

基于dynaform的汽车隔热板成形性能研究

吴信涛, 谢瑞, 刘国凯, 李萍

(合肥工业大学 材料科学与工程学院, 合肥 230009)

摘要: **目的** 针对汽车隔热板的主要成形缺陷问题,通过工艺参数优化,获得成形质量良好的隔热板零件。**方法** 首先对影响隔热板成形质量的工艺参数进行了理论分析,基于ETA/dynaform软件平台对隔热板的成形过程进行了模拟,然后通过正交实验优化对各工艺参数进行了优化。**结果** 分析各成形工艺参数组合下的汽车隔热板成形质量情况,筛选出了隔热板成形质量良好的最优参数组合。**结论** 采用最优参数进行模拟验证,模拟结果显示隔热板的成形质量较优,为生产实际提供了参考;摩擦因数、压边力对成形质量的影响最大,实际生产过程中,保证良好的润滑条件是获得合格隔热板零件的重要条件。

关键词: 板材成形; 正交实验优化; 数值模拟; 隔热板; 有限元分析

DOI: 10.3969/j.issn.1674-6457.2016.02.005

中图分类号: TG113.26

文献标识码: A

文章编号: 1674-6457(2016)02-0022-04

Formability Analysis of Automobile Thermal Baffle Based on Dynaform

WU Xin-tao, XIE Rui, LIU Guo-kai, LI Ping

(School of Materials Science and Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

ABSTRACT: The aim of this study was to investigate the main forming defects of automobile thermal baffle and to obtain a good quality of thermal baffle part by optimization of process parameters. Firstly, a theoretical analysis was implemented on the impact of process parameters on the quality of the thermal baffle part. Based on ETA/dynaform software platform, the forming process simulation for thermal baffle was carried out. Then the process parameters were optimized by orthogonal experiment method. Through analysis of the forming quality of each forming process parameter, the optimal combination of parameters was screened out for good thermal baffle. Simulation and verification were carried out on the condition of optimal parameters. The results showed that the quality of thermal baffle was satisfying, providing guidance for the production. Friction coefficient and blank holder force (BHF) were the biggest influencing factors on shaping and the quality. To ensure good lubrication conditions was an important condition to obtain qualified thermal baffle during the actual production process.

KEY WORDS: sheet forming; orthogonal test; numerical simulation; thermal baffle; finite element analysis

汽车隔热板是指安装在汽车发动机周围和排气系统上方的汽车零部件。基于汽车轻量化角度考虑,隔热板现主要采用铝板生产,主要利用铝板的高热反射率来减少热量的传递,同时兼有隔声降噪效果,能

够起到提升驾驶人员舒适度的作用。汽车发动机和底盘周围形状复杂多变,安装在其附近的隔热板零件与发动机或底盘形状应该具有良好的匹配性。隔热板安装位置的特殊性决定了其形状比较复杂,较一般

收稿日期: 2016-01-19

作者简介: 吴信涛(1990—),男,宿州人,硕士生,主要从事材料成形过程控制及结构仿真研究。

通讯作者: 李萍(1973—),女,博士,教授,博士生导师,主要研究方向为精密成形和数值模拟。

的冲压件,具有拉伸深度大,成形高度起伏明显等特点^[1]。实际生产过程中,往往需要经过多次实验,不断调整工艺参数才能获得理想的结果,此过程造成了大量的人力、物力的浪费。基于dynaform的隔热板成形性能研究可以模拟成形过程各工艺参数对产品质量的影响,能够有效预测出成形过程出现的破裂、起皱、回弹等缺陷,通过数值模拟分析出合适的成形工艺参数,可为实际生产提供指导^[2]。

1 数值模拟的实施

汽车隔热板零件如图1所示,从图1可以看出,零件主体曲面上有多个凸台曲面,和一个成形困难的内凹槽,冲压过程各部分变形差别很大。零件两端成形拉伸深度大,板料流动极易不均匀,在此处会出现拉裂,尤其凸台处板料厚度发生很大的变化,亦容易出现拉裂。



图1 汽车隔热板零件

Fig.1 Automotive thermal baffle parts

根据以上分析,为了确保隔热板零件的成形过程顺利可行和成形后零件具有良好的综合性能,对成形工艺过程进行了分析。根据各工艺参数压边力、摩擦因数、模具间隙和锁模力等对零件成形质量的影响规律,对参数进行了多次调整,同时在零件的两侧设置了拉伸筋^[3],从而减少中间部分的起皱区域,有利于获得成形质量较好的汽车隔热板零件。汽车隔热板的材料为退火态的A1050^[4],通过软件BSE模块反求出板料的尺寸^[5],并调整板料的形状尺寸到合适大小。基于dynaform平台,偏置得到凸模和压边圈,建立隔热板冲压成形的有限元模型,如图2所示。

