

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2025.03.017

新能源汽车用防擦条翘曲量田口试验及验证

黄可, 邹华杰, 许喆, 许晨晨, 强宇汉, 陈国翔

(常州机电职业技术学院, 江苏常州 213164)

摘要: 对某型号新能源汽车前防擦条进行结构分析, 根据熔体流长比采用3浇口充填方案, 通过Moldflow 2024模流分析软件获得了浇口最佳位置及其充填区域, 同时进行了其他成型方案设计, 发现利用软件推荐工艺参数成型的制品最大翘曲量达到17.16 mm。以获得较低翘曲量的制品为研究目标, 构建8因素3水平田口试验。利用翘曲量平均值分析及极差分析, 获得各因素及各水平对制品翘曲量的定量影响, 得到了最优工艺参数组合, 发现在该组合下成型的制品最大翘曲量较推荐工艺参数下制品最大翘曲量降低了37.94%。根据最优工艺参数组合, 设置熔体温度为235 °C、注射压力为110 MPa、A'处浇口宽度为50 mm、B'处浇口宽度为50 mm、C'处浇口宽度为40 mm、定模水路直径为18 mm、动模水路直径为12 mm、隔水管直径为18 mm, 通过实际注塑进行试验验证, 发现成型后的制品没有发生明显翘曲, 验证了田口试验方法及结果的准确性。

关键词: 防擦条; 熔体温度; 注射压力; 浇口宽度; 定模水路直径; 动模水路直径; 隔水管直径

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2025)03-0127-06

Taguchi test and verification of warpage of anti-scratch strip for new energy vehicles

HUANG Ke, ZOU Huajie, XU Zhe, XU Chencheng, QIANG Yuhang, CHEN Guoxiang

(Changzhou Vocational Institute of Mechatronic Technology, Changzhou 213164, China)

Abstract : The structure analysis of the front anti-scratch strip of a certain model of new energy vehicle was carried out. Three gates filling scheme was obtained based on the melt flow length ratio. The optimal gate positions and filling areas were obtained by the Moldflow 2024 mold flow analysis software, and other molding schemes were also designed. It was found that the maximum warpage of the product reached 17.16 mm when the product was molded by using the process parameters recommended by the software. In order to obtain products with lower warpage as the research goal, the Taguchi test with 8 factors and 3 levels was constructed. By means of average analysis and range analysis of warpage, the quantitative influence of each factor and each level on the warpage of the product was obtained and the optimal combination of process parameters was gained. The results show that the maximum warpage of the product molded with the optimal combination is reduced by 37.94% compared with that under the recommended parameters. According to the optimal combination of process parameters, the melt temperature is 235 °C, the injection pressure is 110 MPa, gate width at A' is 50 mm, gate width at B' is 50 mm, gate width at C' is 40 mm, water circuit diameter of fixed mould is 18 mm, water circuit diameter of moving mould is 12 mm, and riser diameter is 18 mm, then the test verification was conducted by actual injection molding. It is found that the molded products do not have obvious warpage, which verifies the accuracy of Taguchi test method and results.

Keywords : anti-scratch strip ; melt temperature ; injection pressure ; gate width ; water circuit diameter of fixed mould ; water circuit diameter of moving mould ; riser diameter

随着我国产业结构迭代升级, 新能源汽车行业发展迅猛, 每款车型都需要大量的注塑制品, 这些

制品应满足使用要求并能快速交付, 因而需要对制品的成型工艺进行优化。诸多学者对汽车用注塑

基金项目: 江苏高校“青蓝工程”中青年学术带头人(苏教师函[2024]14号)

通信作者: 黄可, 高级实验师, 主要从事模具设计研究

收稿日期: 2025-01-18

引用格式: 黄可, 邹华杰, 许喆, 等. 新能源汽车用防擦条翘曲量田口试验及验证[J]. 工程塑料应用, 2025, 53(3): 127-132.

