

■江淮汽车股份有限公司/杨杰 许三山 王淑俊 朱梅云 杨谊丽 徐浩

车架纵梁冲压工艺优化

车架需要具有足够的强度和刚度，以承受汽车的载荷和从车轮、悬架传来的冲击。当汽车发生碰撞的时候，其能量主要由车架的变形来吸收。在车架前部的吸能结构中，纵梁是最重要的吸能元件，在车辆发生正面碰撞时，纵梁是继保险杠总成压溃失效后产生塑性变形以吸收碰撞动能的主要部件，是重要的安全部件。对于“几”字形截面纵梁冲压件来说，其腹面、翼面落差较大，强度高，材料厚，成形困难，易产生回弹、扭曲等严重质量问题，影响整车装配。本文结合工艺优化及现场调试，以我公司某纵梁前段为例，通过对“几”字形截面纵梁冲压工艺的优化研究，浅析解决类似件回弹与扭曲问题的方法。

零件工艺分析

1. 产品分析

某纵梁前段零件如图1所示，零件材料为B410LA，料厚2.0mm，外形尺寸2041 mm×119mm×131mm。屈服强度 $\geq 420\text{MPa}$ ，抗拉强度 $\geq 598\text{MPa}$ 。加工硬化指数 $n=0.17$ ，塑性应变比 $R_{45}=0.71$ 。该件从端部开始，底面、腹面呈阶梯状变化，落差较大。腹面及底面开有安装孔及定位过孔。横截面呈“几”字形。腹面高度（X：-307，Z：-70）至（X：267，Z：10）部分沿Z轴负向非均匀收边，高度差80mm。端头有法兰。底面内径自（X：-220，Z：-133）处开始，沿X轴，由72mm收缩至59mm。翼面有凸台等特征。该件与多个件搭接，对匹配间隙的要求较高，如不合格，会导致焊点扭曲和强度不够，焊点严重凹陷等问题，最终影响焊接总成精度。



图1 纵梁前段零件

2. 模面设计

模面设计主要涉及到冲压方向选取、压料面形状的确定、工艺补充面的确定、后工序模具设计要求以及压机的适应性等。结合经验判断，纵梁前段长度较长，会产生扭曲和反弹，拉伸深，型面落差大，材料强度高，厚度高，冲压件拉伸性差。同时，容易出现开裂、起皱、拉毛和扭曲等缺陷，成形难度较大。只有不断优化模面，才能达到在初期规避这些缺陷的目的。利用CAE软件分析结果，同时考虑材料利用率、工装成本及成形性等方面因素，设计翼面Z轴正向偏置25mm，作为压料面并随形优化。为保证成形过程中的进料，翼面倒角，X向做工艺补充。根部圆角整形（见图2）。初步工艺流程为：拉延（OP10）→修边冲孔（OP20）→侧整形+侧修边（OP30）→修边+侧修边+冲孔+侧冲孔+侧翻边（OP40）。

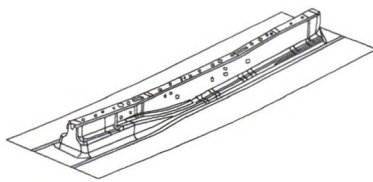


图2 模面示意

3.模拟分析

对于门外板等比较平整的简单零件而言,模拟拉伸工序时,可采用膜单元模拟,后工序特别是模拟回弹缺陷时,采用Belytschko-Tsay薄壳单元(简称BT壳单元)模拟。而对本文的纵梁前段来说,材质为B410LA,料厚2.0mm,需采用更高的计算精度和计算效率的壳单元对模型进行模拟。

