

[文章编号] 1003-4684(2020)04-0052-03

动态注塑成型模具的设计与实验研究

黄 晶, 周细枝, 周业望

(湖北工业大学机械工程学院, 湖北 武汉 430068)

[摘 要] 为进一步增强复合纤维材料的力学性能,基于复合纤维材料的非牛顿流体流动理论,设计一种使复合纤维材料的纤维在注塑生产时能够趋于定向分布的动态注塑模具,并对该动态注塑的原理进行论述。拉伸实验证明,动态注塑模具生产制造的塑件,其力学性能优于传统注塑模具生产的塑件;通过对两种注塑模具生产的塑件横断截面的观察分析,相比于传统注塑模具生产的塑件,动态注塑模具生产的塑件,其纤维的定向化程度更高,与动态注塑原理相吻合,验证了动态注塑成型的可行性。

[关键词] 非牛顿流体流动理论; 复合纤维材料; 动态注塑成型

[中图分类号] TH145 [文献标识码] A

复合纤维材料中的纤维沿着同一方向高度分布时,能使复合纤维材料在该方向上拥有优异的机械性能。然而在注塑成型过程中,复合纤维材料的纤维取向分布具有较大随机性,使产品性能差异较大。基于上述原因,通过对非牛顿流体 hele-shaw 流动理论的研究分析,设计出一种动态注塑模具来解决复合材料纤维分布随机性较大的问题,并设置实验对样本的性能和纤维组织分布进行分析研究,从实验角度验证注塑模具的优越性。

1 动态注塑模具设计

1.1 动态注塑模具设计原理

根据复合纤维材料的非牛顿流体 hele-shaw 流动理论,注塑时,流体通过主流道与分流道进入模腔的过程中受到摩擦力的影响,速度方向会发生改变,在侧壁附近的纤维将趋于平行侧壁。而在流体流动渠道中央,纤维的取向分布是随机的。因此通过注塑成型得到的试件,在试件表面区域纤维的分布会高度定向(模腔的边界层),但在模腔中心区域(中心层),横截面上纤维是随机的,方向分布是杂乱的(图 1)^[1-3]。

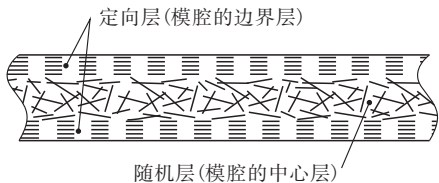


图 1 纤维分布

由此得出,模腔厚度会对纤维定向层的分布产生影响。通过控制模腔的厚度,既给予一个初始型腔厚度,并在注射成型过程中设置活动型芯以实现型腔厚度随注射量的逐步增大而增大,直至达到型腔厚度的最终尺寸(即该注塑模具生产塑件的厚度尺寸),以此实现纤维定向层分布增大、随机层分布减少的目的,从而增强注塑产品的机械性能^[4]。

1.2 动态注塑模具

图 2 为动态注塑模具的可活动式型芯。可活动式型芯与弹簧相连,通过弹簧限定型腔的初始厚度,注射压力推动活动型芯向定模方向运动,直至与定模板紧密贴合,达到最终型腔尺寸。

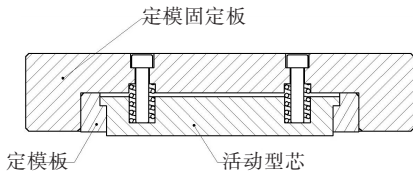
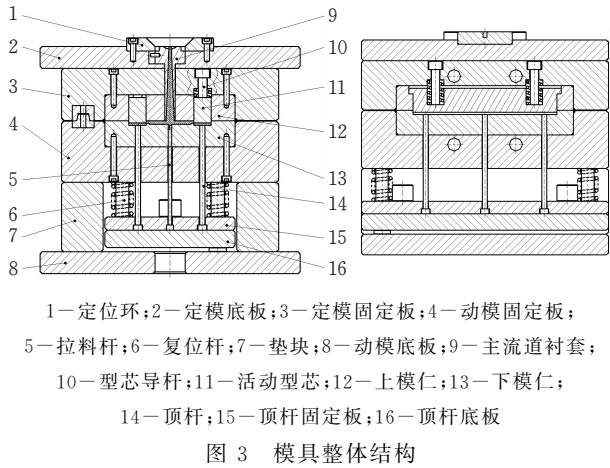


