

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2023.01.017

商用车后视镜背壳结构与注塑模具设计

吕稼均, 张世阳, 陈荣创, 刘贤龙, 李兵

(湖北汽车工业学院, 材料科学与工程学院, 湖北十堰 442002)

摘要: 为兼顾商用车后视镜背壳设计中需要的装配、强度和注塑工艺要求, 设计了与镜框卡扣连接的后视镜背壳, 并设计了16个加强筋加强结构。分析了后视镜装配体在振动条件下的动力学特性, 先对后视镜装配体进行模态分析, 获得固有频率和振型, 然后在模态分析结果的基础上计算谐响应, 发现等效应力与变形均满足设计要求。背壳结构设计完成后, 提出了注塑模具的结构设计, 为了保证塑件的成型质量与精度, 分型面选在塑件的最大截面处。其次采用侧浇口浇注、推杆顶出、循环水冷却。结合模具结构对产品进行了模流分析, 发现产品能顺利成形, 模具能可靠工作。设计的注塑模具结构合理, 能满足后视镜背壳的生产需求。

关键词: 结构设计; 模态分析; 谐响应分析; 注塑模具; 模流分析

中图分类号: TQ320.52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2023)01-0093-05

Structure Design and Injection Mould Design of Rear View Mirror Backshell for Commercial Vehicle

Lyu Jiajun, Zhang Shiyang, Chen Rongchuang, Liu Xianlong, Li Bing

(School of Materials Science & Engineering, Hubei University of Automotive Technology, Shiyan 442002, China)

Abstract : In order to take into account the assembly, strength and injection molding process requirements needed in the design of mirror backshells for commercial vehicles. A rearview mirror backshell connected to the mirror frame snap was designed, and the structure was strengthened by 16 reinforcement bars. The dynamic characteristics of the mirror assembly under vibration conditions were analyzed. The modal analysis of the mirror assembly was first performed to obtain the inherent frequency and vibration pattern, and then the harmonic response was calculated based on the modal analysis results, and it was found that the equivalent force and deformation met the design requirements. After the design of the backshell structure was completed, the structural design of the injection mold was proposed. To ensure the molding quality and accuracy of the plastic part, the parting surface was selected at the maximum cross section of the plastic part. Next, side gate pouring, push rod ejection and circulating water cooling were adopted. Combined with the mold structure, the mold flow analysis of the product was carried out, and it was found that the product could be formed smoothly and the mold could work reliably. The designed injection mold structure is reasonable and can meet the production demand of rearview mirror backshell.

Keywords : structural design ; modal analysis ; harmonic response analysis ; injection mold ; mold flow analysis

商用车后视镜可有效减小商用车视野盲区, 后视镜服役过程中在振动作用下易出现松动。Murukesan^[1]使用ansys软件对轿车后视镜几何形状进行了气动压力分析, 分析表明, 半球形是最有效的设计。郑伟^[2]以后视镜振动影响开车视野为切入点, 提出有效改善后视镜振动情况的方法为提高后视镜的固有频率。刘元春^[3]对各种后视镜结构形式进

行了振动模态分析, 提出了减轻后视镜振动的方法。何文涛等^[4]对后视镜进行模态分析, 通过优化设计将后视镜的最大等效应力降低了30.5%, 解决了汽车在坑洼路面行驶后视镜背壳容易松动、镜片震动剧烈的问题。但是, 针对商用车后视镜, 如何从盲区校核开始进行正向设计, 并解决后视镜背壳在振动中的松动和强度不足等问题, 仍有待进一步

基金项目: 湖北省自然科学基金项目(2020CFB374)

通信作者: 陈荣创, 工学博士, 副教授, 主要研究方向为材料成形与设计

收稿日期: 2022-10-04

引用格式: 吕稼均, 张世阳, 陈荣创, 等. 商用车后视镜背壳结构与注塑模具设计[J]. 工程塑料应用, 2023, 51(1): 93-97, 103.

Lyu Jiajun, Zhang Shiyang, Chen Rongchuang, et al. Structure design and injection mould design of rear view mirror backshell for commercial vehicle[J]. Engineering Plastics Application, 2023, 51(1): 93-97, 103.