HUANG Ke, ZOU Huajie, XU Zhe, et al. Taguchi test and verification of warpage of anti-scratch strip for new energy vehicles[J]. Engineering Plastics Application, 2025, 53(3): 127-132.

制品的成型优化过程进行了研究,如印磊等^[1]针对汽车外饰薄壁零件生产中的多个工艺目标优化难题进行了研究;汪健等^[2]通过综合加权评分对后防擦条内板翘曲量及缩痕指数进行加权,进行了数值模拟及试验验证;陈普信等^[3]以某汽车电池外壳为研究对象,有效解决了薄壁塑件易于翘曲变形的质量问题。

防擦条作为汽车的一个外部零件,在车辆行驶过程中,易存在无法与车身保持贴合的问题,因而需要找到问题的原因并通过成型工艺优化加以解决。

笔者以某型号新能源汽车前防擦条为研究对象,以获得较低翘曲量制品为研究目标,在 Moldflow 2024 模流分析软件中进行数值模拟,通过田口试验并结合均值分析及极差分析,获得最优成型工艺参数,最后进行试验验证。

1 前防擦条结构分析

某型号新能源汽车用前防擦条如图1所示。防擦条整体呈流线型,以最大限度降低汽车风阻,在汽车受到轻微撞击时起到缓冲减震及防刮花作用;防擦条成对使用,分别位于前车门左右两侧,也起到装饰美观作用^[4]。制品前端宽度为138 mm,尾端宽度为198 mm,长度为980 mm;制品最大壁厚为4.2 mm,最薄壁厚为1.5 mm,平均壁厚为2.5 mm。设置合适的模具结构,使用优化后的注塑工艺参数,可获得低翘曲量的制品;制品成型后经烤漆处理,通过制品中间的2个螺纹柱,可使制品紧紧贴合在前车门两侧^[5-7]。

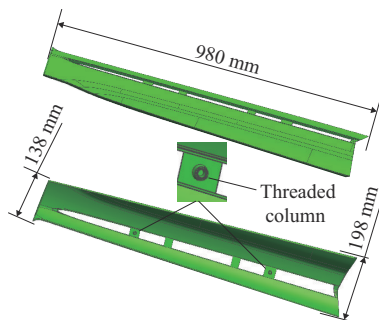


图1 前防擦条产品结构

Fig. 1 Front anti-scratch strip product structure

防擦条材料选用上海普利特复合材料股份有限公司生产的牌号为3450的丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)。该材料具有高耐热、高抗冲、低散发及优异的低温性能,其密度为1.06 g/cm³,拉伸强度为48 MPa,弯曲强度为70 MPa,热变形温度为87℃,

23℃缺口冲击强度为14 kJ/m², -30℃缺口冲击强度为8 kJ/m²。

2 成型方案设计

2.1 浇口数量及浇口位置确定

在NX2406三维设计软件中,对防擦条三维模型进行修补破面等技术处理,输出为IGS格式;将IGS格式文件输入至CAD doctor模型优化软件中,对模型进行缝合边、调整圆角等技术处理,直至获得完美模型,输出为udm格式;将udm格式文件输入至Moldflow 2024模流分析软件中,对模型进行网格划分,获得匹配率92.6%的双层面网格。由制品外形尺寸可知,若设置单浇口方案充填,则极限流长比达380,与极限流长比不高于150的业内标准冲突,遂设置3个浇口充填方案^[8-9]。

在Moldflow 2024模流分析软件中设置“浇口位置”分析序列,在工艺设置向导中,浇口数量设为“3”,所得模拟结果如图2a所示,最适宜设置的浇口位置,分别用A,B,C表示。观察发现,这3个位置基本位于制品外表面,易造成外表面缺陷,故需要