图 2 可活动式型芯结构

图 3 为动态注塑模具整体结构。动态注塑过程:合模后,活动型芯 11 在弹簧的推动作用下进入型腔中,并保留一定初始型腔厚度,另一侧则与定模固定板 3 紧密相连;注塑机固定在定位环 1,紧接着开始注塑,熔融料从喷嘴处通过主流道衬套 9 注射进入型腔中;在初始型腔被充满以后,活动型芯 11 会在注塑压力的作用下开始逐渐向定模方向移动,直至与定模固定板 3 紧密接触,达到试件所需的最大型腔尺寸,经过一定时间保压和冷却,完成注塑阶段;注塑完毕,由顶杆 14 将试件顶出,此时凝料也在

拉料杆 5 的作用下被一同顶出,取出试件,在复位杆 6 的推力作用下顶杆固定板 15 和顶杆底板 16 回复原位,同时活动型芯 11 也在弹簧力的作用下回复原位。一个周期就此结束^[5]。



2 动态注塑模具实验研究

实验所选复合纤维材料为改性聚己二酰己二胺(含 30% 高模量玻璃纤维),以尼龙-66 作为基体材料,玻璃纤维作为增强材料。注塑机为卧式注塑机,型号为 *hs-120*。

将设计的动态注塑模具加工、装配完成后,装夹到注塑机上,通过前期的 CAE 模拟结果,得到最佳注塑工艺参数(表 1)。设置好参数后,通过注塑成型得到了相应的标准拉伸试件。传统注塑成型中则是没有初始型腔厚度这一参数设定。在制备传统注塑成型试样中,要保证其除初始型腔厚度以外工艺参数的一致性,以确保实验结果具有对比性。实验样本如图 4 所示。

表 1 动态注塑成型最佳工艺参数

因素水平	数值
初始型腔厚度/mm	2
模具温度/℃	115
熔体温度/℃	300
注射时间/s	2.2
注射压力/MPa	120



图 4 标准拉伸试件

2.1 复合纤维材料机械性能分析

2.1.1 实验设备 设备为万能拉伸试验机,型号为 UTM5108,其性能如表 2 所示。

表 2 电子万能试验机参数

项目	技术参数
最大试验力/kN	100
精确度等级	0.5
电压/V	380
功率/kW	1.5
测试行程/mm	900
位移分辨率/mm	0.001

2.1.2 实验数据记录 试验机 UTM5108 与电脑相连接,绘制出应力-应变曲线(图 5),图 5 中左侧三组曲线为传统注塑试样曲线,右侧三组为动态注塑试样曲线^[6-7]。

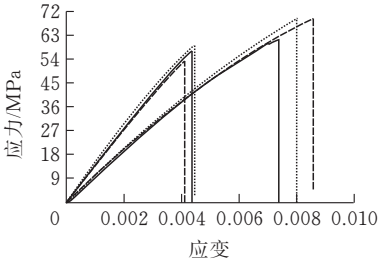


图 5 试件应力应变曲线

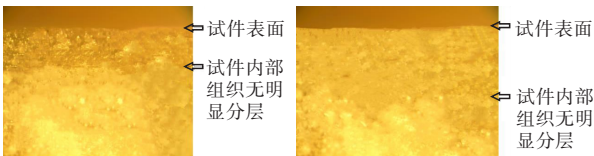
从图 5 可见,动态注塑成型试样的应力应变峰值均明显高于传统注塑成型试样。在保证实验的单一变量前提下,实验数据得出的应力应变曲线图说明了基于模腔流体理论而设计的动态注塑成型模具能够增强塑件的力学性能,提高塑件强度。

