434-34 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-9374 (2012) 06-0046-06

Computer simulation based deep drawing forming technology for elliptic sheet-metal parts

LUO Ya-tao, ZHANG Hua, GUO Guang-xi
(Xi'an Space Engine Factory, Xi'an 710100, China)

Abstract: Based on the numerical simulation with PAMSTAMP software, the influence of blank holder force and multi-step forming on the deep drawing forming of elliptic sheet-metal parts was analyzed. The necking down and cracking defects caused during deep drawing forming were solved. Optimal technological process and parameters were obtained by means of computer simulation.

Keywords: computer simulation; elliptic sheet-metal part; deep drawing forming technology

0 引言

力学特别是弹塑性有限元方法和计算机软硬件技术的发展, 以及钣金冲压成形理论研究的不断深入, 使得对钣金冲压件进行成形仿真成为可能。在计算机上可以应用专用软件模拟仿真板料成形的全过程, 预测成形过程中的拉裂、起皱、回弹等缺陷, 还可以分析材料参数、模具参数、

摩擦和润滑等边界条件对成形性能的影响, 从而优化模具设计。因此, 利用计算机数值模拟仿真板料成形规律, 对其进行研究, 可以提高工艺设计可靠性, 减少冲压工艺设计问题, 提高钣金成形质量和生产效率。原来模具制造后通过实物试验, 确定模具是否符合生产要求, 有时需要多次返修模具型面, 生产出的零件才能满足设计要求, 而通过计算机模拟仿真, 可以大大减少模具返修次数, 降低成本, 提高功效。

收稿日期: 2012-06-01; 修回日期: 2012-08-06

基金项目: 中国航天科技集团公司支撑项目 (2008JY03)

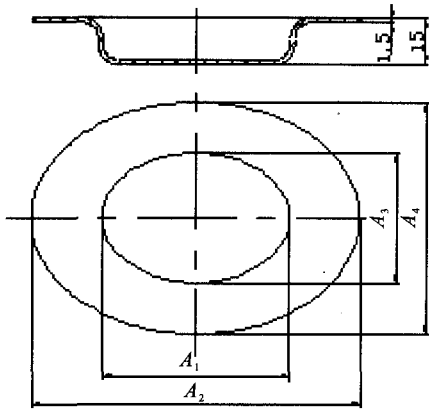
作者简介: 雒亚涛 (1969—), 女, 高级工程师, 研究领域为钣金冲压

本文针对椭圆钣金零件的结构特点, 采用钣金数值模拟软件 PAMSTAMP 对其成形过程进行模拟仿真, 通过仿真确定了合理的工艺参数, 优化了工艺流程, 一次成形出合格零件, 避免了成形中零件的缩颈及开裂问题, 提高了产品质量。

1 椭圆钣金件设计要求

1.1 钣金件结构

椭圆钣金件及其具体数值范围如图 1 所示, 拉深形状为椭圆形, 凸缘部分也为椭圆形。



A_1 -55~65 mm; A_2 -100~110 mm;
 A_3 -35~45 mm; A_4 -70~80 mm

图 1 钣金件结构图

Fig. 1 Structure of sheet-metal part

1.2 材料性能参数

钣金件所用材料为 5A03 δ1.5, 其基本性能见表 1。抗拉强度 σ_b =230 MPa, 抗剪强度 τ =150 MPa, 伸长率 δ_{10} =18%, 硬化指数为 0.27; 厚向异性系数 r 在 0° , 45° , 90° 方向分别为 0.65, 0.93, 0.67。

表 1 板料基本性能

Tab. 1 Basic properties of sheet metal

密度 ($N \cdot mm^{-3}$)	弹性模 量/GPa	抗拉强 度/MPa	抗剪强 度/MPa	泊松比	硬化 指数
2.7	70.97	230	150	0.319	0.27

1.3 难点分析

椭圆形零件成形时, 在长轴和短轴方向成形力是不一样的, 零件材料在这两个方向所受的应力应变都不一样, 短轴方向弧度变化大, 应力应变比较集中, 成形中易出现缩颈及破裂现象。而长轴方向弧度变化平缓, 成形中不易出现缩颈及破裂现象。

