

冲压成形残余效应对刚度分析的影响

石文山, 吴沈荣, 徐有忠, 张林波, 叶远林

(奇瑞汽车股份有限公司, 安徽 芜湖 241009)

摘要: 针对冲压产生的板料厚度变化和残余应力等对有限元分析产生较大影响的问题, 将冲压成形分析的网格节点厚度和塑性应变等信息映射到车门总成刚度分析模型中, 用 MD Nastran 分析车门刚度, 并比较映射前、后车门刚度分析结果. 结果表明在车门、内外板冲压成形残余效应影响下, 车门总成刚度变化基本与料厚变化相吻合.

关键词: 钣金; 冲压成形; 车门; 刚度; 映射; 料厚变化率; 有限元

中图分类号: TG386; U463.834; TB115.1 **文献标志码:** B

Influence of residual effect of stamping forming on stiffness analysis

SHI Wenshan, WU Shenrong, XU Youzhong, ZHANG Linbo, YE Yuanlin

(Chery Automobile Co., Ltd., Wuhu 241009, Anhui, China)

Abstract: As to the issue that the sheet thickness change, residual stress and so on generated by stamping have a greater effect on finite element analysis, the thickness, plastic strain and so on of mesh nodes obtained by stamping forming analysis are mapped into stiffness analysis model of vehicle door assembly, the vehicle door stiffness is analyzed by MD Nastran, and the vehicle door stiffness analysis results before and after mapping are compared. The results indicate that the door assembly stiffness is almost consistent with the material thickness changes under stamping residual effect of internal and external door panels.

Key words: sheet metal; stamping forming; vehicle door; stiffness; mapping; material thickness change rate; finite element

0 引言

钣金件在成形过程中受多个方向的拉伸和压缩作用, 不仅厚度会发生明显变化, 而且板料还会产生材料强化、残余应力、材料损伤和相变等变化.^[1] 成形后的钣金件各种机械性能都发生较大变化, 在 CAE 分析过程中是否考虑冲压成形的结果对分析精度影响非常大, 有必要引入应变率效应和冲压硬

化效应以提高钣金件结构 CAE 分析的精度.^[2] 本文通过对某车型车门总成刚度的分析对比, 探讨冲压残余效应对刚度的影响.

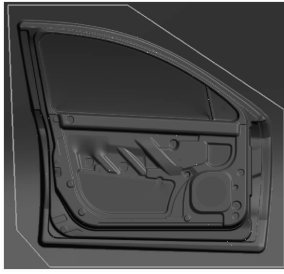
1 冲压成形分析

1.1 冲压模型建立和仿真分析

某车型车门总成主要包括车门外板、车门内板

以及局部加强板等. 本文选取车门外板和车门内板进行冲压成形分析, 根据国内模具厂家对车门内、外

板冲压工艺处理的一般方式对车门内、外板进行冲压仿真. 车门内、外板冲压模型见图 1.



(a) 车门内板



(b) 车门外板

图 1 车门内、外板冲压模型

Fig. 1 Stamping model of inner and outer panels of car door

采用 AutoForm 分析全序冲压成形^[3,4], 工艺数模按图(1)所示在软件中进行处理, 采用各向异性的材料数据, 车门内、外板材料参数见表 1. 在进行

后续的刚度分析时, 需将各向异性材料改为各向同性材料.

表 1 车门内、外板材料参数

Tab. 1 Material parameters of inner and outer panels of car door

车门内、外板	材料	料厚/mm	R_0	R_{45}	R_{90}	R_b	σ_0 /MPa	σ_{45} /MPa	σ_{90} /MPa	σ_b /MPa
外板	B180H1	0.7	2.01	1.78	2.40	0.84	230	250	236	353
内板	ST16	0.7	2.03	2.10	2.60	0.78	124	130	129	162
	B170P1	1.5	2.05	1.90	2.35	0.87	213	226	218	272

在冲压仿真分析过程中, 需不断调整料片尺寸、拉延筋位置、阻尼系数和压边力等参数, 以保证冲压成形结果达到最优状态, 可与实际产品相符.

1.2 冲压成形结果的处理

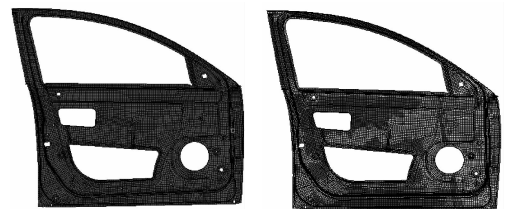
车门内、外板冲压分析结果见表 2.

