

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2021.10.016

后防擦条大流长比注塑参数优化及试验验证

张华龙¹, 张二红¹, 苏海洋², 邹华杰², 黄可²

(1. 廊坊职业技术学院, 河北廊坊 065000; 2. 常州机电职业技术学院, 江苏常州 213164)

摘要: 对某品牌客车的后防擦条外板模型进行分析, 得到制品整体呈流线型分布, 单浇口效果最好。对模具表面温度、注塑压力、保压压力、保压时间进行研究, 得出模具表面温度 90℃, 注塑压力 106 MPa; 保压压力为注塑压力的 80%, 保压时间 12 s 时, N28258 点和 N27632 点处的翘曲量之和最小。对该组工艺参数进行试验验证, 得 N28258 点和 N27632 点处, 没有明显翘曲现象, 制品表面光洁, 经卡规检测, 卡规与制品间隙均匀, 透光一致。

关键词: 流长比; 模具表面温度; 注塑压力; 保压压力; 保压时间; 正交试验

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2021)10-0088-05

Optimization and Test Verification of Injection Parameters of Large Flow Length Ratio for Rear Abrasion Strip

Zhang Hualong¹, Zhang Erhong¹, Su Haiyang², Zou Huajie², Huang Ke²

(1. Langfang Polytechnic Institute, Langfang 065000, China;

2. Changzhou Vocational Institute of Mechatronic Technology, Changzhou 213164, China)

Abstract: By analyzing the model of rear abrasion strip of a certain brand bus, it is found that the whole product is streamline distribution, and the effect of single gate is the best. The mold surface temperature, injection pressure, holding pressure, holding time were studied. The results show that when the mold surface temperature is 90℃, the injection pressure is 106 MPa, the holding pressure is 80% of the injection pressure, the holding time is 12 s, the sum of warpage at N28258 and N27632 is the minimum. The process parameters of this group were tested and verified. It is found that there is no obvious warping phenomenon at N28258 and N27632 points, the surface of the products is smooth, and the gap between the gauges and the products is uniform and the light transmission is consistent after the gauges are detected.

Keywords: flow length ratio; mold surface temperature; injection pressure; holding pressure; holding time; orthogonal test

注塑模具种类繁多, 结构各异。沈忠良等^[1]对某 SUV 仪表台塑件, 设计了一种多浇口两板热流道注塑模具; 文献 [2-5] 对注塑参数进行了研究; 刘成娟等^[6]对制品翘曲量进行了研究。以上对制品注塑成型的研究, 没有解决大流长比制品的注塑成型问题。

笔者以某型号客车的后防擦条外板为研究对象, 通过制品模型分析, 确定浇口数量, 针对大流长比这一成型关键点, 构建正交试验, 得出最优工艺参数, 最后通过试验验证, 验证技术路线的正确性。

1 后防擦条外板的模具设计

1.1 后防擦条外板模型

图 1 为某品牌客车的后防擦条外板模型。该塑件外形尺寸为 720 mm × 240 mm × 60 mm, 平均壁厚为 3 mm。为了减少风阻, 该塑料件的设计采用流线型。在 NX1851 软件中, 通过工具-材料-指派材料^[7], 选择模型类别名称为聚丙烯 (PP) 材料, 测得制品表面积为 337 144.35 mm²; 质量为 623.9 g (密度为 1.015 g/cm³); 体积为 530 787.25 mm³。

基金项目: 河北省教育科学“十三五”规划课题项目 (2003011), 常州市应用基础研究计划 (CJ20200010), 2021 年江苏省大学生创新创业训练计划项目 (注塑参数动态补偿与产品一致性研究), 常州机电职业技术学院校级课题 (2020-zdkj-01)

通信作者: 黄可, 硕士, 高级技师, 主要从事模具数控加工教学

收稿日期: 2021-07-17

引用格式: 张华龙, 张二红, 苏海洋, 等. 后防擦条大流长比注塑参数优化及试验验证 [J]. 工程塑料应用, 2021, 49(10): 88-92.