2.2 复合纤维材料横断截面分析

从拉伸实验中可以看到,相比于传统注塑生产的塑件,动态注塑生产的塑件,其力学性更加优异。为进一步研究其力学性能的增强是否与塑件的纤维取向分布相关,从而验证动态注塑模具原理的可行性,还需对其横断截面进行观察。

2.2.1 实验设备 偏光显微镜一台,型号为 HPL-18,用做观察复合纤维材料横断截面的组织样本^[8-10]。

2.2.2 断面实验分析 动态注塑成型是为了实现增加纤维定向层的分布,减少随机层的分布,通过偏光显微镜能够更加直观地看到动态注塑成型和传统注塑成型两种塑件纤维的分布情况(图 6)。



(a) 传统注塑成型 (b) 动态注塑成型

图 6 两种塑件横断截面

从图 6 可见,传统注塑成型试样的横断截面上纤维有明显分层现象,分布较不均匀,而动态注塑成型试样的横断截面上纤维无明显分层,分布较均匀。

显微镜观测结果验证了动态注塑模具的可行性。结合机械性能实验研究结果得出:动态注塑成型模具能够通过变型腔设计,在注塑过程中提高复合材料中纤维的定向化程度,得到具有优越性能的各向异性塑件,从而使得生产的塑件较传统注塑模具生产的塑件力学性能有明显增强。

3 结 论

通过机械性能实验得出,相比于传统注塑成型试样,动态注塑模具生产的塑件,其力学性能有明显增强,证明了动态注塑成型技术的优越性;从显微镜观察实验得出,动态注塑模具生产的塑件,其纤维分布相比于传统注塑模具生产的塑件定向化程度更高。符合动态注塑模具原理,证明了动态注塑模具的可行性。

[参 考 文 献]

[1] 唐亦农,陈文芳.非牛顿流体在 Hele-Shaw 模型中的流

动[J].力学与实践,1989(3):26-30.

[2] 马兰. 注塑成型充填数值模拟中 Hele-Shaw 假设适用性分析[D].郑州:郑州大学,2010.

[3] 李文文,杨丽颖,王守仁,等.石墨烯增强 TiAl 自润滑复合材料的力学性能研究[J].机械强度,2019,41(5):1085-1089.

[4] 陈雄兵. 注射成型模腔中纤维取向数值模拟[D].北京:北京化工大学,2013.

[5] 张俊,张冰.基于 UG 的缓冲件注塑模具设计[J].塑料科技,2019,47(9):95-98.

[6] 张静华.自动电子万能试验机中自动拉伸试验及其数据处理[J].机械工业自动化,1981(1):38-45.

[7] 孙慧. 材料试验中试样夹持技术方法的研究[D].长春:吉林大学,2014.

[8] 由瑞.分析偏光显微镜照相在纺织品检验中的应用[J].轻工标准与质量,2016(1):58-59.

[9] 俞淑芳. 基于各向异性纳米材料偏光特性检测食品中重金属离子[D].长沙:中南林业科技大学,2019.

[10] 李永岚,汪晓蕾,王维民,等.组织工程学研究 中偏光显微镜的应用[J].实用美容整形外科杂志,1997(5):13-16.

Design and Experimental Study of Dynamic Injection Molding

HUANG Jing, ZHOU Xizhi, ZHOU Yewang

(School of Mechanical Engineering, Hubei Univ.of Tech., Wuhan 430068, China)

Abstract:Based on the theory of fiber composite flow, a dynamic injection mold for realizing the orientation distribution of composite fiber orientation is designed to enhance the performance of composite injection molding products. The mechanism of this dynamic injection mold is analyzed. The tensile test shows that the mechanical properties of the plastic components produced by the dynamic injection mold are superior to those produced by the traditional injection mold. The analysis of the lateral sections of the plastic parts produced by these two injection molds reveals that, compared to the plastic components produced by the traditional mold, those produced by the dynamic injection mold have a higher degree of fiber orientation and a better congruence of the dynamic injection theory. The feasibility of the dynamic injection molding is thus verified.

Keywords: Non-Newtonian Flow theory; fiber composite; dynamic injection molding

[责任编辑:张 众]