研究。

商用车后视镜背壳是将镜片固定在汽车上的重要注塑件,其成形质量的好坏对汽车安全性至关重要。张维合等^[5]针对汽车后视镜背壳的结构特点设计了热流道注塑模具,采用斜滑块、侧向抽芯和网格冷却水路,使成型周期降低至30 s,生产效率提高10%。肖金等^[6]通过逆向工程获得了后视镜的点云与三维模型,通过Moldflow模拟了后视镜的注塑成形过程,得到了优化的注塑成型工艺参数。黄继战等^[7]设计了后视镜外壳一模两件热流道注塑模具,模拟了产品冷却-填充-保压-翘曲过程。孙肖霞等^[8]设计了汽车内后视镜镜壳顺序开模多分型面模具,实现了最终产品的自动脱模。杜婉莹^[9]设计了汽车后视镜外壳模具,为零件的大批量生产提供了参考。如何设计出简单耐用且能可靠工作的商用车后视镜背壳模具,实现后视镜背壳的稳定可靠生产,是后视镜背壳生产中面临的问题。

笔者设计了后视镜背壳,根据后视镜背壳的结构特点设计了注塑模具,解决了商用车后视镜在振动中强度不足和零件成形困难问题。生产出来的零件成功应用于某商用车,实现了批量搭载应用。

1 后视镜背壳结构设计

1.1 背壳结构设计

先从后视镜镜片的结构设计入手进行后视镜背壳的结构设计。从视野校核、曲率半径、外轮廓形状等方面设计了某商用车后视镜镜片和镜体^[10],镜体高度为2 216 mm,外伸量123 mm。镜体由镜框和背壳配合而成,以镜框为基准,使镜框与背壳借助卡扣配合。图1是设计的路后视镜背壳零件。设计了16个侧壁加强筋,在提高强度和刚度的同时改善成型过程中的材料流动^[11]。在底面十字交叉加强筋中间设置支柱,使塑件壁厚更均匀。在背壳与汽车车身连接部分的球槽处设置随形加强筋,防止振动时零件强度不足。图2是后视镜背壳的工程图。

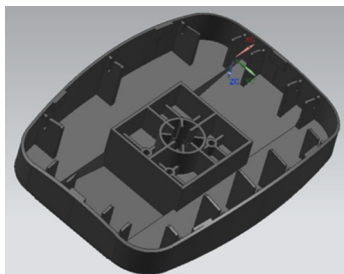


图1 后视镜背壳轴侧图

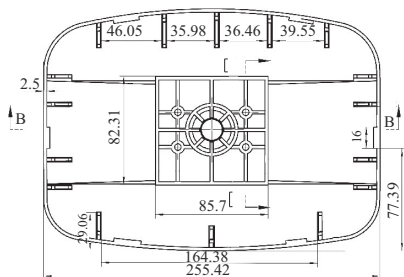


图2 后视镜背壳工程图

1.2 后视镜力学分析

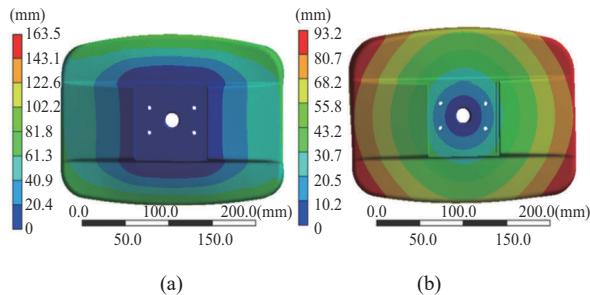
设计要求在后视镜在共振频率下进行上、下4 h,左、右2 h,前、后2 h的耐振动性能试验,后视镜各部件不得有变形、损坏、松动、脱落和镜片位置改变等现象。为了分析后视镜装配体在实际工况下的强度,需要先对后视镜装配体进行模态分析^[12],获得固有频率和振型,在模态分析结果的基础上计算谐响应,确定后视镜容易产生应力集中的位置,最后进行寿命校核。

