

本文基于Autodesk Moldflow, 通过正交试验方法, 考察对玻纤增强聚丙烯制品收缩的主要影响因素。通过均值分析, 找出影响最显著的因素, 确定最佳工艺组合, 为实际的生产 and 试验室研究提供了可靠的依据。

—王博

上海神州数码有限公司

注塑工艺参数和玻纤含量对聚丙烯制品收缩的影响

一、引言

玻纤增强塑料制品以其优越的强度和尺寸稳定性越来越受到人们的关注和研究, 工程塑料中玻纤增强塑料的比例日益增长^[1]。本文将基于Moldflow模拟分析^[2], 通过正交实验方法, 考察对玻纤增强聚丙烯制品收缩的主要影响因素。同时通过均值分析, 找出影响最显著的因素, 确定最佳的工艺组合。

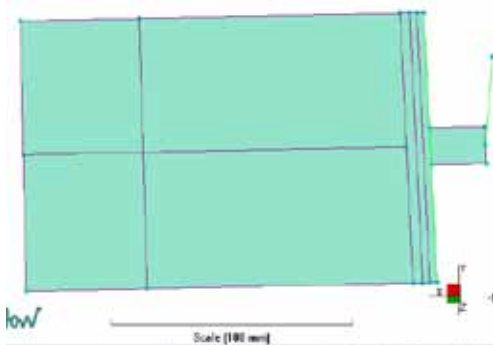
二、实验准备

2.1 试验材料

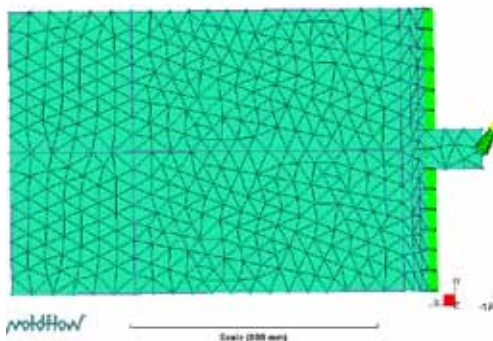
试验材料选择 A Schulman 的玻纤增强PP系列 (玻纤含量分别为10%、20%、30%)。

2.2 试验模型

试验制品为3D尺寸160 × 115 × 2mm的平板, Autodesk Moldflow中的建模采用中心面模型。为了获得较佳的流动模式, 在平板的边缘开有导流槽, 导流槽和制品之间为厚度0.35~2mm (变厚度)、宽度30mm的平板。图1b为其离散的几何模型, 三角单元网格总数为1836个, 满足Autodesk Moldflow对中心面网格的要求。



a) 划分网格前



b) 划分网格后

图1 模拟试验制品几何模型

2.3 试验方法

为了便于和注塑试验收缩测量结果进行比较, 现将模拟试验的几何模型横向 (垂直于流动方向) 距左边线50mm位置和纵向 (平行与流动方向) 中线位置分别作出标记 (如图1a)。

冷却水道前后各四条, 选用直流循环方式, 软管连接, 水路直径10mm。试验采用Cool+Flow+Shrink分析序列对制品的收缩性能进行模拟分析。

2.4 正交矩阵和因素、水平划分

采用L18 (3⁶) 正交矩阵对熔体温度、模具温度、注射时间、保压压力、保压时间和纤维含量等六个因素分三个水平进行模拟研究, 试验因素和水平的划分如表1所示。

表1 试验因素水平划分表

因素水平	熔体温度 A (C)	模具温度 B (C)	注射时间 C (s)	保压时间 D (s)	保压压力 E (Mpa)	纤维含量 F (%)
1	200	30	1.5	4	20	10%
2	220	50	2	6	30	20%
3	240	70	2.5	8	40	30%

三、试验结果和分析

由于Autodesk Moldflow的收缩结果输出只提供结点的横向和纵向收缩率的分布, 要计算两个方向的整体收缩量可以在两个方向上沿着标识线依次选取多个结点 (如图2所示), 分别找出这些结点对应的收缩率, 然后沿标识线进行线积分。