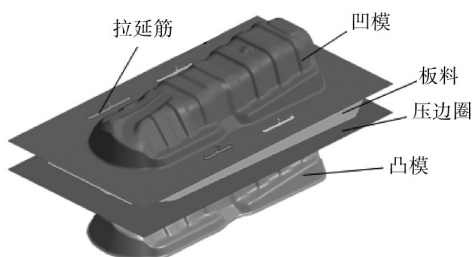


图2 有限元模型

Fig.2 Finite element model

2 成形工艺参数分析

2.1 压边力

通过软件得出压边圈面积 A ,根据公式: $F=AF_1$ 计算出成形所需压边力^[6]。式中 F_1 为单位压边力,对于板厚0.7 mm的铝合金材料, F_1 一般取0.8~1.2。增大压边力能够减小起皱及未充分变形区,但压边力过大,板材的拉裂倾向逐渐增大,严重时出现拉裂。

2.2 拉伸筋

由于此零件较复杂、拉伸深度起伏较大,压边力不宜过大,减小压边力有利于防止零件两端及凸台处的开裂,但是会在两侧成形浅的区域出现严重的起皱缺陷,导致生产的零件不合格。为此,在零件不开裂的基础上,对起皱部分设置合理的等效拉伸筋并且确定锁模力,寻求压边力和拉伸筋锁模力的平衡,可以显著地减少严重起皱区域,改善起皱情况^[7-9]。布置拉伸筋前后的成形极限图如图3所示。

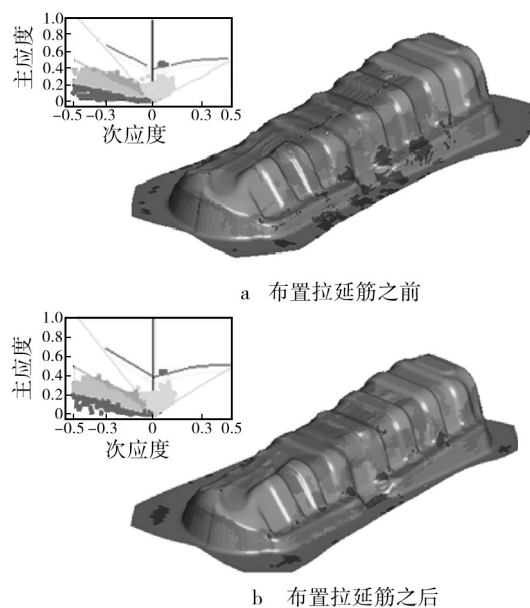


图3 拉伸筋布置前后的成形极限图

Fig.3 The forming limit diagram before and after drawbead arrangement

3 正交实验

正交实验是用来科学地设计多因素实验的一种优化方法,依据均衡分布的思想,采用部分实验代替全面实验,通过对部分实验的结果分析,了解全面实

验的情况,找出最优的水平组合。实际零件的成形质量是多因素综合作用的结果,因此有必要采用正交实验设计方法分析各因素对实验指标的影响。

本次实验以板材厚度减薄率为目标,以压边力、摩擦因数、完全锁模力及凹凸模具间隙为自变量^[10-14],设计四参数四水平的正交实验(如表1所示),进行有限元模拟,结果如表2所示。

表1 正交实验因素及水平

Table 1 Orthogonal experimental factors and levels

水平	压边力/kN	摩擦因数	模具间隙/mm	锁模力/(N·mm ⁻¹)
1	10	0.02	0.735	50
2	15	0.04	0.770	70
3	20	0.06	0.805	90
4	25	0.08	0.840	110

表2 四因素四水平正交实验结果

Table 2 Results based on four factors and four levels of orthogonal experiment

序号	压边力/kN	摩擦因数	模具间隙/mm	锁模力/(N·mm ⁻¹)	未变 形区	减薄 率/%
1	10	0.02	0.735	50	较多	28.77
2	10	0.04	0.770	70	稍多	30.81
3	10	0.06	0.805	90	稍多	33.47
4	10	0.08	0.840	110	少	38.70
5	15	0.02	0.770	90	稍多	33.23
6	15	0.04	0.735	110	稍多	34.10
7	15	0.06	0.840	50	少	43.6
8	15	0.08	0.805	70	较少	45.63
9	20	0.02	0.805	110	稍多	33.10
10	20	0.04	0.840	90	稍多	33.53
11	20	0.06	0.735	70	少	40.18
12	20	0.08	0.770	50	较少	59.58
13	25	0.02	0.840	70	稍多	34.5
14	25	0.04	0.805	50	少	35.10
15	25	0.06	0.770	110	较少	41.41
16	25	0.08	0.735	90	较少	61.40