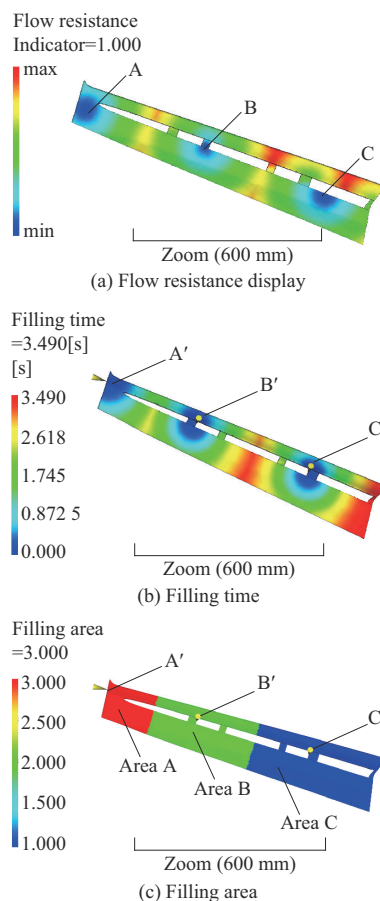


图2 浇口位置分析

Fig. 2 Gate location analysis

将A,B,C位置进行微调,使熔体侧向进胶,且所设浇口位置仍位于推荐范围内,调整后的浇口位置为A',B',C',如图2b所示,选择“快速充填”分析序列,熔体能够填满制品,浇口位置设置合适。每个浇口的充填区域如图2c所示,因没有具体设置浇口形状,各浇口进胶量一定,各区域边界规则^[10]。

2.2 型腔布局及热流道设置

型腔布局将决定模具的结构设计。型腔应以中心对称,保证注塑机注塑过程中导柱受力均衡,避免因型腔不对称导致的胀模及制品飞边缺陷。本制品呈“长条形”,且需3个浇口充填,“一模一腔”无法做到型腔以中心点对称且流道等长,故设置了“一模两腔”布局,具体如图3所示。确定热流道出口大概位置,便于后续的热流道选型,熔体经热流道针阀射出;在模仁上开设冷流道,将高温熔体导入型腔,实现制品充填^[11]。

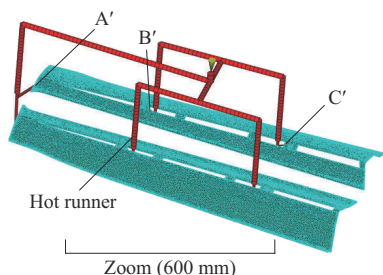


图3 型腔布局

Fig. 3 Cavity layout

根据所设计热流道位置,进行产品选型,选择柳道万和(苏州)热流道系统有限公司的Tina AM 18 VVS型号热流道,具体如图4所示。选对应规格浇口套,连接注塑机喷嘴及热流道,因中心浇口至各热流道出口不等长,采用热流道出口控制,使5个针阀浇口同步充填,最大程度保证5股熔体熔接时,熔体状态一致^[12]。

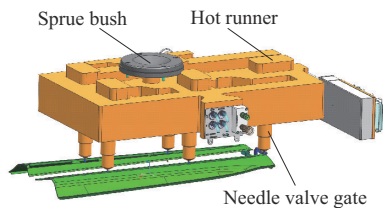


图4 热流道设置

Fig. 4 Hot runner setting

2.3 冷却水路设置

保压阶段的制品冷却在整个成型过程中尤为重要,耗时也最长,直接影响成型周期及制品质量。熔融料流遇冷凝结,若制品各向冷却不均,则分子

链朝温度较低的一侧发生取向,形成内应力,待成型完成后,内应力释放,使制品发生翘曲变形^[13]。

结合模具型腔整体布局,设计动、定模冷却水路,具体如图5所示。定模侧避开热流道针阀浇口,设计3条串联水路,水路中心距制品表面25 mm,水管直径经后续优化后确定,通过调整冷却介质类型及冷却水流速,获得定模的整体冷却效果。动模侧冷却水路设计相对复杂,需留足顶杆及斜顶等设计空间,采用冷却水路串联隔水管形式设计,隔水管内有冷却水单向回路,能够快速带走热量,冷却水路直径及隔水管直径经后续优化后确定,冷却水路中心线距制品表面80 mm,隔水管顶端至制品表面距离随制品轮廓波动,控制在20 mm。设计模具时,根据实际需要,隔水管可以作纵向移动,避开功能件,避免碰穿。

