

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2020.07.014

冷却系统对 ABS 材质汽车后视镜外壳翘曲变形影响

赵天德

(梧州职业学院,广西梧州 543002)

摘要: 首先对丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料 (ABS) 材质的汽车后视镜外壳的注塑加工工艺进行了优化,最终确定了其工艺为:料筒温度、注塑压力、保压压力、保压时间、模具温度分别为 260℃,11 MPa,2 MPa,5.0 s,60℃。通过 Moldflow 软件对 ABS 材质的汽车后视镜外壳模具冷却系统进行了仿真模拟,并确定了最佳的冷却方案:冷却管路直径为 10 mm,管路数目为 1 根,排列方式处于模具单侧排列,冷却液温度为 20℃。仿真结果表明,冷却管路进口和出口的冷却液温度分别为 20.02℃和 25.20℃;总体冷却时间为 30.37 s;注塑件底面最高温度为 60.21℃;Z 方向的最大翘曲变形量为 1.031 mm。另外,还以实际注塑实验对模拟结果进行了验证,10 次注塑的结果均与模拟结果十分接近,标准差仅为 0.003 mm。

关键词: 汽车后视镜外壳;注塑工艺;模拟仿真;翘曲变形

中图分类号: TG386.44 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2020)07-0075-05

Influence of Cooling System on Warpage and Deformation of ABS Automotive Rearview Mirror Shell

Zhao Tiande

(Wuzhou Vocational College, Wuzhou 543002, China)

Abstract : The injection molding process of ABS automotive rearview mirror shell was optimized, and the process was determined as follows : barrel temperature, injection pressure, holding pressure, holding time and mould temperature are 260℃, 11 MPa, 2 MPa, 5.0 s and 60℃ respectively. In addition, the mold cooling system of automobile rearview mirror shell made of ABS material was simulated by Moldflow software, and the optimal cooling scheme is determined : the diameter of cooling pipeline is 10 mm, the number of pipeline is 1, the arrangement mode is arranged on one side of the mold, and the temperature of coolant is 20℃. The simulation results show that the coolant temperature at the inlet and outlet of the cooling pipe is 20.02℃ and 25.20℃ respectively, the total cooling time is 30.37 s ; the maximum ground temperature of the injection molding part is 60.21℃, the maximum warpage deformation in the Z direction is 1.031 mm. In addition, the simulation results are verified by the actual injection experiments. The results of 10 injection molding are very close to the simulation results, and the standard deviation is only 0.003 mm.

Keywords : automotive rearview mirror shell ; injection molding process ; simulation ; warpage

丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料 (ABS) 具有十分优异的硬度、强度和韧性,而且其尺寸稳定性和化学耐受性也十分良好。ABS 的应用广泛,在日常生活用品、汽车零部件、工程部件等领域均有广泛应用^[1-3]。随着汽车轻量化发展越来越快,ABS 在汽车中的应用也越来越广泛,后视镜外壳、仪表盘、保险杠等,都可以利用 ABS 塑料来制造。ABS 塑料是一种热塑性工程塑料,能够通过注塑、挤出等常见

的加工方式进行加工,用于汽车零部件制备时常采用注塑加工的手段。根据 ABS 的熔融温度和分解温度可以确定其加工窗口为 220~260℃,具体加工温度应根据不同牌号 ABS 性质来确定。为了防止 ABS 在料筒内降解和烧焦,需要控制其停留时间低于 6 min。除此之外,提高注塑压力,可以有效提高注塑效率,降低热熔停留时间,改善充模性能^[4-6]。

对于汽车零部件来说,一般为薄壁制件,这类

通讯作者: 赵天德,本科,工程师,主要从事汽车检测、汽车维修工作 E-mail : jiaoyouby186@sina.com

收稿日期: 2020-04-11

引用格式: 赵天德. 冷却系统对 ABS 材质汽车后视镜外壳翘曲变形影响 [J]. 工程塑料应用,2020,48(7) : 75-79.

Zhao Tiande. Influence of cooling system on warpage and deformation of ABS automotive rearview mirror shell[J]. Engineering Plastics Application,2020,48(7) : 75-79.

