

基于仿真技术的汽车覆盖件 冲压成形研究

南京工业大学 (江苏 210016) 刘世豪

对于比较复杂的汽车覆盖件, 根据前人总结的经验公式很难满足这些成形零件的工艺要求, 因此, 对制造出来的模具往往需要进行反复试模和修模, 这样无形中造成大量人力、财力和物力的浪费。为了解决这个问题, 本文以汽车覆盖件中常用的圆筒形件为例, 采用板料成形仿真软件 Dynaform 对冲压成形过程进行仿真研究, 为覆盖件工艺设计、模具设计提供可靠的技术支持和合理的工艺措施。

1. 汽车覆盖件概述

在汽车的构成中, 车身、底盘和发动机一起被称为汽车的三大总成, 汽车车身是一个形状复杂的空间薄壁壳体, 它的主要零部件均由钢板、铝合金板料等冲压焊接而成, 然后进行涂漆以增加美观和防蚀性, 最后装上各种内饰件, 形成完整的车身。

汽车覆盖件主要是指构成驾驶室和车身的表面零件, 也包括覆盖发动机和底盘的某些表面零件。汽车的车身结构及其覆盖件包括外覆盖件和内覆盖件, 外覆盖件是指人们能直接看到的汽车车身外部的裸露件, 如车门外板、顶盖、前围外盖板、后围外盖板、侧围外板和长头载重车发动机机罩等; 内覆盖件是指车身内部的覆盖件, 它们被覆盖件上内饰件或被车身的其他零件所挡住而不能被直接看到, 如门内板、前围内盖板、后围内盖板、侧围内板、地板、仪表板和平头载重车发动机盖板等。

2. 汽车覆盖件冲压成形的仿真方法

汽车覆盖件大都是空间曲面结构, 形状复杂, 从而决定了在冲压成形过程中的变形复杂性, 变形规律难以掌握, 出现的成形缺陷问题也很多。随着计算机的应用和发展以及有限元方法的成熟, 近年来发展了板料成形仿真技术, 该技术在减少甚至取消试模过程, 缩短产品

开发周期, 降低开发成本方面发挥了越来越重要的作用。汽车覆盖件冲压成形工序主要包括: 落料、拉伸、修边、冲孔、整形和翻边等, 而拉伸工序是决定冲压件质量最重要的工艺环节, 有限元仿真也主要是针对此冲压成形工序, 汽车覆盖件模具冲压成形有限元仿真的一般流程如图 1 所示。

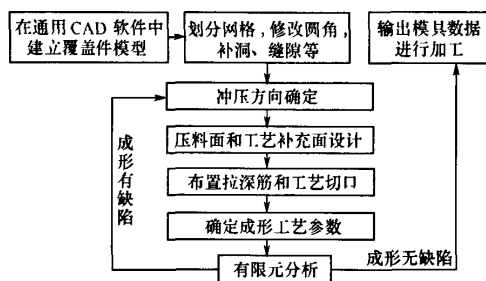


图1 汽车覆盖件模具仿真设计流程

本文对圆筒形件进行计算机仿真的主要过程为: 首先在三维建模软件 CATIA 中建立零件的几何模型, 转入到冲压仿真软件 Dynaform 中, 然后在冲压过程的力学模型基础上划分网格构建有限元模型。选择板料的特性参数, 设置成形工具 (如凹模、凸模和压边圈等), 设置包括载荷、模具的运动控制和边界条件等在内的成形参数, 提交求解器进行计算, 最后对后处理结果进行分析, 评估成形效果, 从而得出相关分析结论和改进措施。

3. 圆筒形件冲压成形仿真的实现与分析

现以用于某汽车油箱的圆筒形件为例, 对板料冲压成形作仿真研究, 冲压成形过程分为三个阶段: ①重力阶段, 指板料放在模具上, 由于重力作用发生变形的过程。圆筒形件尺寸较大, 需要考虑重力对板料的影响。②压边圈闭合阶段, 压边圈压住板料, 施加预定的压边力, 板料产生一定的变形的过程。③成形阶段, 凸

