基于Dynaform的汽车发盖外板拉深成形数值模拟

■ 江淮汽车股份有限公司 （安徽合肥 230022） 徐 浩 陈媛媛 桂方亮

摘要： 本文主要讲述了某汽车发盖外板拉深成形过程的数值模拟分析，在数值模拟分析过程中，通过不断优化参数得到了最佳的模型及最佳成形方案，从而大大降低了设计成本及设计制造周期，提高了模具的使用寿命。

考虑到造型美观等因素，发盖外形是较复杂的三维曲面。由于外板表面上任何微小的缺陷都会在涂装后引起光线的漫反射而损坏外形的美观，因此外板表面质量要求更为苛刻，本文以某A0级车型的发盖外板为例，其结构模型如图1所示。



图1 零件结构模型

1. 发盖外板拉深数值模拟的前处理

通过Dynaform软件进行前后处理，前处理包括模面设计、坯料工程及模拟运算三大部分。 先将零件导入Dynaform，对零件模型进行网格划分、内孔填充与边界光顺、网格检查与修改、冲压方向调整、压料面设计及工艺补充面构建。

（1）冲压方向调整。按照冲压方向设计原则，考虑材料的流动均匀性，可以把Z向放在此对称面冲压中心线上，既满足了拉深最浅的原则，确保没有冲压负角出现；同时零件处于此位置拉深成形， 保证零件有足够的塑性变形，从而使其具有一定的刚度，根据吸能造型设计，在行驶过程中增强对行人保护，冲压方向经调整后检查，如图2所示，确保零件无冲压负角。



图2 合理的冲压方向

（2）内孔填充及边界光顺。在有限元模拟分析中，如果零件有内孔，则需要进行内孔填充，填补好孔洞后进行边界检查，应使零件只有一条闭合的边界，对于某些边部有较大尖角的零件，则进行边界光顺，以保证产品的质量。

（3）压料面设计及工艺补充面的构建，包括：①压料面设计，压料面的形状直接影响到毛坯金属向凹模内流动的方向和速度、毛坯变形的分布与大小、破裂及起皱等问题。②工艺补充面构建，工艺补充是指为了顺利拉延成形出合格的制件，在冲压件的基础上添加的材料。由于这部分材料是成形需要而不是零件需要，故在拉延成形后的修边工序要将工艺补充部分切除掉，工艺补充面如图3所示。

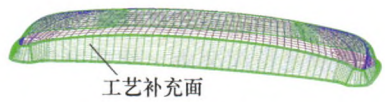


图3 工艺补充面

由于实际操作中，曲面压料面的选择使得流动规律很难掌握，所以实际生产操作中一般用平面做压料面。

（4）坯料工程。毛坯尺寸估算（BSE）可优化毛坯外形并确定毛坯的尺寸，计算后生成毛坯轮廓。由于板坯成形过程中的材料走料问题，在得到相应的毛坯轮廓后要加以一定距离的偏置，确保毛坯最优化，成形性能最大化。毛坯轮廓图形如图4所示。

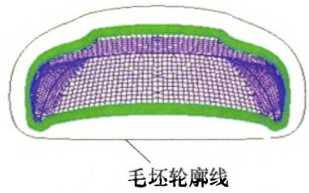


图4 坯料轮廓线生成

通过对产品模型进行检查、翻边、毛坯网格划分、冲压方向调整和坯料轮廓尺寸估算等功能后，提交一步法求解器（MSTEP）进行快速成形求解，确保在分析结果精确模拟成形前，对零件成形过程进行快速计算，得到零件的可成形性，同时还可以得到毛坯的最初轮廓形状。

（5）毛坯开发。在得到估算后的毛坯轮廓后，为确保后续的毛坯排样、成本估计和成形模拟更接近真实状态，可对毛坯进行网格生成、外部光顺、矩形拟合及零件优化排样等操作。最终得到的坯料在成形过程中考虑到压边圈压料不够，有可能产生起皱和拉裂等缺陷，还要将上面的矩形向外偏置60mm左右，使得坯料扩大，再进行坯料自动生成，最终满足拉深要求，然后进行毛坯网格划分。设置后三者关系如图5所示。

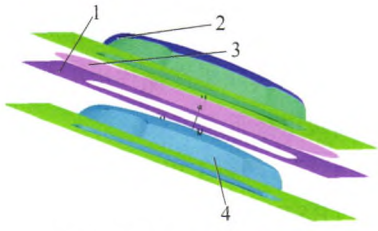


图5　凸凹模及压边圈的关系
1.压边圈 2.凹模 3.板坯 4.凸模

（6）压边力设置。压边力大小影响最终结果，压边力如果太大，会导致零件拉深破裂；压边力如果太小，会导致零件起皱、拉深不充分。因此，压边力大小的调整至关重要。压边力大小一般取拉深力的10%~20%。一般为确保压料更充分、板料成形更合理，需通过虚拟拉延筋进行模拟，设置的拉延筋如图6所示。

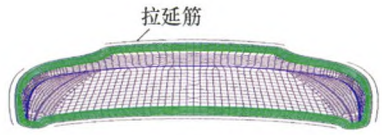


图6　拉延筋

（7）提交求解器运算。有限元分析的精度和效率与单元密度和单元几何形态之间存在密切关系。对于复杂曲面的模具，板料在成形过程中局部区域会产生剧烈的弯曲变形，如果坯料网格尺寸太大，就不能在模具的圆角过渡处充分成形，这样就会产生较大的计算误差。