注塑件的加工工艺和加工过程对其质量和性能的影响十分显著,工艺控制不合适,容易导致出现收缩或翘曲变形等缺陷。例如,在冷却过程中,制件不同部位以不同的速率进行冷却,则不同部位的固化和收缩过程各不相同,熔体内应力释放速率不同,进而导致最终制件发生翘曲变形。除了冷却速率外,注塑过程中所采用的的注塑温度、注塑压力、注射速率、保压压力、保压时间、模具温度等均会影响制件的最终质量,从而造成注塑件出现缺陷。因此,采用合适的注塑工艺是改善注塑件质量的有效手段^[7-10]。由于通过实际的实验对注塑工艺进行优化过程较为繁琐,周期较长,所以一般会利用正交试验法和计算机模拟仿真的方法对注塑工艺参数进行优化,该过程实施周期短,高效快速^[11-15]。笔者对 ABS 材质的汽车后视镜外壳的注塑工艺进行了仿真模拟,由于注塑原料确定为 ABS 塑料,因此对于注塑温度和压力等参数的优化空间较小,可根据注塑经验进行确定,基本可以筛选出最优的温度和压力参数组合。笔者主要对模具的冷却系统进行了仿真模拟,探究了冷却系统对该 ABS 材质汽车后视镜外壳翘曲变形情况的影响。并且,还利用模拟仿真所得到的注塑工艺对 ABS 材质的汽车后视镜外壳进行了实际注塑加工,验证了计算机仿真的结果。

1 注塑参数范围选定

注塑温度: 注塑温度主要影响 ABS 熔体的流动性能,通常适合 ABS 注塑加工的温度区间为 220~260℃。根据前期工作的经验确定,该 ABS 材质的汽车后视镜外壳的注塑温度为 260℃。

注塑压力: 注塑压力主要影响充模的完整性以及 ABS 熔体在料筒中的停留时间。通常适合 ABS 注塑加工的注塑压力区间为 10~15 MPa。笔者根据前期工作的经验确定该 ABS 材质的汽车后视镜外壳的注塑压力为 11 MPa。

保压压力: 保压压力主要影响 ABS 熔体的充模完整性。通常适合 ABS 注塑加工的保压压力区间为 2~3 MPa。笔者根据前期工作的经验确定,该 ABS 材质的汽车后视镜外壳的保压压力为 2 MPa。

保压时间: 保压时间主要影响 ABS 熔体的充模完整性。通常适合 ABS 注塑加工的保压时间为

3~10 s。笔者根据前期工作的经验确定该 ABS 材料的汽车后视镜外壳的保压时间为 5 s。

模具温度: 模具温度主要影响 ABS 熔体的冷却速率。通常适合 ABS 注塑加工的模具温度区间为 50~70℃。笔者根据前期工作的经验确定,该 ABS 材料的汽车后视镜外壳的模具温度为 60℃。

除以上注塑工艺参数,其它涉及到冷却过程的工艺参数需根据实验结果进一步确认。

2 冷却系统的仿真

ABS 材质的汽车后视镜外壳在加工过程中的冷却速率除了受到模具温度影响外,还会受到模具的冷却系统影响。例如,冷却管路的数目、直径、位置、排列、冷却液温度等。笔者利用正交试验法设计了 10 种不同的冷却系统设计方案,采用根据经验筛选的 ABS 材料的汽车后视镜外壳注塑工艺,对不同冷却系统下的注塑进行了模拟,并得到了 10 种冷却系统下制得的 ABS 材料的汽车后视镜外壳的翘曲变形量,结果见表 1。

表 1 不同冷却系统仿真的结果

组别	冷凝管根数	排列方式	直径 / mm	冷却水温 / ℃	翘曲变形量 / mm
1	1	单侧	8	20	1.490
2	1	单侧	10	20	1.031
3	1	单侧	12	20	1.639
4	1	单侧	10	15	1.629
5	1	单侧	10	25	1.125
6	2	单侧	10	20	1.155
7	2	双侧	10	20	1.223
8	4	单侧	10	20	1.261
9	6	单侧	10	20	1.452
10	8	单侧	10	20	1.613

模拟仿真结果表明,冷却系统的变化会导致 ABS 材料的汽车后视镜外壳的翘曲变形量发生明显的变化。当冷却系统确定为:冷却管路直径为 10 mm,管路数目为 1 根,排列方式处于模具单侧排列,冷却液温度为 20℃时,相应条件下制备出的 ABS 材质的汽车后视镜外壳的翘曲变形量最小,仅为 1.031 mm。

所用建模软件为 CAD UG 5.0,将 ABS 材料的汽车后视镜外壳模型导入到 Moldflow 软件中后,进一步结合 ABS 的流体力学特性和弹性力学特性,对 ABS 材质的汽车后视镜外壳进行 CAE 分析,利用有限元分析对注塑过程进行模拟,结合公式 (1) 和公式 (2) 进行分析:

$$\eta = \alpha \gamma^{\beta} \exp[CT] \quad (1)$$

式中: η ——ABS 的黏度;