Zhang Hualong, Zhang Erhong, Su Haiyang, et al. Optimization and test verification of injection parameters of large flow length ratio for rear abrasion strip[J]. Engineering Plastics Application, 2021, 49(10): 88-92.

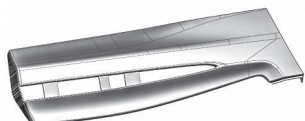


图1 后防擦条外板模型

1.2 浇口数量及流长比

要求注塑后不能对制品进行表面喷涂等处理,去除浇口后直接交付使用。浇口数量增多,充填压力较低,熔体温度可以较低^[8],但多个浇口会导致熔接痕的产生,在相同工艺条件下,熔接痕区域的强度只有原始材料的10%~82%^[9],严重影响制品的正常使用及制品外观。通过分析后防擦条外板模型,制品整体呈流线型分布,单浇口效果最好,能够保证制品表面保留一定的流动纹理(哑光效果)^[10]。

该制品长度方向尺寸为720 mm,平均壁厚为3 mm,流长比(流动路径与壁厚的比值)达到了240,超出了一般材料的允许值^[11]。

1.3 材料确定

该制品为大批量生产,材料经济性为首要考察指标,选用中广核俊尔新材料有限公司生产的牌号为P1M6I-B02的复合材料。该材料母材PP质量分数为50%,低黏度PP质量分数为5%,矿物填充质量分数为30%,润滑剂质量分数为10%,弹性体质量分数为5%,具有低收缩,低线性膨胀系数,尺寸稳定性好等特点^[12]。该材料的拉伸强度为17.4 MPa,弯曲强度为23.5 MPa,弯曲弹性模量为1535 MPa,悬臂梁缺口冲击强度为45 kJ/m², -30℃悬臂梁缺口冲击强度为7.1 kJ/m²,熔体流动速率为23.2 g/10 min,皮纹面光泽度(60°)1.6^[13]。

1.4 模具结构

模具动模结构如图2所示。

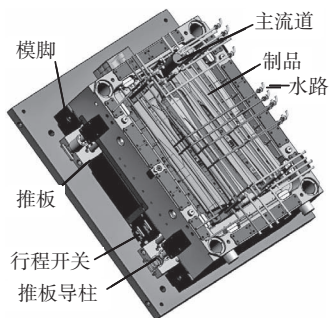


图2 动模结构图

考虑水路加工工艺,不开设斜向水路,水路与水路之间呈平行或垂直状态,为了水路靠近制品,开设向下的单向水路管,在单向水路管中增加隔板,使水流呈湍流状态,加速热量交换。动模上加设耐

磨板,增加模具使用寿命。本模具为“一模两腔”结构,由单根主流道将熔体导入模腔,在定模仁上开设分流道,使熔体分流。不设置顶针板,在推板上直接安装顶针;设置推板导向柱,确保推板运行平稳。在模脚上安装行程开关,推板上对应设置挡块,能够检测推板所处的位置,判断推板是否推出到位,或复位到位。

2 单浇口方案论证

为了追求极致的表面纹理,选择单浇口方案,充填过程需要精确地把控,拟采用模温机将模具内表面温度控制在某一值,提高熔体的流动性,延缓熔体前锋的冷凝速率。

在CAD Doctor 2020软件中,对制品三维造型进行修整,逐一修正干涉边、碎面、自由边、环路中的间隙、相交环路、自相交曲面等制品缺陷(多种软件间相互装换,必然导致缺陷)。将修正后的模型以UDM格式(该格式能够准确传递)输入至Moldflow 2020模流分析软件中^[14]。

为了使分析结果更准确,选择“3D”网格类型,将曲面上的全局边长设置为19.98 mm;选用“匹配网络”;选用“在浇口附近应用额外细化”,设置“相对边长”为20.0%,得“3D网格单元”239 614个。运行网格统计,四面体数量为239 614个;已连接的节点数量是43 996个;型腔体积是1 055.02 cm³;最大纵横比为18.36;平均9.24;最小1.24。