(四) 模移动, 冲压板料, 直到凸模与凹模闭合, 板料变形到所要求的形状。

(1) 仿真模型的建立 模具采用材料为 A1611 - T4, 具体的材料属性见表 1, 冲压方式为双动拉伸成形, 冲压方向垂直向下, 冲压速度为 0.05m/s, 凸模行程 60mm, 各接触部分的摩擦系数取 0.01。

表 1 材料性能参数

材料 型号	弹性模量 /MPa	屈服应力 /MPa	面内各向异性系数		
			r_0	r_{45}	r_{90}
AL 611 - T4	70500	181.24	0.894	0.611	0.660
材料 型号	泊松比	密度 /(kg/m ³)	强度系数 /MPa	硬化 指数	毛坯 厚度 /mm
AL 611 - T4	0.34	2700	539.29	0.228	1.0

在 Dynaform 软件中建立仿真模型 (如图 2), 将凸模、凹模、压边圈定义成刚体材料模型, 毛坯网格 987 个单元, 凸模网格 1612 个单元, 压边圈网格 823 个单元, 凹模网格 1611 个单元, 整个系统节点数 4914 个, 全部采用四边形壳单元。板料法向方向的积分点数取 5, 其他模型法向方向积分点数取 1。屈服准则采用 Hill 准则, 材料模型采用 3 参数模型。为了便于进行反复模拟比较分析, 毛坯不使用自适应网格, 而采用均匀的网格划分。

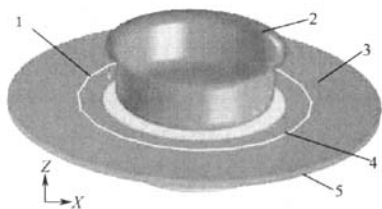


图 2 圆筒形件仿真模型

1. 拉延肋 2. 凸模 3. 压边圈 4. 毛坯 5. 凹模

(2) 最佳压边力的模拟 完成以上设置后, 即可提交计算, 求解仿真结果。本例在计算时采用有凸模的单动非线性补偿的冲压方式, 非线性补偿不允许板料结点进入模具内, 比线性补偿计算精度高。由于压边力对板料的流动、成形有重要影响, 因此为了获得良好的成形

结果, 必须在保持其他仿真参数如模具间的接触方式、模具的运动速度、拉延筋的截面形状等工艺条件不变的情况下, 对不同大小的压边力 (如表 2 所示) 进行反复模拟, 以得到最佳的压边力。图 3 ~ 6 是分别在各个压边力作用下仿真得到的成形极限图。

表 2 不同大小的压边力

序号	1	2	3	4
压边力/kN	30	15	9	6

由图 3 知, 当压边力为 30kN 时, 圆筒形件的筒壁四周出现了大量的破裂缺陷, 这说明在压成形过程中选取的压边力太大, 为了提高成形质量, 必须将压边力减小; 当压边力减小到 15kN 时, 从图 4 可以看出, 尽管破裂区域大幅度减少, 但是在筒壁的部分区域仍有少量的开裂现象, 是不可以用于冲压生产的, 这说明压边力还是偏大, 需要进一步减小; 当压边力进一步减小到 9kN 时, 破裂缺陷完全消除, 但是在法兰的边界区域上起皱现象有所增加; 在压边力为 6kN 时, 圆筒形件也没有发生破裂缺陷, 而且筒壁四周的安全变形区域进一步增加, 但是法兰边界上的起皱区域有所扩大。

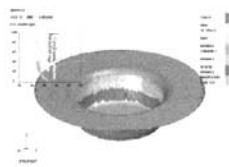


图 3 压边力 30kN

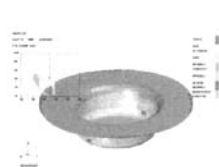


图 4 压边力 15kN



图 5 压边力 9kN



图 6 压边力 6kN

反复模拟的结果表明, 在圆筒形件冲压成形过程中, 压边力过大则易破裂, 过小则易起皱。当材料的流动阻力过大时, 其流动就会困难, 此时, 拉应力的增加就容易使板料出现拉裂; 而当材料的流动阻力过小时, 则其流动就不易得到很好的控制, 就会导致材料堆积, 最终出现起皱现象。而本例在仿真时所设置的拉延筋很