后视镜背壳采用丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS),泊松比为0.2,弹性模量为 2.39×10^9 Pa,密度为 $1\ 040\text{ kg/m}^3$ 。对模型进行6阶的求解,得到等效的应力云图,同时记录下每一阶的共振频率和振型,见表1。

表1 后视镜6阶共振频率

项目	阶数					
	1	2	3	4	5	6
频率/Hz	93.57	103.04	116.89	133.16	200.14	275.33

后视镜框架在振动过程中前3阶振型的变形趋势是绕3个轴的旋转,4阶模态是由内向外、由上向下的变形趋势,如图3a所示。5阶模态是绕Z轴转动的变形趋势,如图3b所示。后视镜背壳变形集中在加强筋少的部位,在后视镜背壳的结构优化设计过程中,通过改善零件的对称性和调整加强筋,使最大等效应力与优化前相比降低了10.5%。



a—四阶;b—五阶

图3 后视镜的振型图

分别在镜体 X 、 Y 、 Z 方向依次施加33 Hz与94 Hz的加速度(45 m/s^2)载荷,在 X 方向上施加33 Hz、 45 m/s^2 加速度时,等效应力最大值为0.744 MPa,最大变形为0.029 mm,最大应力位置为背壳外侧左右两边区域。在 Y 方向上施加33 Hz、 45 m/s^2 加速度时,等效应力最大值为0.942 MPa,最大变形为0.084 mm,应力最大的区域集中在背壳的中上部分,如图4a所示。在 Z 方向上施加33 Hz、 45 m/s^2 加速度时,等效应力最大值为0.712 MPa,最大变形为0.125 mm,最大应力位置为顶部加强筋上。

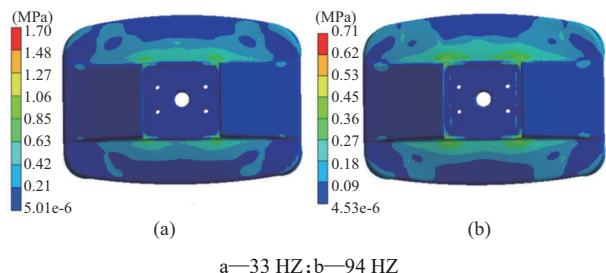


图4 Z方向等效应力图

在 X 方向上施加94 Hz、 45 m/s^2 加速度时,等效应力最大值为31.229 MPa,最大变形1.263 mm。在 Y 方向上施加94 Hz、 45 m/s^2 加速度时,等效应力最大值为5.989 MPa,最大变形0.394 mm,如图4b所示。在 Z 方向上施加94 Hz、 45 m/s^2 加速度时,等效应力最大值为1.695 MPa,最大变形为0.243 mm。

根据文献^[13]中ABS许用应力与寿命之间的关系,得到ABS在31 MPa时寿命为1 800 s。设计要求在 Z 方向维持14 400 s不变形, X 方向与 Y 方向维持7 200 s以上。33 Hz下 X 方向、 Y 方向、 Z 方向加载时, X 轴最大应力为0.744 MPa,设计要求在此方向寿命应大于7 200 s已满足。 Y 轴最大应力为0.942 MPa,设计要求在此方向寿命应大于7 200 s已满足。 Z 轴最大应力为0.712 MPa,设计要求在此方向寿命应大于14 400 s已满足。三个方向上的寿命分析结果均高于技术要求。

2 模具设计与模流分析

2.1 模具成型零件

分型面的选择首先保证塑件的成型质量与精度^[14],其次考虑模具的制造、加工难度,所以分型面选在塑件的最大截面处。成型零件主要由型腔和型芯构成。采用镶嵌式型腔与型芯结构,具有加工方便、精度高以及便于后续维修的优点。型腔和型芯的材料均为P20钢,设计的型芯如图5所示。