设置分析序列为“填充+保压+翘曲”;在物料库中,选择与牌号P1M6I-B02性能一致的材料,制造商为北美贝塞尔聚烯烃公司,牌号为Hostacom 65F5-2;设置单个浇口,浇口形状为方形浇口,尺寸为2.5 mm×7.5 mm;为了验证单浇口方案可行,将模具表面温度设置为较低的60℃,熔体温度设置为225℃,其它参数不作调整,选择默认。

采用以上工艺参数进行浇注,充填完成所需时间如图3所示。

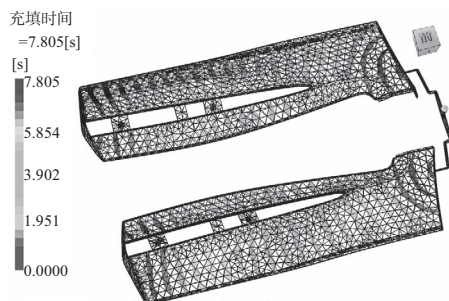


图3 充填完成所需时间

在以上工艺参数下,熔体充满时间为 7.85 s。

图 4 为熔体路径线,图 5 为熔体温度变化状况。

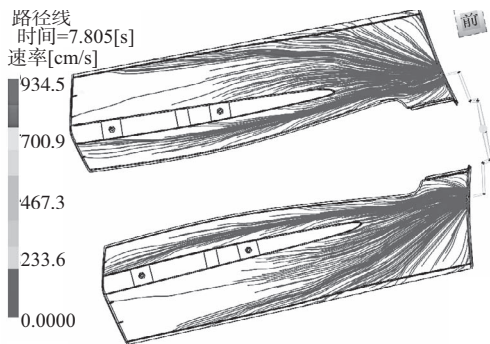


图 4 熔体路径线

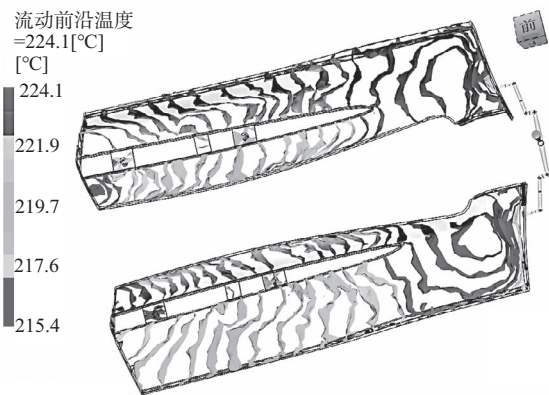


图 5 熔体温度变化图

3 工艺参数优化及翘曲量监测

单浇口能够保证制品表面纹理一致,但该制品翘曲量也是重要检验指标,翘曲量超差,则安装后客车表面会有明显的凸起或凹陷。在 43 996 个节点中选取最具代表性的 N28258 点与 N27632 点为监测点(见图 6)。

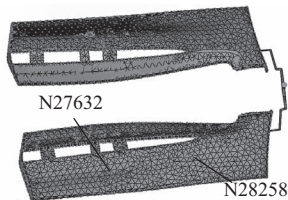


图 6 监测点具体位置图

此类大流长比制品,充填过程中,对熔体影响最大的因素为模具表面温度,模具初始温度能够直接影响熔体流动前锋的状态,模具初始温度高,熔体冷凝速率慢,成型效果好,但成型周期变长,不利于大量生产。在单浇口尺寸固定的情况下,注塑压力能够影响成型周期,但过大的充填压力,会致使熔体在通过浇口时,产生喷射现象,导致熔体烧焦,在制品表面留下颗粒状的斑点。对于保压压力,通常在型腔充满至 90%~95% 时,将注塑压力切换至 60%

~90%,继续保持一段时间。对于此类投影面积大的制品,保压压力过高,则所需锁模力较大,对曲柄式注塑机的使用寿命会有很大影响。该制品流长比为 240,保压压力过低,熔体前锋在冷却过程中,熔体得不到补缩,导致制品翘曲严重。保压时间对成型周期影响最大,保压过程也是制品冷却的过程,制品已经凝结,过长的保压时间使保压还在继续,产生无效工时;保压时间过短,因冷却收缩的部分得不到补充,影响制品翘曲^[15]。

