

# 高强双相钢副车架冲压成形分析

(江苏电子信息职业学院汽车工程学院,江苏省淮安市,255049) 孙彩凤 孟令韩 张修显 陈浩

**摘要** 为研究不同工艺参数对高强双相钢冲压零件成形质量的影响规律,以某款新能源汽车副车架加强板为研究对象,基于Dynaform进行冲压成形数值模拟。通过仿真确定了最优工艺参数组合压边力2 600kN,成形速度5 000mm·s<sup>-1</sup>,拉延筋采用分段形式,阻力分别设为20%、20%、15%、35%、40%,摩擦因数为0.06。此参数为模具结构设计和工艺优化提供了依据,可以为产品开发节省时间,为企业新产品开发节省成本。

**关键词** 高强双相钢;副车架;dynaform;冲压成形

中图分类号:U463.82 文献标识码:B  
文章编号:1008-0899(2024)06-0021-03

近年来,新能源汽车作为国家能源安全与能源结构转型的重要手段发展迅速。对于纯电动汽车,当整车质量减少10%,能量消耗就会下降5.5%,续航里程相应增加5.5%<sup>[1]</sup>。高强双相钢(简称双相钢)具有高强度、良好冲击性、较低成本等方面的优势<sup>[2]</sup>,可以使汽车生产厂在兼顾成本和安全的条件下实现车身结构的轻量化。

双相钢在用于汽车结构件成形过程中存在以下问题:冲压设备的高冲压力容易产生裂纹、面畸变;材料的高应力使成形后零件回弹增大,并出现严重的扭曲、翘曲,使形状不稳定性增加。学者进行了相关的研究,刘雪飞<sup>[3]</sup>对B柱加强板进行热冲压成形仿真分析,分析超高强度钢各工艺参数对成形过程的影响,进而确定了最优工艺组合参数;余立<sup>[4]</sup>研究了DP780双相钢在典型应变状态下的断裂失效行为,分析了不同应变状态下断裂的机理,为失效分析、成形性评价和工艺优化提供了参考;陈明<sup>[5]</sup>对

DP780高强钢零件的冷冲压过程及液压拉深成形过程进行了数值模拟,结果显示液压成形比冷冲压的成形性效果好,且压边力的改变对冷冲压的影响大于对液压成形的影响;孔政等<sup>[6]</sup>对DP780试样进行拉深试验,分析不同摩擦系数对拉深成形应力应变变化的影响,对DP钢的失效预测有一定指导意义。

本文以汽车副车架为例,利用UG设计产品三维模型,导入Dynaform软件进行成形过程设计和仿真模拟,分析压边力、摩擦系数、模具间隙、拉延筋等工艺参数对成形质量的影响,通过成形极限图以及减薄率确定最佳的工艺参数组合,为双相钢副车架冲压模具设计与工艺参数优化提供参考。

## 1 零件特点及成形分析

副车架的主要作用是承载力和力矩,衰减振动和增加底盘刚度,汽车在行驶过程中路况不同导致副车架的受载不断发生改变,这就要求副车架要有足够的刚度和强度。图1为产品三维模型,零件尺寸为832mm×390mm×20mm,采用的材料是厚度为2mm的DP590高强钢板。

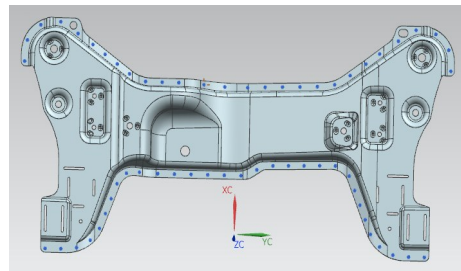


图1 副车架三维模型

该零件形状不规则,完整的冲压工序为拉延-修边冲孔-翻边整形-侧冲孔,拉延工序是较难设计

作者简介:孙彩凤(1989~),女,汉族,山东德州人,硕士,讲师,研究方向:车身板料成形。

孟令韩(1986~),男,汉族,山东菏泽人,硕士,讲师,研究方向:汽车轻量化。

张修显(2004~),男,汉族,山东菏泽人,专科在读,研究方向:新能源汽车技术。

陈浩(2002~),男,汉族,山东临沂人,专科在读,研究方向:新能源汽车技术。

的工序,且成形质量影响后续的工序,因此本文分析拉延工序的仿真过程。成形面高度不一致会使拉延深度变大,有许多圆角会导致板料不易流动产生起皱或开裂;另一方面,为了满足刚度与强度的要求采用DP590双相钢,在成形过程中塑性变形远不如普通碳钢,容易出现断裂现象。