该件拉伸深度较深,成形过程中应力的变化较为复杂。零件前半部区域存在台阶,中部区域型面凹陷,后部区域则较为平顺。在拉伸筋的作用下,产品翼面附近起皱、叠料等现象得到有效控制。受限于产品造型,零件前半部台阶区域、底面型面变化区域均出现起皱。为解决起皱缺陷,尝试增加两处凸筋从而起到吸皱作用,但一处凸筋的设置增加了拉伸深度,导致减薄率过高,有开裂风险,故改为凹筋。模面方案确定后,再次进行CAE分析,分析过程中,适当调整了压边力等参数,并优化了拉伸筋的布置及局部模面形状。为控制回弹,OP10腹面设计3°回弹补偿角,OP30腹面设计4°回弹补偿角。最终分析结果如图3所示,底部部分区域拉伸不充分,端头部分紫色起皱区域为废料区。

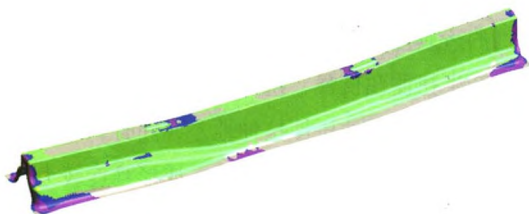


图3 优化后分析结果

现场调试过程

1.样件问题

由于纵梁前段较长,且为高强钢厚板,拉伸后,腹面拐点及翼面均出现较大回弹,零件整体出现扭曲问题。该件搭接关系复杂,同时,该款车型车架为三段式设计。经装车反馈,该件的回弹导致搭接件装配困难、焊点质量较差。

2.原因分析

(1)回弹原因 板料在外加载荷作用下变形时,当外加载荷去除时,塑性变形区的材料保存残留变形而使零件成形。但是由于弹性变形区的材料弹性恢复

以及塑性变形区弹性变形部分的弹性恢复,使制件形状、尺寸发生与加载时变形方向相反变化,从而表现出回弹现象。

由此可进一步推测出,成形过程中弯曲效应导致板料沿厚度切向应力分布不均匀,造成“几”字形截面冲压件回弹。如果能改变冲压件成形应力状态,使冲压件发生充分塑性变形,减小成形时的弯曲成分,就可以减小回弹。

基于以上理论,对该件回弹问题进行了分析,腹面拐点回弹问题产生主要是拐点处校形力不够所致。校形力不够的主要原因有:拉伸时腹面拐点处呈多料趋势,未采取手段增加拐点处的校形力,腹面未做回弹补偿。

两翼面回弹主要体现在两方面:一是翼面呈张口趋势,另一方面,也是最为突出和难解决的,拉伸过后两翼面断面呈内凹。张口产生的主要原因是圆角部位校形力不够,不足以克服其弹性变形或屈服强度。翼面内凹的原因是拉伸时材料流动经凹模圆角材料硬化所致。

(2)扭曲原因 由于纵梁前段腹面、翼边多拐点,这样在凸模初始触料和在料流入凹模时,板料产生前后偏移,压制过程中产生内应力,压制过程结束后,其应力释放使纵梁外形变形。同时,由于拉伸时翼面间隙不均也会导致扭曲。

解决措施

1.回弹问题

针对腹面回弹问题,采取增加一套成形模先将腹面形状成形,保证腹面尽量不多料,腹面分别在成形和整形序做回弹补偿的方法。针对翼面回弹问题,一方面,采取二序翼面做回弹补偿,另外成形模腹面突出,圆角避空,通过校整

使其圆角发微变形产生硬化从而减小张口的方法;另一方面,侧整工序翼面从上到下增加三个拐点(见图4),第一个拐点对开口进行重新校整,第二和第三个拐点对产品的内凹进行校整。

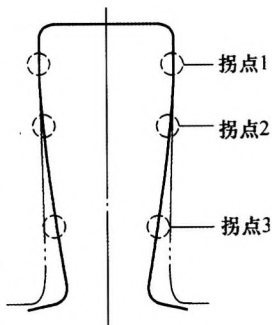


图4 增加拐点

2. 扭曲问题

针对扭曲问题，我们采取增加成形模，拉延模改为成形模（折弯）的方法，有效减小了扭曲，同时也减少了拉毛现象。此缺陷的一个主要原因是由于拉延时翼面间隙不均所致，针对这个原因，我们提高了加工、装配与钳工研磨质量，防止立边产生波纹变形。