α ——ABS 的黏度系数;

γ ——注塑过程的剪切速率;

β ——注塑过程的剪切系数;

C ——注塑过程的温度系数;

T ——注塑过程的温度。

$$\gamma' = A_1 + A_2 \gamma + A_3 T + A_4 \gamma^2 + A_5 \gamma T \gamma' Z + A_6 T^2 \quad (2)$$

式中: γ' ——ABS 的黏度;

$A_1 \sim A_6$ ——多项式的 6 个系数。

2.1 冷却液温度仿真

当冷却管路直径为 10 mm, 管路数目为 1 根, 排列方式处于模具单侧排列, 冷却液温度为 20℃ 时, 冷却温度模拟结果如图 1 所示。冷却管路入口处的温度较低, 为 20.02℃, 出口处冷却液温度上升, 为 25.20℃, 这是由于冷却液与 ABS 熔体发生了热交换。入口处的冷却液温度和出口处冷却液温度之差仅为 5.18℃, 这说明了 ABS 熔体是以较为平稳的速率冷却的, 未发生温度的骤降, 所以冷却液的温度上升幅度较小。因此, 这种冷却系统方案下, ABS 熔体内的内应力较容易释放, 不易产生翘曲变形。



图 1 冷却温度模拟结果

2.2 冷却时间仿真

当冷却管路直径为 10 mm, 管路数目为 1 根, 排列方式处于模具单侧排列, 冷却液温度为 20℃ 时, 冷却时间模拟结果如图 2 所示。ABS 材料的汽车后视镜外壳各个部位的冷却时间并不相同, 其中中心部位最早达到顶出温度, 时间为 20.34 s; 制件边缘部位较慢达到顶出温度, 时间为 30.37 s。虽然各个部位达到顶出温度的时间不同, 但相差仅为 10.03 s, 说明在这一冷却系统下, ABS 材料的汽车后视镜外壳各部位的冷却速率较为一致, 不易产生翘曲变形。另外, 根据各个部位达到顶出温度的时间的模拟结果, 可以将冷却时间确定为 30.37 s。



图 2 冷却时间模拟结果

2.3 零件底面温度仿真

当冷却管路直径为 10 mm, 管路数目为 1 根, 排列方式处于模具单侧排列, 冷却液温度为 20℃ 时, 零件底面温度模拟结果如图 3 所示, 在冷却过程中, ABS 材料的汽车后视镜外壳底面各个部位的温度也不相同。其中, 中心部位的底面温度较低 54.71℃; 边缘部位的底面温度稍高, 为 60.21℃。各部位底面温度的差距较小, 中心部位与边缘部位的差距仅为 5.50℃。这一结果表明, 在所设计的冷却系统下冷却时, 该 ABS 材料的汽车后视镜外壳各部位是以较为均一的速率进行冷却的。这一仿真结果进一步表明了, 该冷却系统较为适合 ABS 材料的汽车后视镜外壳的冷却。



图 3 零件底面温度模拟结果

2.4 零件翘曲变形量仿真

当冷却管路直径为 10 mm, 管路数目为 1 根, 排列方式处于模具单侧排列, 冷却液温度为 20℃ 时, 笔者也对 ABS 材料的汽车后视镜外壳的翘曲变形量进行了模拟。零件翘曲变形模拟结果如图 4 所示。模拟结果表明, 由于 ABS 材料的汽车后视镜外壳各部位的冷却速率不同, 所以导致了不同部位的翘曲变形量也出现了差异。在冷却速率较快的中心部位, ABS 材料的汽车后视镜外壳的翘曲变形量较高, 为 1.031 mm; 在冷却速率较慢的边缘部位, ABS 材料的汽车后视镜外壳的翘曲变形量较低, 为 0.101 mm。这一结果表明, 冷却速率的确对制件的翘曲变形影响较显著, 若能够尽量降低各部位冷却速率的差值, 使整个制件以较为均一的速率冷却下来, 则能够保证制件具有较低的翘曲变形量。