2 钣金件成形过程计算机仿真

2.1 仿真流程

仿真流程为: 零件 UG 造型→以 IGS 格式输入→确定毛坯尺寸→生成模具并修正模具→仿真成形过程→成形结果分析→确定工艺流程→试验验证。

2.2 毛坯尺寸确定

2.2.1 理论计算

根据零件形状, 其展开形状应该是椭圆形, 但椭圆形状的毛坯料不易制造, 而且在拉深前需要长、短轴定位准确, 才能使各部分均匀成形。如果使用圆形毛坯, 则制造和定位都很简单。零件材料是拉深性能良好的 5A03, 拉深过程中短轴处余量多拉深也不受影响, 所以采用圆形毛坯。毛坯直径 D 按椭圆的长轴展开尺寸计算。根据公式 (1) 计算零件展开直径 D :

$$D = (8 \times L \times X)^{0.5} \tag{1}$$

式中: L 为单元体母线长度, mm; X 为单元体母线重心距旋转轴的距离, mm。计算表明, 展开毛坯的直径为 110.2 mm, 圆整后的毛坯直径为 110 mm。

2.2.2 应用 PAMSTAMP 中的 INVERSE 反算功能计算毛坯尺寸

将零件造型后, 抽取其中心层面, 以 IGS 格式导入到 PAMSTAMP 中, 应用其 INVERSE 反算功能, 计算出零件的毛坯尺寸及形状 (见图 2), 其长轴尺寸为 110.75 mm。

2.2.3 确定毛坯尺寸

零件毛坯的理论计算尺寸与反算计算的尺寸相符, 后续冲切落料时单边留工艺余量 5 mm, 所以零件毛坯取 $\Phi 121$ 的圆形毛坯。

为了避免零件在冲压过程中开裂,可采用将零件拉深到 10 mm,热处理恢复塑性,再拉深到 15 mm (设计要求),其最终模拟结果及成形极限

图如图 9 所示。

从仿真结果可知,零件最大变薄率为 14.7%,成形极限图显示未开裂。

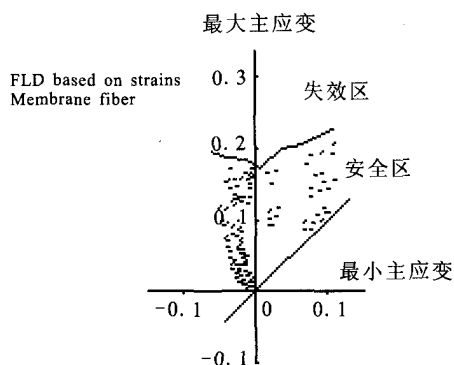


图 7 压边力 80 kN 时中间成形极限图

Fig. 7 Intermediate FLD under 80 kN blank holder force

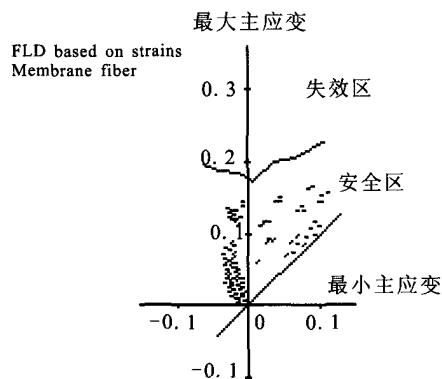


图 8 压边力 100 kN 时中间成形极限图

Fig. 8 Intermediate FLD under 100 kN blank holder force

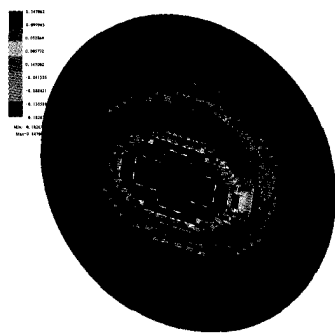
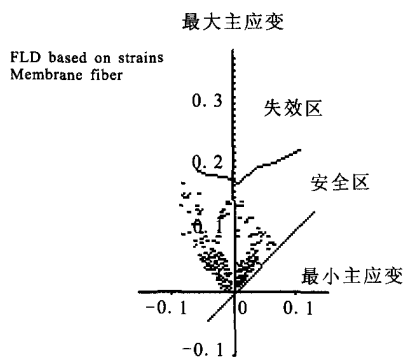


图 9 分步仿真壁厚分布及成形极限图

Fig. 9 Wall thickness distribution and FLD from multi-step forming simulation



3 确定成形工艺

1) 从数值模拟结果看,零件一次拉深成形,超出了材料的塑性范围,零件开裂是必然的。

2) 根据数值模拟结果,选取压边力 80 kN 拉深零件。

3) 从成形过程分步显示可知,第一次拉深成形的零件最佳高度是 10 mm,然后进行热处理,恢复塑性,第二次拉深到设计要求高度 15 mm。

通过数值分析,确定的工艺流程为:制圆形毛坯→80 kN 压边力拉深至高度 10 mm→退火→

拉深至零件高度 15 mm→落外圆→成品。

4 试验验证

根据仿真计算结果确定的工艺流程进行试验。设备选用 40 吨冲床,用 20 件毛坯进行椭圆钣金零件拉深试验,第一次拉深高度 10 mm,第二次拉深到高度 15 mm,两次拉深之间进行热处理恢复塑性。零件的变薄量最大为 13.9%,符合钣金通用技术条件中零件变薄量在 15%以下的要求,零件均未出现开裂及缩颈,其余各尺寸及型面满足设计要求。