综上分析,选取对后防擦条外板翘曲量影响最大的因素,模具表面温度、注塑压力、保压压力、保压时间为研究对象。模具表面温度(A)取 90~150℃;注塑压力(B)取 80~120 MPa;保压压力(C)为注塑压力的 60%~90%;保压时间(D)取 8~15 s。在 Moldflow 2020 模流分析软件中,对 4 种主要参数进行正交试验,分别模拟出 N28258 点与 N27632 点处,所有效应下的翘曲量。正交试验的 4 因素 4 水平分配情况见表 1,各水平的取值遵循均衡分布的原则;表 2 为正交试验方案。

表 1 正交试验因素水平表

水平	因素			
	A/℃	B/MPa	C/%	D/s
1	90	80	60	8
2	110	93	70	10
3	130	106	80	12
4	150	120	90	15

表 2 正交试验方案

序号	因素				工艺参数组合
	A/℃	B/MPa	C/%	D/s	
1	A1	B1	C1	D1	A1B1C1D1
2	A1	B2	C2	D2	A1B2C2D2
3	A1	B3	C3	D3	A1B3C3D3
4	A1	B4	C4	D4	A1B4C4D4
5	A2	B1	C2	D3	A2B1C2D3
6	A2	B2	C1	D4	A2B2C1D4
7	A2	B3	C4	D1	A2B3C4D1
8	A2	B4	C3	D2	A2B4C3D2
9	A3	B1	C3	D4	A3B1C3D4
10	A3	B2	C4	D3	A3B2C4D3
11	A3	B3	C1	D2	A3B3C1D2
12	A3	B4	C2	D1	A3B4C2D1
13	A4	B1	C4	D2	A4B1C4D2
14	A4	B2	C3	D1	A4B2C3D1
15	A4	B3	C2	D4	A4B3C2D4
16	A4	B4	C1	D3	A4B4C1D3

不同工艺参数组合下, N28258 和 N27632 点处的翘曲量,具体分布如图 7 所示。N28258 点处翘曲量为 0.569~1.856 mm,最小值出现在第 4 组工艺参数下,最大值出现在第 7 组工艺参数下; N27632

点处翘曲量为 0.689 ~ 1.892 mm,最小值出现在第 6 组工艺参数下,最大值出现在第 1 组工艺参数下,无法分辨出哪组参数影响下制品翘曲量最小。

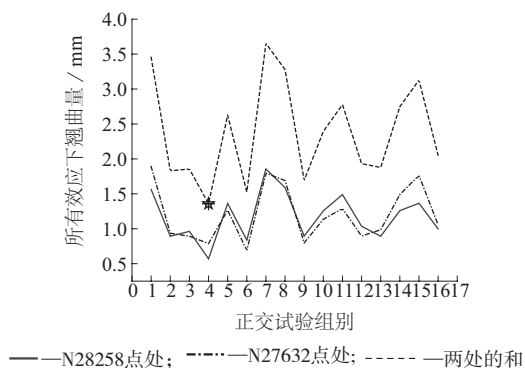


图7 正交试验翘曲量统计图

将两点处的翘曲量相加得到第 4 组工艺参数下两点处的翘曲量和最小。具体为,模具表面温度 90℃,注塑压力 106 MPa,保压压力为注塑压力的 80%,保压时间 12 s。由结果可知,模具表面温度相对较低,选择纯水模温机即可;注塑压力适中,熔体经浇口不会发生喷射现象;保压压力较低,所需锁模力较小,可以选择规格适中的注塑机型号;相对流长比为 240 的制品的保压时间可以接受。

第 4 组工艺参数下的制品翘曲量如图 8 所示。制品最大翘曲量为 8.287 mm,产生在制品两端处,相对于 720 mm 的长度,翘曲率为 1.15%^[16],模拟结果符合制品收缩特性。