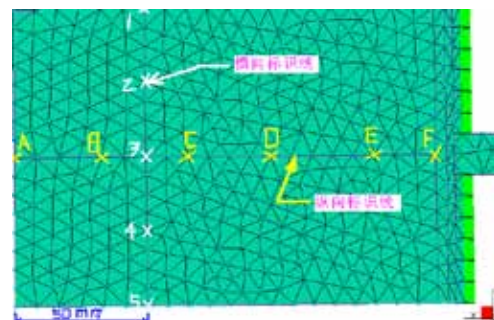


图2 测量标识 (“x” 标识结点选取)

3.1 试验结果

由模拟结果, 可得到制品横向和纵向的收缩量分别如表2、表3所示。

表 2 制品横向收缩模拟结果

试验编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
收缩量 (mm)	1.686	1.288	1.11	1.15	1.55	1.41	1.326	1.084	1.611
试验编号	10	11	12	13	14	15	16	17	18
收缩量 (mm)	1.267	1.12	1.58	1.17	1.69	1.31	1.57	1.327	1.03

表 3 制品纵向收缩模拟结果

试验编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
收缩量 (mm)	1.992	1.509	1.332	1.273	1.992	1.851	1.626	1.52	1.997
试验编号	10	11	12	13	14	15	16	17	18
收缩量 (mm)	1.5	1.22	1.992	1.402	1.992	1.54	1.997	1.68	1.315

3.2 信噪比分析

Taguchi方法不仅可以生成制品质量随各个影响因素变化的响应图，还可以采用统计信噪比 (S/N) 估计各个因子对整体测量结果的相对贡献^[3]。

选取“Smaller-the-Best”(目标值越小越优)对应的信噪比计算公式，分别求出制品横向和纵向收缩量的S/N比，结果如表4和5所示。

表 4 制品横向收缩模拟信噪比

试验编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
S/N(dB)	-2.67536	-2.88331	-2.30796	-2.97321	-2.47482	-2.06738	-2.82239	-2.53092	-2.75754
试验编号	10	11	12	13	14	15	16	17	18
S/N(dB)	-2.9227	-2.56634	-2.61859	-2.87502	-2.67135	-2.56408	-4.1658	-2.42526	-0.91893

表 5 制品纵向收缩模拟信噪比

试验编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
S/N(dB)	-4.18462	-4.60398	-4.64438	-3.87647	-4.48047	-4.98822	-4.32943	-4.40697	-4.70236
试验编号	10	11	12	13	14	15	16	17	18
S/N(dB)	-4.57978	-4.40271	-4.46338	-4.88098	-4.21409	-4.32279	-5.99306	-4.20263	-2.58812

3.3 注塑工艺参数和玻纤含量对制品收缩的影响分析

(1) 对制品横向收缩的影响分析

由制品横向收缩模拟结果进行直观分析，可得到注塑工艺参数和玻纤含量对制品横向收缩的影响曲线；根据制品横向收缩的S/N比，得到注塑工艺参数和玻纤含量对制品横向收缩的影响主效应曲线如图3所示：

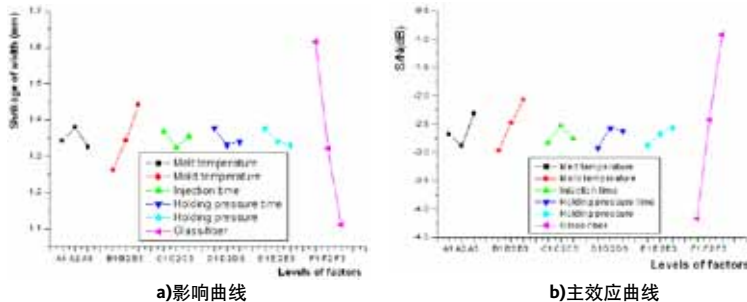


图3 注塑工艺参数和玻纤含量对制品横向收缩的影响和主效应曲线

A) 直观分析

由图3a)影响曲线可见，对于玻纤增强聚丙烯制品，在选定的工艺范围内，增大保压时间和压力、降低模具温度和增加纤维含量均可减小横向收缩量。但在相同比例的变化范围内，模具温度和玻纤含量对制品横向收缩有较强烈程度的影响。