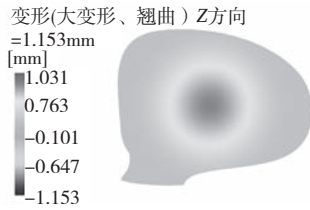


图4 零件翘曲变形模拟结果

3 实际注塑过程研究

为了进一步对模拟仿真的结果进行验证,对ABS材料的汽车后视镜外壳进行了实际注塑加工。注塑工艺参数为:料筒温度、注塑压力、保压压力、保压时间、模具温度分别为260℃,11 MPa,2 MPa,5.0 s,60℃。冷却系统为:冷却管路直径为10 mm,管路数目为1根,排列方式处于模具单侧排列,冷却液温度为20℃。总计进行了10次注塑实验,实验结果在表2中列出。

将实际注塑结果与模拟仿真结果对比可知,实际注塑所得ABS材料的汽车后视镜外壳的翘曲变形量与模拟结果相差较小,最大误差仅为0.004 mm,最小误差为0 mm。通过对10组注塑实验结果的标准差进行计算可得,这十组实验的标准差仅为0.003 mm。以上实验结果表明,模拟仿真所得到的结果准确度高,即通过仿真所筛选出来的冷却系统适合ABS材料的汽车后视镜外壳的加工,仿真结果对实际注塑加工的指导意义较大。

表2 实际注塑结果

组别	实际翘曲变形量/mm	仿真翘曲变形量/mm	绝对误差/mm	标准差/mm
1	1.031	1.031	0.000	0.003
2	1.032	1.031	0.001	
3	1.034	1.031	0.003	
4	1.032	1.031	0.001	
5	1.029	1.031	0.002	
6	1.028	1.031	0.003	
7	1.035	1.031	0.004	
8	1.027	1.031	0.004	
9	1.032	1.031	0.001	
10	1.035	1.031	0.004	

4 结论

对ABS材料的汽车后视镜外壳注塑的冷却系统进行了模拟分析,最终确定该冷却系统为:冷却管路直径为10 mm,管路数目为1根,排列方式处于模具单侧排列,冷却液温度为20℃。在该冷却系统下,冷却液进出口温差仅为5.18℃,各部位达到

顶出温度时间差仅为10.03 s,制件各部位底面温差仅为5.50℃,制件冷却过程平稳、速率均一。基于前期工作经验确定注塑工艺参数为:料筒温度、注塑压力、保压压力、保压时间、模具温度分别为260℃,11 MPa,2 MPa,5.0 s,60℃,此时所制备的ABS材料的汽车后视镜外壳的总翘曲变形量仅为1.031 mm。通过实际注塑验证,该模拟结果准确率较高,实际注塑结果与仿真结果之间的误差仅为0~0.004 mm,10组注塑实验标准差仅为0.003 mm。

参考文献

- [1] 关胜军,张建,王一业,等. ABS树脂耐化学性的表征探讨[J]. 天津化工,2019,33(1):14-15.
Guan Shengjun, Zhang Jian, Wang Yiye, et al. Characterization of chemical resistance of ABS resin[J]. Tianjin Chemical Industry, 2019,33(1):14-15.
- [2] 徐璐,王一业,张金辉,等. 本体聚合ABS树脂研究进展[J]. 工程塑料应用,2019,47(3):130-135.
Xu Lu, Wang Yiye, Zhang Jinhui, et al. Research progress on bulk polymerization ABS resin[J]. Engineering Plastics Application, 2019,47(3):130-135.
- [3] 孙春福,陆书来,宋振彪,等. ABS树脂现状与发展趋势[J]. 塑料工业,2018(2):1-5.
Sun Chunfu, Lu Shulai, Song Zhenbiao, et al. Current situation and development trend of ABS resin in China[J]. China Plastics Industry, 2018(2):1-5.
- [4] 姚志光,高军龙,张朝群. ABS/PMMA共混物在注塑成型加工中性能和微观结构的变化[J]. 塑料科技,2017,45(7):66-70.
Yao Zhiguang, Gao Junlong, Zhang Chaoqun. ABS / PMMA mixture performance and microstructure changes in injection moulding processing[J]. Plastic Science and Technology, 2017,45(7):66-70.
- [5] Ozcelik B, Ozbay A, Demirbas E. Influence of injection parameters and mold materials on mechanical properties of ABS in plastic injection molding[J]. International Communications in Heat and Mass Transfer, 2010,37(9):1359-1365.
- [6] Gómez-Monterde J, Sánchez-Soto M, MasPOCH M L. Influence of injection molding parameters on the morphology, mechanical and surface properties of ABS foams[J]. Advances in Polymer Technology, 2018,37(8):2707-2720.
- [7] 孙晋,李永泉,李峰. 注塑成型工艺参数对汽车保险杠翘曲变形的影响研究[J]. 塑料工业,2011,39(5):49-53.