网格较少时增加网格数量可以使计算精度明显提高，而计算时间不会有大的增加，当网格数量增加到一定程度后，再继续增加网格时，精度提高甚微，而计算时间却要大幅度增加。虽然采用局部细分网格可以尽量节省机时，但由于板料大变形和在模具中相对滑动，难以预测局部细分网格在初始状态板料上的位置，而且局部细分网格在前处理时也有很多麻烦。如何减少计算时间并保证一定的精度，是数值模拟分析最关键的问题之一，针对这类问题，引入网格自适应（即网格自动细分技术），可以缩短计算时间。

2. 发盖外板拉深数值模拟的后处理

后处理的作用就是对有限元分析产生的结果进行校核输出，将结果从符号信息转化为几何信息和图形，通过静、动态显示绘制图表，直观、形象地描述成形过程中模拟和计算结果。用户通过结果实时地发现成形过程中可能存在的缺陷，对板料成形参数或模具提出修改意见，指导实际的模具设计加工。

（1）成形极限图。成形性能中最重要的是极限的大小。板料的成形性能是指板料在成形过程中发生破裂前，可以达到的最大变形程度。此发盖的成形极限如图7所示。

（2）厚度云图。厚度云图可清楚地反映成形后板料的厚薄变化。根据厚度云图可以确定成形工艺并及时监控产品质量，为工艺改进提供帮助。

一般认为在成形部分增厚不超过10%、减薄不超过20%，是可以接受的。通过增大局部润滑减小摩擦力、改变压边力或者改变拉深筋的设置对工艺进行优化，可确保成形后厚薄均合理。发盖外板的厚度如图8所示。

（3）等值线图。等值线图表示的是在厚度方向第一积分点的主应力σ_{xx}的云图，主要目的是查看一下毛坯的受力状况。除了σ_{xx}以外，还有其他的主应力和剪切应力以及其他积分点的主应力和剪切应力。发盖外板的等值线如图9所示。



图7　成形极限

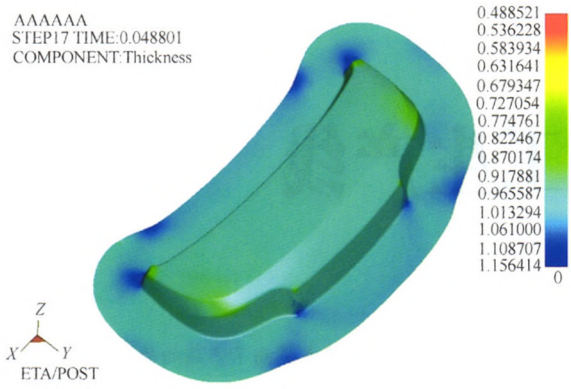


图8　厚度云图

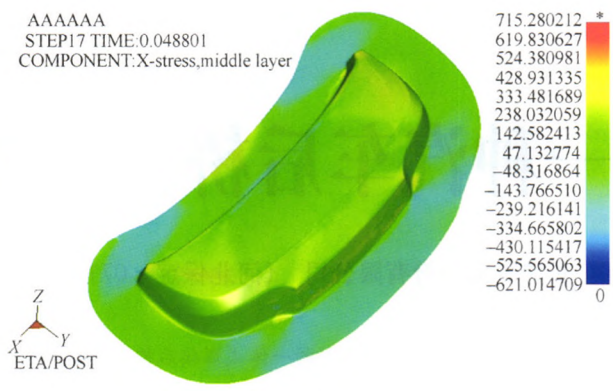


图9　等值线

3. 结语

从模拟的结果可看到零件起皱、开裂的区域以及程度的大小，通过修改工艺方案及参数，使得零件变形量较大可能地处于安全区。通过针对不同的压料面和拉延的有效区域（工艺补充）、拉延筋设计、毛坯尺寸大小及圆角大小等方面对拉深成形性能的影响进行模拟分析，得出：增大拉深深度可使拉深更为充分，拉深效果更为明显；增大毛坯尺寸（即增大毛坯的偏置距离）可以使拉深效果更好；设置拉延筋可以使拉深效果更明显，而且还减少起皱等缺陷的发生；增大圆角可以减少拉裂现象的发生。最终模拟分析显示，得到的发盖外板模型成形性能较好，符合工艺设计要求。**MW**

（收稿日期：20151106）

中安®
提供24小时
精密矫平加工服务
液压式精密矫平机
Hydraulic Traceless Precision Leveler
◎ 板料
Sheet Metals
◎ 平面零件
Flat Parts
◎ 有色金属
Non-ferrous Metals
◎ 镜面板
Mirror Sheet
进口 Entrance
出口 Exit
中安机械
北京办事处：
13910963480
昆山办事处：
13776360656
板料 - 矫平设备
Leveling equipment for sheet metals
棒材 - 矫直设备
Straightening equipment for bars
常州市中安机械制造有限公司
中国·江苏常州市武进高新区凤翔路23号
手机：13606144635 / 18306110052
电话：+86（0）519 86502221
传真：+86（0）519 86502804
网址：www.zamake.com
邮箱：czza-1008@163.com
◆广告查询编号：1810