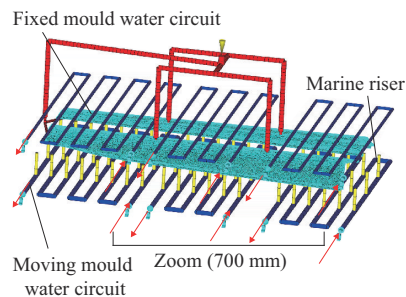


图5 冷却水路设置

Fig. 5 Cooling water circuit setting

3 工艺参数预设置

根据以上成型方案,对制品成型过程进行数值模拟。工艺参数选用软件推荐值;流道及浇口选择圆形流道及矩形浇口;冷却系统选择等径管道,直径为10 mm。所得制品翘曲量分布如图6所示,最大翘曲量为17.16 mm,无法保证防擦条在车辆行驶过程中与车身保持贴合,不符合使用要求,需进行工艺参数优化。

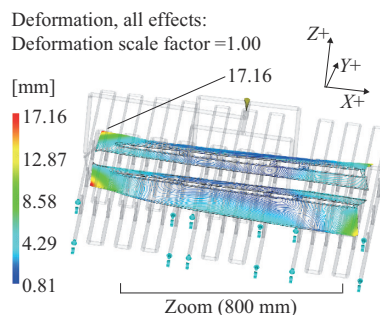


图6 推荐工艺参数下制品翘曲量分布

Fig. 6 Product warpage distribution under recommended process parameters

4 工艺参数优化及田口试验构建

影响制品翘曲的因素繁多^[14-15]。熔体温度反映了聚合物分子链运动活力,温度过高则易导致聚合物降解;温度过低则会使聚合物熔体的流动性变差,熔接性能降低,易产生熔接痕。除了在热流道内设置恰当的熔体温度外,熔体进入型腔后的温度仍会有较大波动:熔体流经开阔型腔,与模具热交换导致熔体温度降低;熔体流经浇口或型腔狭窄处,在注射压力作用下,料流“剪切变稀”而温度升高。

为了浇口便于切除凝料且保证充填效率,设置浇口厚度为0.25 mm,因潜伏浇口厚度较薄,故将浇口设计为方形;浇口宽度影响了3股料流的充填范围,从而决定了熔体的熔接位置,A',B',C'处的浇口宽度需经充分验证后获得。

影响制品翘曲的主要因素为模具的冷却系统,因动、定模冷却水路设置不一致,冷却效果有待进一步验证,定模水路直径、动模水路直径、隔水管直

径均需充分验证后确定。

综上,以获得较低翘曲量的制品为研究目标,选取熔体温度(D)、注射压力(E)、A'处浇口宽度(F)、B'处浇口宽度(G)、C'处浇口宽度(H)、定模水路直径(I)、动模水路直径(J)、隔水管直径(K)为研究因素,构建8因素3水平的田口试验。参照工程实际,并结合塑料性能及模具特性,设置各因素的水平值,具体见表1。田口试验方案及每组参数组合下的制品翘曲量见表2。

表1 田口试验因素水平表

Tab. 1 Factors and levels in Taguchi test

Levels	Factors							
	$D/^{\circ}\text{C}$	E/MPa	F/mm	G/mm	H/mm	I/mm	J/mm	K/mm
1	230	70	30	30	30	12	12	12
2	235	90	40	40	40	15	15	15
3	240	110	50	50	50	18	18	18

Notes: D is melt temperature; E is injection pressure; F is gate width at A'; G is gate width at B'; H is gate width at C'; I is water circuit diameter of fixed mould; J is water circuit diameter of moving mould; K is riser diameter.