5 结论

1) 采用 PAMSTAMP 的 INVERSE 反算模块计算的零件毛坯尺寸与经验公式计算的毛坯尺寸一致性好, INVERSE 反算模块可应用于工程中作为钣金零件展开料的计算工具。

2) 采用 PAMSTAMP 的 DIEMAKER 模面设计模块可自动生成钣金零件阴、阳模型面及压边圈, 并能对其模面进行优化, 可应用于模具设计中模面参数的设计。

3) 采用 PAMSTAMP 的 AUTOSTAMP 模块对零件拉深成形进行仿真计算, 可获得零件拉深成形优化工艺方案、工艺参数及毛坯形状尺寸。

参考文献:

- [1] 关诗悼, 何声健. 冲压工艺学[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 1987.
- [2] 李硕本. 冲压工艺学[M]. 北京: 机械工业出版社, 1982.
- [3] 李尚健. 金属塑性成形过程模拟[M]. 北京: 机械工业出版社, 1999.
- [4] 卢险峰. 最优化方法应用基础[M]. 上海: 同济大学出版社, 2003.
- [5] 王远钟, 董定福, 俞芳芳. 数值模拟波动压边力对拉深件成形质量的影响[J]. 塑性工程学报, 2005 (6): 46-50.
- [6] 《航空工艺装备设计手册》编写组. 航空工艺装备设计手册-冷冲模设计[M]. 北京: 国防工业出版社, 1977.
- [7] 张鼎承. 冲模设计手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1988.

(编辑: 王建喜)

(上接第 23 页)

为了验证通过系统仿真方法所获得气路系统启动特性结果的准确性, 从试验角度对该气路系统仿真所涉及的三种状况建压特性进行了研究。从试验所得三种状况的压力建压曲线与仿真计算结果基本一致。

通过扩大减压阀阀后管径及减少阀内阻尼孔面积, 能有效降低该系统气路启动过程中阀后压力建压的振荡, 能获得较稳定的建压过程。

参考文献:

- [1] 庞麓鸣. 工程热力学[M]. 北京: 人民教育出版社, 1980.
- [2] 梁德旺. 流体力学基础[M]. 北京: 航空工业出版社, 1998.
- [3] 付永领, 齐海. LMS Imagine. Lab AMESim 系统建模和仿真实例教程[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2011.
- [4] 尤裕荣, 曾维亮. 逆向卸荷式气体减压阀的动态特性仿真[J]. 火箭推进, 2006, 32(3): 24-30.
- [5] 朱宁昌. 液体火箭发动机设计(下)[M]. 北京: 宇航出版社, 1994.
- [6] 刘国球. 液体火箭发动机原理[M]. 北京: 宇航出版社, 1993.
- [7] 陈阳, 高芳, 张振鹏. 气动薄膜调节阀控制系统工作过程的动态仿真[J]. 火箭推进, 2006, 32(6): 28-34.
- [8] 陶玉静, 范才智, 田章福, 等. 两位五通电动气阀动态特性研究[J]. 推进技术, 2006, 27(6): 64-67.
- [9] 徐华舫. 空气动力学基础[M]. 北京: 北京航空学院出版社, 1987.
- [10] 伊进宝, 赵卫兵, 师海潮. 动叶围带对鱼雷涡轮机通流性能影响研究[J]. 鱼雷技术, 2012 (1): 56-59.
- [11] 尹洪, 王文萍, 任静, 蒋洪德. 燃烧室出口辐射对气膜冷却传热影响研究[J]. 工程热物理学报, 2012 (2): 214-217.
- [12] 李广超, 吴冬, 张魏, 吴超林. 不同吹风比下双出口孔射流气膜冷却数值模拟计算[J]. 动力工程学报, 2012 (5): 368-372.
- [13] 魏进家, 王剑峰. 温度和雷诺数对表面活性剂溶液传热的影响[J]. 工程热物理学报, 2012 (1): 67-70.

(编辑: 王建喜)