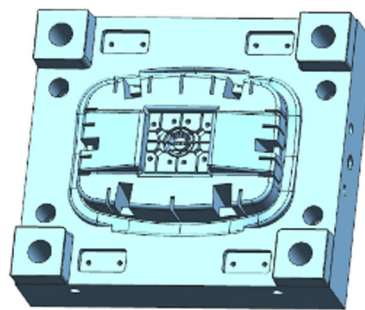


图5 型芯结构设计

2.2 浇注与冷却系统设计

浇注系统由主流道、分流道、浇口和冷料穴组成^[15]。为了便于凝料的脱出,主流道采用圆锥形式,其小端直径为3 mm,大端为4 mm,主流道球面半径为16 mm。分流道的截面形状为圆形,直径为4 mm,长度为10 mm。由于ABS材料流动性较好,采用侧浇口的浇注方式,加快注射速率,减少熔接痕,方便浇口去除。注塑成型生产过程中,模具温度影响着塑件的收缩、翘曲变形、成型周期以及表面质量,所以在定模板中采用4组直通式冷却水道,在动模板中采用1组循环式冷却水道,水道直径为10 mm。设计的浇注与冷却系统如图6所示。

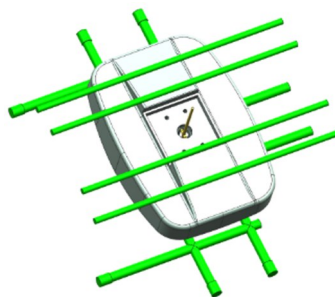


图6 浇注与冷却系统

2.3 斜顶与脱模系统设计

由于塑件垂直方向有16个加强筋和卡扣,直接顶出时塑件无法从模具中顺利脱开,故设计了斜顶推出机构,如图7所示。斜顶机构主要由6个斜顶、8个顶杆和1个斜顶底座组成。斜顶抽芯的距离为7.5 mm,斜顶的厚度为14 mm,有效长度为51 mm。当塑件从模具中脱出之后,通过顶杆推出塑件使其

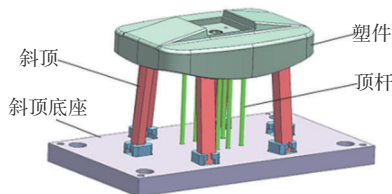
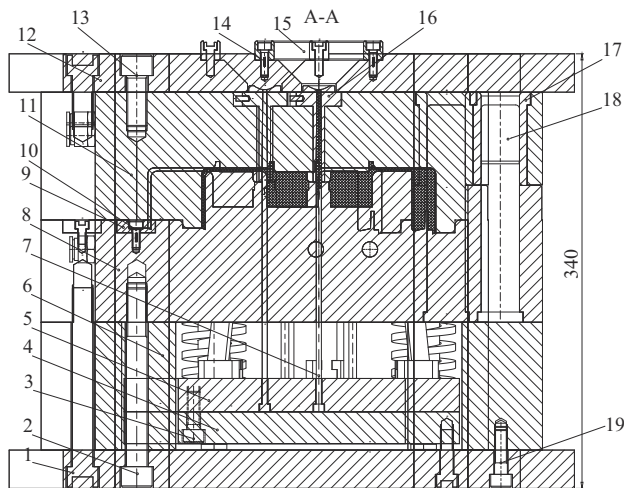


图7 斜顶与脱模机构

完全分离。顶杆推出机构应当尽可能使推力均匀,避免顶出变形或者顶伤塑件^[16]。复位采用复位杆加弹簧复位的结构形式,顶出后依靠弹簧所产生的回弹力来实现推板、推杆固定板的回位。

2.4 模具装配图与工作原理

商用车后视镜背壳模具装配图如图8所示。模具的工作过程为:首先熔融的塑料通过注塑机的喷嘴进入塑料模具中,依次经过主流道、分流道及浇口,最后进入型腔内。经过充填、保压、塑件冷却,最后成型。成型后进行开模,开模一段距离后停止运动,注塑机的推杆固定板底板4推动固定板5进而推动顶杆26,一边进行抽芯,一边将塑件推离模具。取出塑件后,顶出机构在复位杆24与弹簧25