- Sun Jin, Li Yongquan, Li Feng. Effect of the injection molding processing parameters on automobile bumper warpage deformation[J]. China Plastics Industry, 2011, 39(5):49-53.
- [8] 于同敏. 注射制品内应力分析及控制对策 [J]. 模具工业, 1998, 2(8):39-44.
- Yu Tongmin. Analysis of internal stress of injection products and control countermeasures[J]. Die and Mould Industry, 1998, 2(8):39-44.
- [9] 杨风霞, 王爱荣, 许光日, 等. 工艺参数对 ABS、PP 注塑件翘曲变形影响的对比研究 [J]. 塑料工业, 2008, 36(3):43-46.
- Yang Fengxia, Wang Airong, Xu Guangri, et al. Comparative study on effect of process parameter on warpage of ABS and PP injection molded parts[J]. China Plastics Industry, 2008, 36(3):43-46.
- [10] Chang R Y, Tsaur B D. Experimental and theoretial studied of shrinkage, warp and sink marks of crystalline polymer injection molded parts[J]. Polymer Engineering and Seience, 1995, 35(15):2 115-2 221.
- [11] 王利霞, 杨杨. 注塑成型工艺对制品收缩率变化的影响及工艺参数优化 [J]. 高分子材料科学与工程, 2004, 20(2):173-176.
- Wang Lixia, Yang Yang. Investigation of the influence of processing parameter on volumetric shrinkage variation of plastic injection molded parts and process optimization[J]. Polymer Material Science and Engineering, 2004, 20(2):173-176.
- [12] Oktem H, Erzummlu T, Uzman I. Application of Taguchi optimization technique in determining plastic injection molding proecess parameters for a thin-shell part[J]. Materials and Design, 2005.10.1016/j.matdes.2005.12.013.
- [13] 吴贵生, 于治福. 试验设计与数据处理 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1997.
- Wu Guisheng, Yu Zhifu. Experiment design and data processing[M]. Beijing:Metallurgical Industry Press, 1997.
- [14] 马浩军, 胡广洪, 阮雪榆. 利用 Moldflow 软件分析解决注塑件翘曲问题 [J]. 模具技术, 2005(5):55-58.
- Ma Haojun, Hu Guanghong, Ruan Xueyu. Using Moldflow software to analyze and solve the problem of the warp of injection molding parts[J]. Die and Mould Technology, 2005(5):55-58.
- [15] 茆茂, 朱先琦. 基于正交试验法的镜框注塑工艺参数优化 [J]. 南昌工程学院学报, 2015, 34(3):51-55.
- Mao Mao, Zhu Xianqi. Optimization of injection molding process parameters of mirror frame based on orthogonal test[J]. Journal of Nanchang Institute of Technology, 2015, 34(3):51-55.
- (上接第 67 页)
- and mechanical property of modified linen/unsaturated polyester composites[J]. Acta Materiae Compositae Sinica, 2018, 35(1):35-43.
- [16] 倪爱清, 朱坤坤, 王继辉. 纳米 SiO_2 -NaOH-有机硅烷偶联剂表面改性对苧麻纤维/乙烯基酯树脂复合材料的性能影响 [J]. 复合材料学报, 2019, 36(11):2 579-2 586.
- Ni Aiqing, Zhu Kunkun, Wang Jihui. Effects of nano SiO_2 -NaOH-silane coupling agent surface treatment on behavior of ramie fiber / vinyl ester resin composite[J]. Acta Materiae Compositae Sinica, 2019, 36(11):2 579-2 586.
- [17] 张汝光. 复合材料层合板的弯曲性能和试验 [J]. 玻璃钢, 2009(3):1-5.
- Zhang Ruguang. Bending properties and tests of composite laminates[J]. Fiber Reinforced Plastics, 2009(3):1-5.
- [18] 李稳. 基于纤维束复合材料测试的单向层合板层间性能的预估方法 [D]. 广州: 华南理工大学, 2017.
- Li Wen. Prediction method for interlaminar performance of unidirectional laminates based on fiber bundle composites[D]. Guangzhou:South China University of Technology, 2017.
- [19] Ahmadrhimizir M Z, Mohdishak Z A, Mattaib R, et al. Mechanical, water absorption and dimensional stability studies of kenaf bast fibre-filled poly (butylene succinate)composites[J]. Journal of Macromolecular Science:Part D -Reviews in Polymer Processing, 2011, 50(4).DOI:10.1080/03602559.2010.531871.