表2 田口试验方案及结果

Tab. 2 Taguchi test scheme and results

Serial number	Factors and levels								W_m/mm
	D	E	F	G	H	I	J	K	
1	$D1(230)$	$E1(70)$	$F1(30)$	$G1(30)$	$H1(30)$	$I1(12)$	$J1(12)$	$K1(12)$	12.68
2	$D1(230)$	$E1(70)$	$F1(30)$	$G1(30)$	$H2(40)$	$I2(15)$	$J2(15)$	$K2(15)$	13.05
3	$D1(230)$	$E1(70)$	$F1(30)$	$G1(30)$	$H3(50)$	$I3(18)$	$J3(18)$	$K3(18)$	13.69
4	$D1(230)$	$E2(90)$	$F2(40)$	$G2(40)$	$H1(30)$	$I1(12)$	$J1(12)$	$K2(15)$	12.58
5	$D1(230)$	$E2(90)$	$F2(40)$	$G2(40)$	$H2(40)$	$I2(15)$	$J2(15)$	$K3(18)$	12.85
6	$D1(230)$	$E2(90)$	$F2(40)$	$G2(40)$	$H3(50)$	$I3(18)$	$J3(18)$	$K1(12)$	13.87
7	$D1(230)$	$E3(110)$	$F3(50)$	$G3(50)$	$H1(30)$	$I1(12)$	$J1(12)$	$K3(18)$	11.96
8	$D1(230)$	$E3(110)$	$F3(50)$	$G3(50)$	$H2(40)$	$I2(15)$	$J2(15)$	$K1(12)$	11.38
9	$D1(230)$	$E3(110)$	$F3(50)$	$G3(50)$	$H3(50)$	$I3(18)$	$J3(18)$	$K2(15)$	12.58
10	$D2(235)$	$E1(70)$	$F2(40)$	$G3(50)$	$H1(30)$	$I2(15)$	$J3(18)$	$K1(12)$	12.59
11	$D2(235)$	$E1(70)$	$F2(40)$	$G3(50)$	$H2(40)$	$I3(18)$	$J1(12)$	$K2(15)$	12.83
12	$D2(235)$	$E1(70)$	$F2(40)$	$G3(50)$	$H3(50)$	$I1(12)$	$J2(15)$	$K3(18)$	13.25
13	$D2(235)$	$E2(90)$	$F3(50)$	$G1(30)$	$H1(30)$	$I2(15)$	$J3(18)$	$K2(15)$	13.61
14	$D2(235)$	$E2(90)$	$F3(50)$	$G1(30)$	$H2(40)$	$I3(18)$	$J1(12)$	$K3(18)$	11.13
15	$D2(235)$	$E2(90)$	$F3(50)$	$G1(30)$	$H3(50)$	$I1(12)$	$J2(15)$	$K1(12)$	12.62
16	$D2(235)$	$E3(110)$	$F1(30)$	$G2(40)$	$H1(30)$	$I2(15)$	$J3(18)$	$K3(18)$	12.84
17	$D2(235)$	$E3(110)$	$F1(30)$	$G2(40)$	$H2(40)$	$I3(18)$	$J1(12)$	$K1(12)$	12.23
18	$D2(235)$	$E3(110)$	$F1(30)$	$G2(40)$	$H3(50)$	$I1(12)$	$J2(15)$	$K2(15)$	13.25
19	$D3(240)$	$E1(70)$	$F3(50)$	$G2(40)$	$H1(30)$	$I3(18)$	$J2(15)$	$K1(12)$	13.29
20	$D3(240)$	$E1(70)$	$F3(50)$	$G2(40)$	$H2(40)$	$I1(12)$	$J3(18)$	$K2(15)$	12.89
21	$D3(240)$	$E1(70)$	$F3(50)$	$G2(40)$	$H3(50)$	$I2(15)$	$J1(12)$	$K3(18)$	12.68
22	$D3(240)$	$E2(90)$	$F1(30)$	$G3(50)$	$H1(30)$	$I3(18)$	$J2(15)$	$K2(15)$	11.93
23	$D3(240)$	$E2(90)$	$F1(30)$	$G3(50)$	$H2(40)$	$I1(12)$	$J3(18)$	$K3(18)$	12.63
24	$D3(240)$	$E2(90)$	$F1(30)$	$G3(50)$	$H3(50)$	$I2(15)$	$J1(12)$	$K1(12)$	13.02
25	$D3(240)$	$E3(110)$	$F2(40)$	$G1(30)$	$H1(30)$	$I3(18)$	$J2(15)$	$K3(18)$	12.57
26	$D3(240)$	$E3(110)$	$F2(40)$	$G1(30)$	$H2(40)$	$I1(12)$	$J3(18)$	$K1(12)$	12.65
27	$D3(240)$	$E3(110)$	$F2(40)$	$G1(30)$	$H3(50)$	$I2(15)$	$J1(12)$	$K2(15)$	12.99