表 2 车门内、外板冲压分析结果

Tab. 2 Stamping analysis result of inner and outer panels of car door

车门内、外板	材料	料厚/mm	料厚变化率/%	最大塑性应变	最大主应变	最大次应变
外板	B180H1	0.478 ~ 0.695	-0.7 ~ -31.7	0.516	0.389	0.144
内板	ST16	0.410 ~ 0.720	-41.4 ~	0.812	0.589	0.125
	B170P1	1.030 ~ 1.560	3.9	0.695	0.553	0.118

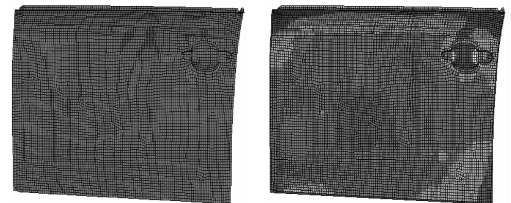
从料厚变化情况看, 车门内、外板仍会产生局部开裂和起皱等失效现象. 通过 AutoForm 自带的输出功能, 将分析结果中的料厚和应变信息映射到有限元分析文件 bdf 中. 映射前后车门内、外板有限元网格见图 2.



(a₁) 映射前

(a₂) 映射后

(a) 车门内板



(b₁) 映射前

(b₂) 映射后

(b) 车门外板

图 2 映射前后车门内、外板有限元网格

Fig. 2 Finite element mesh of inner and outer panels of car door before and after mapping

映射后的结果主要包含每个网格节点的厚度和塑性应变变量. 映射后的节点料厚信息为

\$\$\$ CTRIA3 Data

CTRIA3 20440 23 30689 30690 30697

+ 0.662 559 0.663 481 0.663 467

在 MD Nastran 中,上组数据中 CTRIA3 为单元类型,20440 为单元编号,23 为单元所在组件编号,30689,30690 和 30697 分别为单元的 3 个节点号,0.662 559 mm,0.663 481 mm 和 0.663 467 mm 为节点所对应的料厚.

2 车门总成刚度分析和结果

在映射完成后,设定现有模型的工况. 在 MD

Nastran 中,采用 SOL 101 求解序列进行刚度分析,所考察位置的映射前、后刚度结果对比^[5-6]见表 3. 另外,密封条变形量在映射前、后分别为 0.909 mm 和 1.017 mm,变化率为 11.88%.

表 3 映射前、后刚度结果对比

Tab.3 Stiffness result comparison before and after mapping

考察位置	窗框正向	窗框负向	窗框上部最上角	窗框中间位置	车门缓冲块处	门锁处垂向
映射前刚度/(N/mm)	231.0	67.2	55.8	67.6	346.0	351.0
映射后刚度/(N/mm)	214.0	64.3	50.1	58.1	299.0	295.0
刚度降幅/%	7.36	4.30	10.37	14.12	13.58	15.95

3 结束语

由车门内、外板冲压分析结果可知,由于只考虑材料的线性部分,冲压残余应变对车门刚度没有影

响. 由映射前、后车门刚度对比结果可知,冲压残余效应对车门刚度的影响与料厚减薄率基本吻合. 冲压件在成形后料厚平均减薄率约为 10%,而映射前、后刚度的结果也相差 4.30% ~ 15.95%.

参考文献:

- [1] 谢晖,杨济匡. 冲压成形对前纵梁部件碰撞吸能特性的影响研究[C] // 第 6 届国际汽车交通安全论坛,厦门,2008: 40-45.
- [2] GAO Ruth, PAN Ligong, TYAN Tau, *et al.* Impact simulation of hydro-formed front end vehicle structure[C] // Proc SAE 2006 World Congress & Exhibition, SAE paper 2006-01-0312, Detroit: SAE Int, 2006.
- [3] 杨曼云,孙希平,胡忠勇. 汽车覆盖件成形数值模拟过程及影响因素研究[J]. 模具技术,2006(1): 3-7.
YANG Manyun, SUN Xiping, HU Zhongyong. Study on forming numerical simulation process and its influencing factors of automobile cover[J]. Die & Mould Technol, 2006(1): 3-7.
- [4] 刘林强,田福祥. 覆盖件成形数值模拟的相关技术[J]. 汽车工艺与材料,2004(8): 5-8.
LIU Linqiang, TIAN Fuxiang. Some relative technologies for numerical simulation of covering part forming[J]. Automobile Technol & Mat, 2004(8): 5-8.
- [5] 谢跃青,雷雨成. 汽车前车门结构性能的计算机辅助分析与研究[J]. 机械强度,2002,24(4): 539-542.
XIE Yueqing, LEI Yucheng. Computer assistant analysis on structure characters of automobile front door[J]. J Mech Strength, 2002, 24(4): 539-542.
- [6] 杜理平,廖军. 应用 CAE 计算机辅助技术分析汽车前后门的刚度[J]. 装配制造技术,2008(8): 18-19.
DU Liping, LIAO Jun. Using CAE technical analysis on the stiffness of a car's front and back doors[J]. Equipment Manufacturing Technol, 2008(8): 18-19.