以各因子的水平值为横坐标,减薄率指标的平均值为纵坐标,画出因子与指标的效应曲线图(如下图4所示)。可以明显地看出减薄率随着各水平变化的趋势,在不出现拉裂及较少起皱区域的条件下,减薄率越小越好。

通过表1和图4可以看出各参数对成形减薄率的影响规律,且最终成形质量是多因素综合作用的结果,压边力、摩擦因数、模具间隙及锁模力4个因素对极限减薄率的影响程度的先后顺序为:摩擦因数占

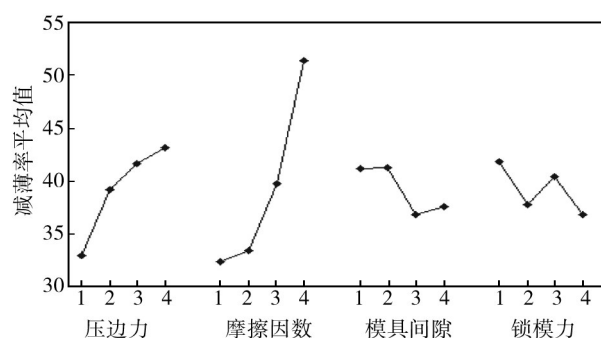


图4 正交结果效应曲线

Fig.4 Effect curve of orthogonal experiment

49.23% (18.93/38.45) > 压边力占 26.42% (10.16/38.45) > 锁模力占 12.82% (4.93/38.45) > 模具间隙占 11.53% (4.43/38.45)。摩擦因数对其影响最大,在实际生产过程,有效调整摩擦因数,保证良好的润滑条件尤为重要。

4 优选参数的数值模拟结果

根据正交实验效应曲线图可以得出最优的参数组合为:压边力为10 kN,摩擦因数为0.02,模具间隙为0.805 mm,完全锁模力为110 N/mm。采用最优参数模拟,结果表明隔热板零件成形效果较好,零件主体部分几乎都为绿色,严重起皱区域和起皱倾向区域减少,仅有少量的变形不充分区,不影响隔热板的使用性能,优化前后的成形效果图如图5所示。

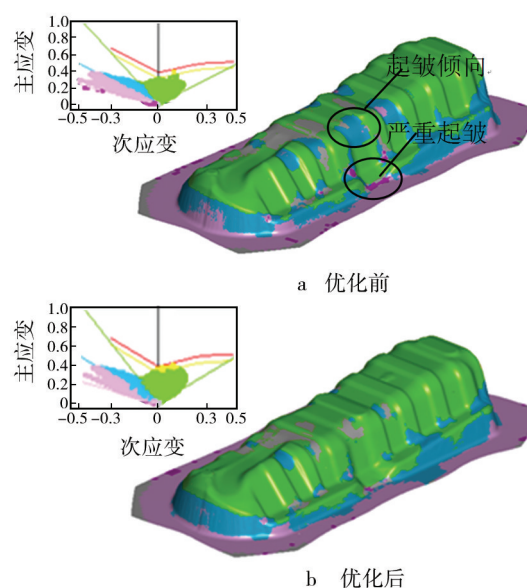


图5 优化前后的成形极限图

Fig.5 Forming limit diagram before and after optimization

5 结论

通过dynaform对隔热板的成形过程进行模拟,分析了压边力、摩擦因数、模具间隙、锁模力对成形质量的影响,采用正交实验方法,对各工艺参数进行了优化,分析出了最优参数组合,并进行模拟,获得了成形质量良好的隔热板零件。

1) 通过对影响隔热板成形工艺参数的分析,设计正交实验,基于dynaform进行数值模拟,确定压边力为10 kN、摩擦因数为0.02、模具间隙为0.805 mm、锁模力为110 N/mm为最优参数组合。

2) 经过正交实验极差分析,得到摩擦因数、压边力是影响成形质量的主要因素,实际生产过程确保凹模、凸模及板料之间良好的润滑条件及选择合理压边力,对获取好的成形质量的零件至关重要。

参考文献:

- [1] 瞿烨波,余际星,彭勇,等.基于Dynaform纵梁后板成形工艺及回弹控制模拟分析[J].锻压技术,2011,36(1):43—46.
QU Ye-bo, YU Ji-xing, PENG Yong, et al. Simulation Analysis of Forming Process and Springback Control for Longeron After-reinforcing Plate Based on Dynaform[J]. Forging & Stamping Technology, 2011, 36(1): 43—46.
- [2] 闻瑶,甘国强,王成国.基于数值模拟的隔热板零件冲压工艺研究[J].精密成形工程,2014,6(4):41—45.
WEN Yao, GAN Guo-qiang, WANG Cheng-guo. Analysis and Optimization of Thermal Baffle Stamping Process Based on Dynaform[J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2014, 6(4): 41—45.
- [3] 刘普襄,李湘生,程松,等.基于Dynaform对拉延筋在板材拉伸中的应用研究[J].机械工程师,2010(6):51—53.
LIU Pu-xiang, LI Xiang-sheng, CHENG Song, et al. Application Research for Drawbead in Sheet Metal Drawing Based on Dynaform[J]. Mechanical Engineer, 2010(6): 51—53.
- [4] 徐宏大,曹光泽,刘兵,等.汽车隔热板用铸轧1050-O合金板材工艺研究[J].铝加工,2011(5):34—36.
XU Hong-da, CAO Guang-ze, LIU Bing, et al. Research on Cast and Rolled 1050-O Aluminum Alloy Plates for Thermal Baffles for Automobiles[J]. Aluminium Fabrication, 2011(5): 34—36.
- [5] YANG Chen, LI Peng, FAN Li-xia. Blank Shape Design for Sheet Metal Forming Based on Geometrical Resemblance[J]. Procedia Engineering 2014(81): 1487—1492.
- [6] 徐迎强,薛克敏,周结魁,等.基于智能优化的汽车内板件回弹控制[J].塑性工程学报,2011,18(5):64—69.
XU Ying-qiang, XUE Ke-min, ZHOU Jie-kui, et al. Control of Springback In the Forming Process of auto Inner Panels Based on Intelligent Optimization[J]. Journal of Plasticity Engineering, 2011, 18(5): 64—69.
- [7] 李玉兰,刘宏.隔热板成形工艺分析与拉深模设计[J].模具工业,2010,36(5):38—41.
LI Yu-lan, LIU Hong. Process Analysis and Design of Drawing Die for Thermal Insulating Board[J]. Die & Mould Industry, 2010, 36(5): 38—41.
- [8] 曹爱霞,逯振国,钟佩思,等.基于Dynaform的引擎盖外板拉延成形仿真[J].锻压技术,2014,39(12):19—21.
CAO Ai-xia, LU Zhen-guo, ZHONG Pei-si, et al. Simulation of Drawing Process for Automobile Engine Cover Plate Based on Dynaform[J]. Forging & Stamping Technology, 2014, 39(12): 19—21.
- [9] 夏木建,章跃,周广宏,等.基于Dynaform的浅锥面拉深数值模拟[J].热加工工艺,2011,40(1):102—104.
XIA Mu-jian, ZHANG Yue, ZHOU Guang-hong, et al. Numerical Simulation of Deep Drawing Process for Shallow Tapered Surface Based on Dynaform[J]. Hot Working Technology, 2011(1): 102—104.
- [10] 杜勇,闻瑶,马俊林,等.隔热板冲压成形工艺参数优化[J].精密成形工程,2014,6(5):108—112.
DU Yong, WEN Yao, MA Jun-lin, et al. Optimization of the Process Parameters for Thermal Baffle Stamping Forming[J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2014, 6(5): 108—112.
- [11] 苏春健,于涛.金属板材成形分析及应用[M].北京:国防工业出版社,2011.
SU Chun-jian, YU Tao. Sheet Metal Forming Analysis and Application[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2011.
- [12] 陈龙,黄璞,王炯,等.基于正交实验和灰色系统理论的拼焊板前纵梁成形优化[J].塑性工程学报,2012,19(4):1—5.
CHEN Long, HUANG Pu, WANG Jiong, et al. Optimization of Tailor-welded Front Longitudinal Forming Based on Orthogonal Experiment and Gray System Theory[J]. Journal of Plasticity Engineering, 2012, 19(4): 1—5.
- [13] 郭敏杰,曾珊珊.基于dynaform的汽车纵梁工艺分析及冲压数值模拟[J].热加工工艺,2011,40(5):112—114.
GUO Min-jie, ZENG Shan-qi. Process Analysis and Stamping Numerical Simulation of Auto Carling Based on Dynaform[J]. Hot Working Technology, 2011(5): 112—114.
- [14] 黄伟,李梦群,杨亚威.基于Dynaform的V形件弯曲回弹数值分析[J].锻压技术,2014,39(6):118—121.
HUANG Wei, LI Meng-qun, YANG Ya-wei. Numerical Analysis of Springback for V-shaped Pieces Based on Dynaform[J]. Forging & Stamping Technology, 2014, 39(6): 118—121.