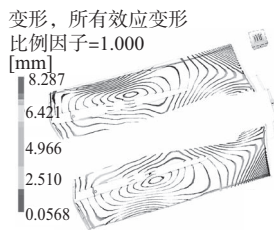


图8 第4组工艺参数下制品翘曲量

4 试验验证及制品检测

图 9 为试验现场图片,模仁选用斯穆碧根柏 (S+B) 预硬钢, Formadur 400 ESR 牌号,保证模具使用寿命 100 万次。模温机通过模温介质接口,将控温介质导入定模、动模。模具浇口严格按照模拟时预设值加工,浇口形状为方形浇口,尺寸为 2.5 mm × 7.5 mm。试验验证时,模具表面温度通过模温机设定为 90℃,注塑压力设定为 106 MPa,保压压力设定为注塑压力的 80%,保压时间设定 12 s,其余工艺参数与 Moldflow 2020 模流分析预设值设定一致。

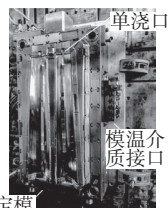


图9 试验现场图片

图 10 为成型后的制品。由图 10 可以看出,制品表面成型良好, N28258 点和 N27632 点处没有明显翘曲现象,除去浇口凝料,即可交付使用。

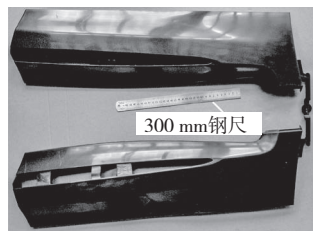


图10 成型后制品

图 11 为检测中的制品。制品在检具中通过外形尺寸定位,快动压钳固定,经检测卡规检测,卡规与制品间缝隙均匀,透光一致。验证了 Moldflow 2020 模流分析软件,分析结果的准确性。制品表面光洁,显现了单浇口成型技术的优势。

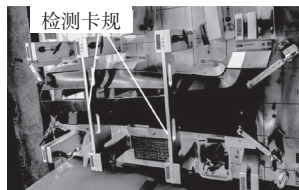


图11 检测中的制品

5 结论

(1) 通过对某品牌客车后防擦条外板模型进行分析,得到制品整体呈流线型分布,单浇口效果最好。

(2) 针对该制品的流长比为 240 这一问题进行论证,通过设定模具表面温度,提高了熔体的流动性,延缓了熔体前锋的冷凝速率,解决了大流长比的技术问题。

(3) 选取对后防擦条外板翘曲量影响最大的因素——模具表面温度、注塑压力、保压压力、保压时间为研究对象。构建 4 因素 4 水平正交试验,得到最佳工艺参数:模具表面温度 90℃、注塑压力 106 MPa、保压压力为注塑压力的 80%、保压时间 12 s,此工艺参数下 N28258 点和 N27632 点处的翘曲量之和最小。