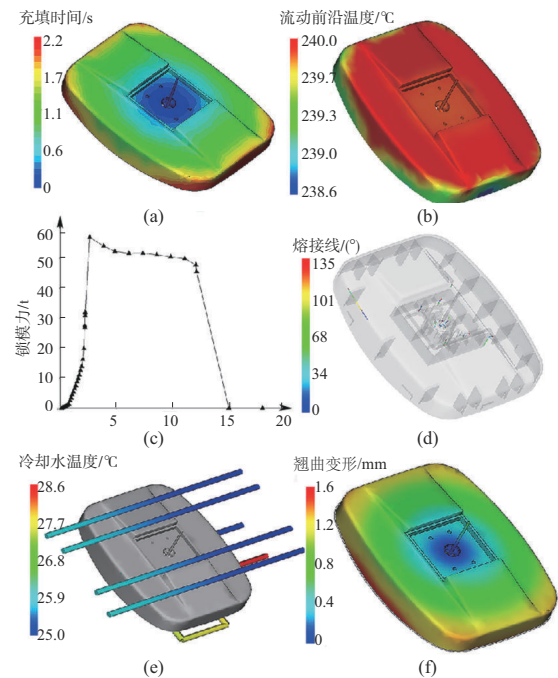
1—底板;2,3,10,13,14,19—内六角螺丝;4—推杆固定板底板;
5—推杆固定板;6—垫块;7—勾料针;8—动模板;9—平衡块;
11—定模板;12—顶板;15—定位环;16—浇口衬套;
17—有托导套;18—导柱

图8 模具装配图

的作用下复位,导套17、导柱18以及推杆固定板5复位合模,模具准备下一次注塑。

2.5 模流分析

为了确保模具能成形出所需的塑件,利用了Moldflow有限元软件进行了模流分析。流道和冷却水道采用柱体单元,塑件采用四面体单元,总共划分了11 869个网格。设置熔体温度240 °C,模具表面温度40 °C,材料采用Generic ABS,充填时间2 s,保压压力设置为最大注射压力的80%,保压时间为10 s,冷却时间20 s。模拟分析结果如图9所示。



a—充填时间;b—流动前沿温度;c—锁模力;d—熔接线;
e—冷却水温度;f—翘曲变形

图9 模拟分析结果

从图9a可以看出,塑件能够在2.21 s内快速充填完成,没有进料不足等缺陷,能够满足要求。从图9b可以看出,塑件的流动前沿温度最低为238 °C,最高为240 °C,最大差值为2 °C,在流动的合理范围不会发生滞流现象。从图9c可以看出,锁模力的峰值为58 t,在随后的保压过程中材料逐渐冷却凝固,锁模力也逐渐减小,在15 s时减小到0 t。从图9d熔接线结果分析图可以看出,熔接线主要集中在边角位置,都比较短,对整体美观和结构强度影响较小。从图9e可以看出,进水口和出水口的冷却温度相差在3 °C,温度变化小,水道设计满足要求。图9f是翘曲变形分布图,可以看出翘曲变形不大,最大才为1.58 mm,在后视镜背壳边缘处,符合

质量要求。注塑模拟结果表明,所设计冷却系统、流道系统能够注塑要求^[17]。

3 生产应用

生产中采用型号为HTF160X2C的国产注塑机进行批量生产,塑件实物如图10所示。注塑机的锁模力为1 400 kN,注射量为364 cm³,开模行程为420 mm。通过该注塑机生产出来的后视镜背壳无缩孔、缺料和熔接痕等缺陷,加强筋、卡扣顺利脱模。设计的注塑模具结构合理可靠,能满足后视镜背壳的生产需求。



图10 后视镜背壳实物图

4 结论

(1) 从后视镜镜片的结构设计入手进行后视镜背壳的结构设计。镜体由镜框和背壳配合而成,以镜框为基准,使镜框与背壳借助卡扣配合。设计了16个侧壁加强筋,在提高强度和刚度的同时改善成型过程中的材料流动。在底面十字交叉加强筋中间设置支柱,使塑件壁厚更均匀。在背壳与汽车车身连接部分的球槽处设置随形加强筋,防止振动时零件强度不足。