Note: W_m is maximum warpage of product.

8因素3水平的全试验次数为 3^8 (6 561)次,而根据表2,经过27次试验,可以大致获得各因素及各水平对翘曲量影响的程度。将各因素相同水平下的翘曲量求和,并获得平均值及极差,具体见表3,从表3看出,对制品翘曲量影响由强到弱的因素依次为C'处浇口宽度、动模水路直径、注射压力、B'处浇口宽度、A'处浇口宽度、隔水管直径、定模水路直径、熔体温度。

表3 均值响应及极差表

Tab. 3 Mean response and range table

Level	Factors							
	D	E	F	G	H	I	J	K
1	12.74	12.99	12.81	12.78	12.67	12.72	12.46	12.70
2	12.71	12.69	12.91	12.94	12.40	12.78	12.69	12.86
3	12.74	12.49	12.46	12.46	13.11	12.68	13.04	12.62
Range	0.03	0.50	0.45	0.48	0.71	0.10	0.58	0.24
Rank	8	3	5	4	1	7	2	6

将表3中各因素不同水平下制品的翘曲量平均值进行绘制,具体如图7所示,图7中同一因素下翘曲量平均值最低的水平即为最优水平,即D2E3F3G3H2I3J1K3组参数为最优工艺参数组合,但该组参数不在表2内,对比第14组工艺参数,注射压力和B'处浇口宽度发生了变化,需对该组参数重新进行数值模拟。

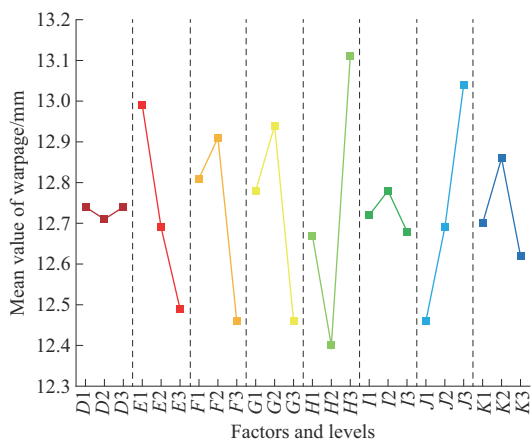


图7 各因素不同水平下的翘曲量平均值

Fig. 7 Warpage mean values of each factor under different levels

将注射压力设置为110 MPa,B'处浇口宽度设置为50 mm,其余工艺参数与第14组参数保持一致,得到经A',B',C'浇口处充填区域分布情况如图8所示,经A'浇口处熔体体积为制品总量的38%;经B'浇口处熔体体积为制品总量的29%;经C'浇口处熔体体积为制品总量的33%。所得制品翘曲量分布如图9所示,最大翘曲量为10.65 mm,较