(4) 通过试验验证,制品表面光洁,验证了 Moldflow 2020 模流分析软件分析结果的准确性,显

示了单浇口成型技术的优势。

参考文献

- [1] 沈忠良,肖国华,杨安. SUV 仪表台热流道多浇口注塑模优化设计[J]. 工程塑料应用,2020,48(10):86-92.
Shen Zhongliang, Xiao Guohua, Yang An. Optimal design of hot runner injection mould with multi-gate for SUV instrument panel[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(10):86-92.
- [2] 黄可,许成中,刘江,等. 基于 Moldflow 的储物盒注塑成型模拟及试验验证[J]. 工程塑料应用,2019,47(8):86-90.
Huang Ke, Xu Chengzhong, Liu Jiang, et al. Simulation and test verification of storage box injection molding based on Moldflow[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(8):86-90.
- [3] 黄可,邹华杰,刘江,等. 基于 MPI 的雾灯盖板高光成型参数优化[J]. 工程塑料应用,2020,48(8):77-81.
Huang Ke, Zou Huajie, Liu Jiang, et al. Optimization of high gloss forming parameters of fog lamp cover plate based on MPI[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(8):77-81.
- [4] 文周,薛美贵,王旭红. 基于田口试验法的熔融沉积成型 PLA 制品工艺优化[J]. 工程塑料应用,2021,49(1):58-62.
Wen Zhou, Xue Meigui, Wang Xuhong. Optimization of PLA product process by melt deposition based on taguchi test[J]. Engineering Plastics Application, 2021, 49(1):58-62.
- [5] 翟林,韩国泰,胡海朝,等. 基于 Moldflow 与 Abaqus 的注射成型及模具结构联合仿真分析[J]. 中国塑料,2018,32(2):128-133.
Zhai Lin, Han Guotai, Hu Haichao, et al. Structural analysis of injection moulds based on moldflow and abaqus softwares[J]. China Plastics, 2018, 32(2):128-133.
- [6] 刘成娟,刘成刚,刘艳,等. 基于 CAE 与正交试验法的工艺参数对翘曲变形的影响分析[J]. 中国塑料,2018,32(1):102-107.
Liu Chengjuan, Liu Chenggang, Liu Yan, et al. Analysis of effect of injection-molding process parameters on warpage deformation of printer plastic parts based on CAE and orthogonal experiments[J]. China Plastics, 2018, 32(1):102-107.
- [7] 揭晓,周剑赞,钟强强. 汽车中央通道模具创新设计[J]. 工程塑料应用,2020,48(11):91-94.
Jie Xiao, Zhou Jianyun, Zhong Qiangqiang. Innovative design of automobile central channel mold[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(11):91-94.
- [8] 廖生温,王玉勤,王可胜,等. 基于 BP 神经网络的导管接头注塑工艺参数优化[J]. 工程塑料应用,2021,49(3):65-70.
Liao Shengwen, Wang Yuqin, Wang Kesheng, et al. Optimization of injection process parameters of catheter joint based on BP neural network[J]. Engineering Plastics Application, 2021, 49(3):65-70.
- [9] 黄贤页,辛勇. 注射成型工艺参数对制品结晶度的影响机制[J]. 工程塑料应用,2018,46(2):65-68.
Huang Xianye, Xin Yong. Influence mechanism of process parameters on crystallization property of injection molding products[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(2):65-68.
- [10] 关兴举,张海波. 有限元分析在 ABS 控制面板模具设计中的应用[J]. 工程塑料应用,2018,46(5):57-62.
Guan Xingju, Zhang Haibo. Application of finite element analysis in abs control panel mold design[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(5):57-62.
- [11] 吴晓兰,黄继忠,颜许,等. 熔接结构与工艺对 PMMA 双色注塑熔接状态的影响[J]. 工程塑料应用,2021,49(3):47-52.
Wu Xiaolan, Huang Jizhong, Yan Xu, et al. Effects of fusion structure and injection parameters on PMMA fusion status of bi-color injection[J]. Engineering Plastics Application, 2021, 49(3):47-52.
- [12] 刘斌,吴茜. 注塑模具随形冷却水道的设计方法与分析[J]. 工程塑料应用,2017,45(8):123-128.
Liu Bin, Wu Xi. Analysis and design method of conformal cooling channel of injection mould[J]. Engineering Plastics Application, 2017, 45(8):123-128.
- [13] 周慧兰,周新建,王研婷. 基于 UG 二次开发注塑模冷却水路快速设计 CAD 系统[J]. 工程塑料应用,2017,46(1):62-65.
Zhou Huilan, Zhou Xinjian, Wang Yanting. Rapid design CAD system of cooling water channel for injection mould based on UG development technology[J]. Engineering Plastics Application, 2017, 46(1):62-65.
- [14] 吴军,蔡建臣. 基于 Moldflow 的 PUR 车轮注塑工艺参数优化[J]. 工程塑料应用,2018,46(6):56-59.
Wu Jun, Cai Jianchen. Parameters optimization of injection molding process of PUR wheel based on moldflow[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(6):56-59.
- [15] 蔡厚道. 正交设计与响应面法在空气滤清器盖注塑工艺优化中的应用和比较[J]. 中国塑料,2017,31(2):88-93.
Cai Houdao. Comparative investigation on orthogonal design and response surface method for injection molding process optimization of air filter covers[J]. China Plastics, 2017, 31(2):88-93.
- [16] 单春燕,张凯,龙丽娟,等. 聚丙烯/磷石膏复合材料性能[J]. 工程塑料应用,2020,48(12):11-15.
Shan Chunyan, Zhang Kai, Long Lijuan, et al. The properties of PP / phosphogypsum composites[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(12):11-15.