综上所述，为了解决纵梁前段回弹、扭曲的问题，主要采取变更原冲压工艺的方法，即增加一套成型模，改拉延序为折弯序。变更后冲压工艺流程为：成形→折弯→修边+冲孔→侧整形+侧修边→修边+侧修边+冲孔+侧冲孔+侧翻边。

调试结果

采取上述措施后，实际模具进行调试时，技工又对拐点区域模具研合强压0.2mm，以增加拐点区域的校形力，改变该件成形时应力状态，使其出现充分塑性变形。同时，对模具重新进行精研合。研合时有效控制翼面拐角区域间隙，改善走料状况，进一步改善了回弹、扭曲问题。通过以上一系列整改措施，最终解

决了该件的回弹及扭曲问题。

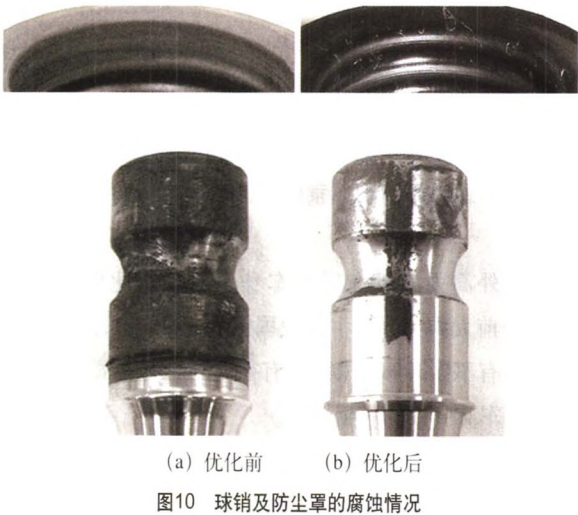
结语

纵梁前段冲压工序改进的重点在于，在充分利用现有模具的前提下，增开一副成形模，并改第二道拉延工序为折弯工序。在较短时间内解决了纵梁前段回弹、扭曲等瓶颈问题，缩短了研发周期，降低了冲压件废品率，最大程度地节约了研发费用。通过对纵梁前段成形性缺陷的解决，为后续类似产品的设计在数模阶段，在易产生弹性恢复的区域增加回弹补偿与防弹特征，提供了思路与参考。

纵梁前段冲压工艺的优化过程，主要通过增加校形力，改变冲压件成形时的应力状态，使冲压件塑性变形充分发生，减小成形时的弯曲成分，最终减少回弹量，提高了冲压件精度。并通过现场模具调试，最终得到合格冲压件，满足了装车的要求。该方法被证明是有效的，为后续类似件冲压工艺设计起到了重要借鉴作用。

关键词：
车架纵梁 冲压工艺 回弹 扭曲
(收稿日期20131030)

(上接第78页)



结语

试验结果反映了优化方案再密封性能上取得了明

显的改善。从技术角度来说，目前的设计方案还远没有达到最好的性能。假设防尘罩可以全新开发，设计更为合理的结构，选择性能尺寸更好的卡圈，密封性能或许会取得更好的效果。但从项目节点上，目前的方案是惟一能满足客户时间要求的。

经过B20项目对球铰链的优化设计，对其密封性能有了更深刻的体会。看似最简单的项目，却往往隐藏着很多风险，对待这样的项目需要投入更多的时间和精力去彻底分析客户的要求。另外，在项目的初始做好产品的总布置草稿图也很有必要，这有助于我们在初期避免很多的问题。

关键词：
球铰链 密封性能 疲劳磨损 结构优化
(收稿日期20131030)