欧特克软件(中国)有限公司
100004
北京市建国门外大街1号
国贸大厦2座2911-2918室
Tel: 86-10-6505 6848
Fax: 86-10-6505 6865

欧特克软件(中国)有限公司
上海分公司
200122
上海市浦东新区浦电路399号
Tel: 86-21-3865 3333
Fax: 86-21-6876 7363

欧特克软件(中国)有限公司
广州分公司
510613
广州市天河区天河北路233号
中信广场办公楼7403室
Tel: 86-20-8393 6609
Fax: 86-20-3877 3200

欧特克软件(中国)有限公司
成都分公司
610021
成都市滨江东路9号
香格里拉中心办公楼1507-1508室
Tel: 86-28-8445 9800
Fax: 86-28-8620 3370

欧特克软件(中国)有限公司
武汉分公司
430015
武汉市汉口建设大道700号
武汉香格里拉大酒店439室
电话: 86-27-8732 2577
传真: 86-27-8732 2891

B) 影响度分析和最佳工艺组合确定

由图3b)主效应曲线可见，模具温度和玻纤含量对制品横向收缩的影响度最大。横向收缩的最佳工艺组合为A3B1C2D2E3F3。

(2) 对制品纵向收缩的影响分析

由制品纵向收缩模拟结果进行直观分析，可得到注塑工艺参数和玻纤含量对制品纵向收缩的影响效应曲线；根据制品纵向收缩的S/N比，得到注塑工艺参数和玻纤含量对制品纵向收缩的影响主效应曲线如图4所示：

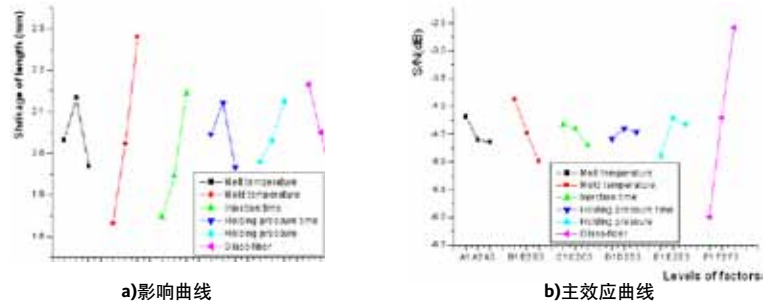


图4 注塑工艺参数和玻纤含量对制品纵向收缩的影响曲线和主效应曲线

a) 直观分析

由图4a)影响曲线可见，对于玻纤增强聚丙烯制品，在选定的工艺范围内，增大保压时间、降低压力、降低注射时间(提高注射速度)、降低模具温度和增加纤维含量均可减小纵向收缩量。但在相同比例的变化范围内，模具温度、注射时间(速度)和玻纤含量对制品纵向收缩有较强烈程度的影响。

b) 影响度分析和最佳工艺组合确定

由图4b)主效应曲线可见，模具温度和玻纤含量对制品纵向收缩的影响度最大。纵向收缩的最佳工艺组合为A1B1C1D2E2F3。

四、结论

本文基于Autodesk Moldflow模拟分析，应用Taguchi正交试验方法，研究了注塑工艺参数和玻纤含量对纯料和玻纤增强料制品收缩的影响(研究表明，模具温度和玻纤含量对制品横向和纵向收缩影响较大)，并找出相应实验条件下对制品翘曲影响较大的参数、确定了实验的最佳工艺组合，为实际的生产 and 试验室研究提供了可靠的依据。

参考文献：

- [1] Otto Vaatainen, Pentti Jarvela, the effect of processing parameters on the quality of injection moulded parts by using the Taguchi Parameter Design method, Rubber and Composites processing and Application,
- [2] Autodesk Moldflow Insight Help
- [3] 栾军, 现代实验设计优化方法, 上海交通大学出版社