## 2 工艺设计

### 2.1 冲压方向选择

合理的冲压方向是保证产品拉延成形质量的重要环节,确定时应遵循以下原则<sup>[7]</sup>:避免出现冲压负角,确保产品能一次成形;确保拉延高度差最小,以减小材料流动和变形的不均匀性。考虑零件特征和以上要求,在保证没有冲压负角的前提下,其拉延冲压方向为Z轴负方向,也就是凹模运动方向。

### 2.2 工艺补充设计

在进行工艺补充设计时应将副车架的内部孔洞进行填充,外部半径较小的圆弧进行边界光顺。为了均匀材料的流动阻力,本文使用平压料面,与副车架最低处相离15mm,边距取80mm。根据截面法生成工艺补充面,凸模圆角半径预设为5mm,凹模圆角半径预设为10mm,工艺补充如图2所示。

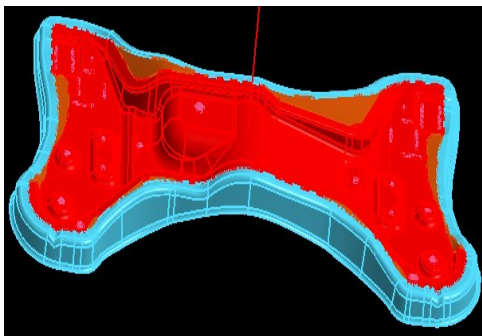


图2 工艺补充设计

### 2.3 拉延筋布置

设置拉延筋可以降低材料起皱、回弹等成形问题,提高产品的成形质量<sup>[8]</sup>。DynaForm中有等效拉延筋和几何拉延筋两种,一般在工艺设计是使用等效拉延筋,既可能节省运算时间,同时方便修改,有利于设计分析。该冲压件形状不规则,外部圆角较多且成形深度不一致,内部有许多圆形或方形凹槽,细节特征较多,这些情况都不利于材料成形,因此应设置拉延筋控制成形过程中材料的流动情况。根据此件形状特征和拉延筋布置原则,副车架的拉延筋设计方案如图3所示。

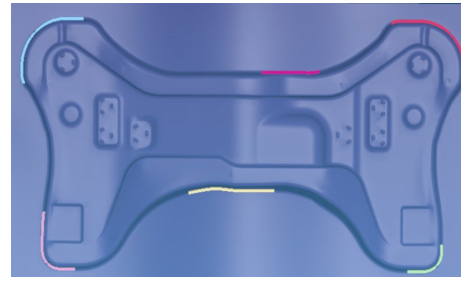


图3 拉延筋布置

### 2.4 坯料形状确定

副车架具有复杂的整体形状和局部较大的拉延深度外形复杂不规则,很难通过一次展开获得零件坯料形状。若直接用长方形坯料进行拉延,拐角处易出现板料流动困难的情况,导致产生破裂、起皱等缺陷。在坯料工程(BSE)中设置材料和厚度,结合冲压件的形状通过一步法求解法(M-STEP)初步计算得坯料的轮廓线,经过手动修改并进行平滑处理后得到最终轮廓线。

## 3 有限元模型建立

将副车架模型以igs格式导入Dynaform中,在坯料工程预处理中定义材料,采用DP590双相钢,其力学性能参数如下:密度为7.85g/cm,弹性模量201000Mpa,泊松比为0.28,各向异性 $R_0=0.71$ 、 $R_{45}=0.96$ 、 $R_{90}=0.71$ ,屈服强度为378Mpa。采用36号材料即3参数Barlat材料模型,将材料参数通过软件自定义材料接口输入软件中。

对其进行网格划分,本模型采用壳单元,自适应网格,单元大小为16mm,单元参数采用默认设置;然后对网格质量进行检查、修补等优化后,再通过偏置凹模获得凸模、压边圈等来定义工具。

模具间隙过小易造成模具磨损加快,过大则会降低塑性成形区域,造成成形不足等问题,在初次模拟时选择默认1.1倍的料厚;摩擦系数过大容易损伤板料,导致成形开裂,在本文中初始值设为0.13,后续根据实际冲压条件再改变;Dynaform中一般是虚拟冲压速度,凹模接近板料的冲压速度设置为5000mm/s,成形过程设置为2000mm/s;压边力对板料的流动方向有很大影响,压边力过大会产生板料破裂的,压边力过小会由于板料未被压紧而形成起皱,根据常用的计算公式得出压边力为2500kN,最终有限元模型如图4所示。