软件推荐工艺参数下制品最大翘曲量降低了37.94%,能够保证防擦条在车辆行驶过程中与车身保持贴合,验证了极差分析的科学性,佐证了数值分析软件的分析结果准确性。

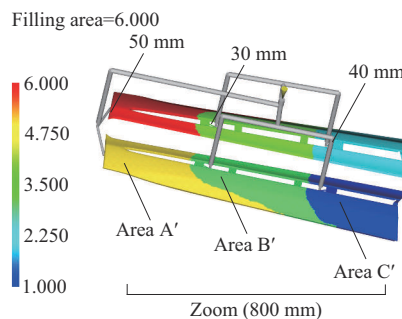


图8 最优工艺参数组合下各充填区域分布

Fig. 8 Distribution of each filling area under optimal combination of process parameters

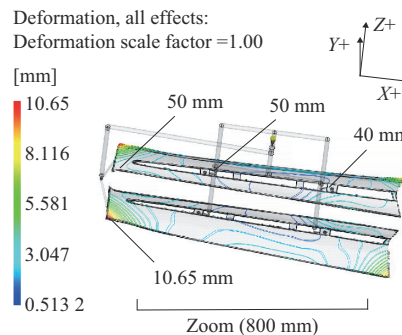


图9 最优工艺参数组合下制品翘曲量分布

Fig. 9 Product warpage distribution under optimal combination of process parameters

5 试验验证

将牌号为3450的ABS塑料粒子放置在90℃的烘箱内,干燥3 h,然后进行注塑,制备实际的防擦条制品。采用上述最优工艺参数组合,设置注塑工艺参数为熔体温度235℃、注射压力110 MPa、A'处浇口宽度50 mm、B'处浇口宽度50 mm、C'处浇口宽度40 mm、定模水路直径18 mm、动模水路直径12 mm、隔水管直径18 mm。试验模具如图10所示。冷却水路通过集水排采用并联方式连接,保证各水路进口温度一致。

成型后的防擦条制品如图11所示,制品表面光泽均匀,没有熔接痕,制品最大翘曲量为8.52 mm,考虑制品的长度接近1 m,可以视为没有发生明显翘曲,这说明各充填区域和浇口位置设置合理,动、定模冷却温度与制品冷却速率相当,同时也验证了田口试验方法及最优结果的准确性。

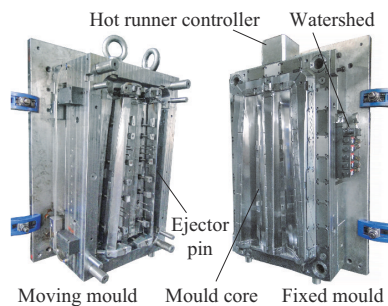


图10 试验模具

Fig. 10 Test mould



图11 成型后的防擦条制品

Fig. 11 Finished anti-scratch strip product

6 结论

(1)对某型号新能源汽车用前防擦条进行了结构分析和成型方案设计。根据熔体流长比获得浇口数量,在Moldflow 2024模流分析软件中进行数值模拟并获得了浇口最佳位置及其充填区域;为了使型腔以中心点对称且流道等长,设置“一模两腔”布局。

(2)以获得较低翘曲量的制品为研究目标,选取熔体温度、注射压力、A'处浇口宽度、B'处浇口宽度、C'处浇口宽度、定模水路直径、动模水路直径、隔水管直径为研究因素,构建8因素3水平田口试验。利用翘曲量平均值分析及极差分析,获得了各因素及各水平对制品翘曲量的定量影响,得到D2E3F3G3H2I3J1K3组参数为最优工艺参数组合,在该组合下的制品最大翘曲量较软件推荐工艺参数下制品最大翘曲量降低了37.94%。

(3)在最优工艺参数组合下进行了试验验证。发现实际成型后制品表面光泽均匀,没有熔接痕,未发生明显翘曲,验证了数值模拟及田口试验方法与结果的可靠性。

参考文献

- [1] 印磊,苏小平,潘杰.基于NCGA的汽车外饰件注塑成型工艺参数多目标优化[J].塑料工业,2024,52(8):95-100,164.
YIN Lei, SU Xiaoping, PAN Jie. Multi-objective optimizations of the injection molding process parameters for automotive exterior parts based on NCGA[J]. China Plastics Industry, 2024, 52(8): 95-100, 164.
- [2] 汪健,叶星,李兵兵,等.基于综合加权评分的后防擦条内板注塑

参数多目标优化[J].塑料,2024,53(1):172-177.