好地调节了破裂与起皱的矛盾。要获得良好的冲压成形结果,必须没有破裂缺陷并且起皱区域尽可能小,因此由上述分析结果可知,压边力大小取 9kN 最为合适。

(3) 仿真结果分析 取最佳压边力 9kN 进行仿真在 Pentium IV 2.6GHz, 512 内存的计算机上仿真求解 4h、32min 后得到后处理结果图,如板料厚度图、材料流动图、最大主应变分布图、次应变分布图分别如图 7~10 所示。

由图 7 可知:板料成形后,最小厚度为 0.706mm,最大厚度为 0.968 mm,最大减薄率为 29.4%,板料变形比较均匀。由图 8 可知:材料各部分按照变形情况流动比较合理。由图 9 和图 10 可以看出,零件法兰面和筒壁交界区域的应变比较大,这一方面是模具结构的原因,一方面也与铝合金材料成形分析是一致的。

从冲压成形极限图 5 中可以看出,圆筒形件没有发生破裂缺陷,也没有出现拉深不充分的区域,尤其是筒壁四周大部分都处于安全区,能够满足成形质量要求,但是在法兰的边界出现了起皱现象,切边后不影响到冲压件的使用。

4. 结语

本文应用汽车覆盖件冲压成形仿真技术,借助功能

强大的 CAE 软件 Dynaform,以圆筒形件为例在计算机上进行仿真研究,直观地了解了其冲压成形过程。对某圆筒形件取不同大小的压边力反复模拟,得到了最佳压边

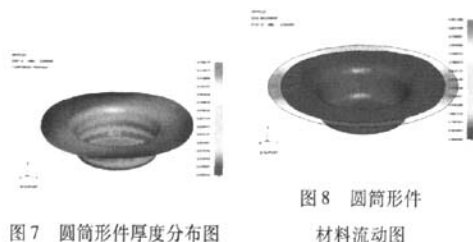


图 7 圆筒形件厚度分布图

图 8 圆筒形件材料流动图

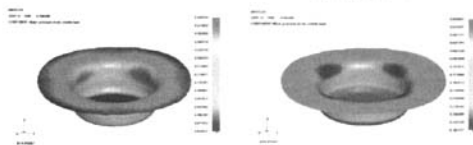


图 9 圆筒形件最大主应变分布图

图 10 圆筒形件次应变分布图

力,通过设置拉延筋调节了破裂与起皱之间的矛盾,获得了较好的成形效果,具有指导模具生产的实用价值。

MW (收稿日期:20080522)

(上接第 54 页)

择齿数比,保证轴Ⅲ与轴Ⅳ每相对转动一转,指示器指针转过一转,在此过程中可完成一个工件的加工。指示器指针在使用前可以标定:松开指针固定螺钉,转动带轮使刀杆旋转,在刀具沿径向完全退出位置时,使指针对准标牌上“刀具退出”位置,并锁紧固定螺钉。

3. 操作方法

首件加工时应按下列步骤操作:

(1) 起动电动机,将离合器操作手柄打在“开”的位置上。刀杆旋转,指示器指针也缓慢旋转,当指示器指针指在“刀具退出”位置时,将离合器操作手柄打在“停”位置,这时刀杆转动停止,刀具也处在退出位置。

(2) 将固定在夹具上的工件移至加工位置并锁紧。

(3) 将离合器操作手柄打在“开”位置上,刀杆旋转,刀具同时作径向切入运动。

(4) 当指示器指针指向“刀具退出”位置时,将离合器操作手柄打在“停”位置。此时工件加工完毕,刀杆停止转动,刀具沿径向完全退出。

(5) 卸下工件,再加工时重复以上步骤。

4. 工艺关键

(1) 横向切削极易加工系统自激振动,因此中空轴上前后轴承应合理预紧,提高主轴系统的精度和刚度。

(2) 应保证中空轴上及刀杆上燕尾导轨的制造精度,配合间隙合适、运动灵活无阻滞现象。

5. 效果与应用

改造后,工件可用夹具定位夹紧,自动径向进刀,容易保证加工精度,机床结构简单,降低了生产成本,提高了工作效率。该原理还可用于自动管子切断机床或自动倒角机床上。MW (收稿日期:20080326)