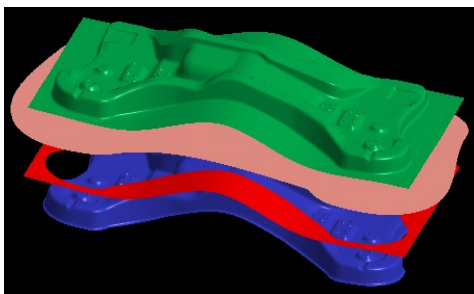


图4 有限元模型

#### 4 结果分析

通过副车架数值仿真结果来分析冲压件的成形质量是否满足要求、该成形参数能否应用于实际生产。成形极限图FLD可以预测板料的成形性,结合成形性云图可以分析冲压件成形状态。副车架拉伸后的成形极限图和成形性云图如图5所示。从图中可以看出,拉伸件少量红色开裂区域和起皱严重部分在工艺补充部分,工件中有少量粉色起皱区域但无叠料现象,同时存在成形不足现象,主要是因为副车架形状复杂,大凹槽高于零件主型面,成形件易出现起皱和破裂现象,同时材料是先进高强钢DP590材料,成形不足现象在所难免,因此拉伸件只要不产生红色破裂和明显起皱缺陷,则可认为拉伸结果满足成形要求。

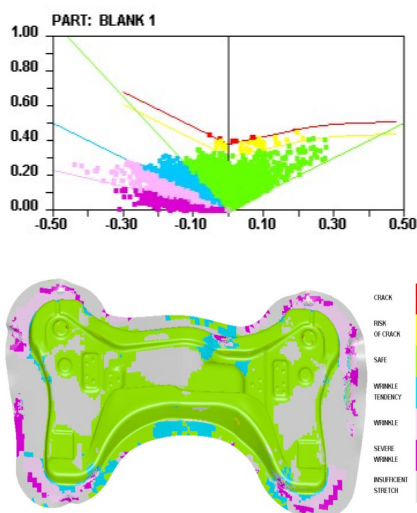


图5 成形结果

#### 5 结语

本文利用Dynaform软件对副车架进行有限元分析,结果表明:在凸模、凹模及模具间隙等因数保持不变的情况下,采用双相钢作为材料生产的副车架合理的工艺参数为:压边力 $F=2\ 600\text{kN}$ ,成形速度 $V=5\ 000\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ ,拉伸筋采用分段形式,阻力分别设为20%、20%、15%、35%、40%,摩擦因数为0.06。仿真得到成形极限图设计模具提供依据,在实际生产中缩短模具生产周期,提高生产效率。

#### 参考文献

- [1] 司福建,时红海,吴中旺等. 电池包箱体的轻量化与连接技术[J]. 汽车工艺师, 2019(21):34-38,72.
- [2] 肖寿仁,周永胜,郑小秋. 先进高强度钢在汽车轻量化中的应用分析[J]. 井冈山大学学报(自然科学版), 2010, 31(6):96-100.
- [3] 刘雪飞,黄馨阅,向相等. 基于Dynaform的B柱加强件热冲压全流程仿真及优化[J]. 锻压技术, 2019, 44(06):46-52. DOI: 10.13330/j.issn.1000-3940.2019.06.007.
- [4] 余立,刘静,葛锐等. DP780双相钢在不同应变状态下的断裂特性及机理[J]. 锻压技术, 2022, 47(10): 48-55. DOI: 10.13330/j.issn.1000-3940.2022.10.008.
- [5] 陈明. 基于DynaForm的高强钢液压拉深成形数值模拟研究[J]. 汽车零部件, 2019(03): 14-17. DOI: 10.19466/j.cnki.1674-1986.2019.03.003.
- [6] 孔政,张杰,李洪波等. 摩擦系数对DP780钢拉深成形极限的影响[J]. 塑性工程学报, 2018, 25(02):252-259.
- [7] 崔令江. 汽车覆盖件冲压成形技术[M]. 北京:机械工业出版社, 2003.
- [8] 衣杰栋. DC05板料成形性能参数测定及汽车座椅支撑板冲压工艺优化研究[D]. 镇江:江苏大学, 2019.