- WANG Jian, YE Xing, LI Bingbing, et al. Multi-objective optimization of injection molding parameters of rear strip inner plate based on comprehensive weighted score[J]. Plastics, 2024, 53(1): 172-177.
- [3] 陈普信,陈海明,韩皓.基于正交试验的汽车电池外壳注塑成型工艺优化[J].合成树脂及塑料,2024,41(4):43-47.
CHEN Puxin, CHEN Haiming, HAN Hao. Optimization for injection molding process of automobile battery shell based on orthogonal experiment[J]. China Synthetic Resin and Plastics, 2024, 41(4): 43-47.
- [4] 赵秀君,吴迪,张晗,等.基于灰色关联和熵权法的收纳箱外框注塑成型多目标工艺优化[J].塑料工业,2024,52(12):68-75.
ZHAO Xiujun, WU Di, ZHANG Han, et al. Multi-objective process optimizations of injection molding for storage box frames based on grey correlation analysis and entropy weight method[J]. China Plastics Industry, 2024, 52(12): 68-75.
- [5] 戴宗豫,马蒙.空调出风口支架复合抽芯机构注塑模具设计[J].工程塑料应用,2024,52(2):109-115.
DAI Zongyu, MA Meng. Composite core-pulling mechanism and injection mould design for an air outlet holder of air conditioner[J]. Engineering Plastics Application, 2024, 52(2): 109-115.
- [6] 周俊杰,陈秋凡,冯文,等.基于Moldflow的排水泵过滤网注塑工艺优化与模具设计[J].工程塑料应用,2024,52(1):109-115.
ZHOU Junjie, CHEN Qiufan, FENG Wen, et al. Injection molding process optimization and mold design of drainage pump filter based on Moldflow[J]. Engineering Plastics Application, 2024, 52(1): 109-115.
- [7] 黄继战,范玉,肖根先.温控器面壳注塑模具设计[J].工程塑料应用,2023,51(10):118-124.
HUANG Jizhan, FAN Yu, XIAO Genxian. Design of injection mould for temperature controller shell[J]. Engineering Plastics Application, 2023, 51(10): 118-124.
- [8] 姜艳华,徐莉莉.基于Moldflow的管道分路器注塑成型工艺翘曲优化分析[J].塑料科技,2024,52(8):113-116.
LOU Yanhua, XU Lili. Optimization analysis of warping of injection molding process of pipeline distributor based on moldflow[J]. Plastics Science and Technology, 2024, 52(8): 113-116.
- [9] 林颖,胡光良,王笑生,等.基于Moldflow探究孔型结构对熔接线质量的影响及案例解析[J].塑料工业,2024,52(7):105-111,118.
LIN Ying, HU Guangliang, WANG Xiaosheng, et al. Influence of hole structures on welding line quality based on moldflow and case analysis[J]. China Plastics Industry, 2024, 52(7): 105-111, 118.
- [10] 谷婷婷,王星星,张庆祺,等.基于灰色关联-熵权法的置物架注塑工艺参数多目标优化[J].塑料工业,2024,52(12):96-102.
GU Tingting, WANG Xingxing, ZHANG Qingzhen, et al. Multi-objective optimizations of shelf injection molding process parameters based on the grey correlation-entropy weight method[J]. China Plastics Industry, 2024, 52(12): 96-102.

(下转第159页)