(2) 模拟了后视镜背壳在共振频率和共振频率的模式、谐响应和疲劳寿命,通过优化调整背壳的结构使零件的寿命分析高于技术要求。

(3) 模流分析设置熔体温度240℃,模具表面温度40℃,材料采用Generic ABS,充填时间2 s,保压压力设置为最大注射压力的80%,保压时间为10 s,冷却时间20 s,结果表明所设计的冷却系统、流道系统能够满足注塑要求并投入生产应用。

参考文献

- [1] Murukesavan P, Mu'tasim M A N, Sahat I M. Computational analysis of an effect of aerodynamic pressure on the side view mirror geometry[J]. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2013, 50(1). DOI:10.1088/1757-899X/50/1/012039.
- [2] 郑伟. 汽车后视镜振动与气动噪声分析[D]. 重庆:重庆理工大学, 2020. DOI:10.27753/d.cnki.gcqgx.2020.000515.

- Zheng Wei. Vibration and aerodynamic noise analysis of auto rear-view mirror[D]. Chongqing: Master's Dissertation of Chongqing University of Technology, 2020. DOI: 10.27753/d.cnki.gcqgx.2020.000515.
- [3] 刘元春. 基于模态分析的汽车后视镜结构设计[J]. 汽车工程师, 2015(4):35-37.
- Liu Yuanchun. Structure design of vehicle rear-view mirror based on modal analysis[J]. Automotive Engineer, 2015(4):35-37.
- [4] 何文涛,刘淑梅,刘汉武,等. 汽车后视镜有限元分析及结构优化设计[J]. 上海工程技术大学学报, 2014, 28(2):124-127.
- He Wentao, Liu Shumei, Liu Hanwu, et al. Finite element analysis and structural optimization design of automobile rearview mirror[J]. Journal of Shanghai University of Engineering Science, 2014, 28(2):124-127.
- [5] 张维合,成永涛,冯婧,等. 汽车后视镜壳热流道注塑模设计[J]. 现代塑料加工应用, 2020, 32(5):40-43.
- Zhang Weihe, Cheng Yongtao, Feng Jing, et al. Design of injection mold for rear view mirror shell of automobile with hot runner[J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2020, 32(5):40-43.
- [6] 肖金,翟倩,张彬,等. 汽车后视镜逆向造型及模流分析[J]. 机电工程技术, 2020, 49(10):48-50.
- Xiao Jin, Zhai Qian, Zhang Bin, et al. Reverse modeling and mold flow analysis of automobile rearview mirror[J]. Mechanical & Electrical Engineering Technology, 2020, 49(10):48-50.
- [7] 黄继战,侯世赞,范玉,等. 模流分析在汽车后视镜外壳模具设计中的应用[J]. 塑料科技, 2019, 47(10):96-101.
- Huang Jizhan, Hou Shiyun, Fan Yu, et al. Application of mould flow analysis in design of hot runner mould for automotive rear-view mirror shell[J]. Plastics Science and Technology, 2019, 47(10):96-101.
- [8] 孙肖霞,张俊. 顺序开模的汽车内后视镜壳注塑模设计[J]. 现代塑料加工应用, 2019, 31(2):40-43.
- Sun Xiaoxia, Zhang Jun. Design of sequentially opening injection mold for the automobile interior rear view mirror shell[J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2019, 31(2):40-43.
- [9] 杜婉莹. 汽车后视镜外壳注射模设计[J]. 模具制造, 2019, 19(8):56-59.
- Du Wanying. Design of injection mold for automobile rearview mirror shell[J]. Die & Mould Manufacture, 2019, 19(8):56-59.
- [10] 倪红星,陈荣创,吴张新. 商用车后视镜设计与振动分析[J]. 湖北汽车工业学院学报, 2021, 35(4):26-30.
- Ni Hongxing, Chen Rongchuang, Wu Zhangxin. Design and vibration analysis of rearview mirror for commercial vehicle[J]. Journal of Hubei University of Automotive Technology, 2021, 35(4):26-30.
- [11] 王洪. 塑料注塑件加强筋的设计方法[J]. 机械工程材料, 1999(2):19-21.
- Wang Hong. Design method of molded plastic part with ribs[J].

(下转第103页)