

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2015.11.018

长玻纤增强聚丙烯力学性能参数分散性研究

吴德顺¹, 宋学谦²

(1. 湖南大学汽车车身先进设计制造国家重点实验室, 长沙 410082; 2. 郑州轻工业学院机电工程学院, 郑州 450002)

摘要: 针对长玻璃纤维增强聚丙烯 (LGFRPP) 热塑性复合材料试样的力学性能参数: 泊松比、失效应变、切变模量及弹性模量进行分散性研究。首先对 LGFRPP 试样进行拉伸试验研究, 分别得到这些力学性能参数的分散域及离散系数。其次, 基于实验研究结果, 并结合数值模拟方法对所测参数进行灵敏度分析, 进而对灵敏度较高的参数值进行统计分析, 研究其分布特性。研究结果表明, 所测力学性能参数值皆存在一定的分散性, 且该材料整体性能对失效应变及弹性模量的敏感度较高, 而对泊松比及切变模量的敏感度较小。正态分布能较好地描述各力学性能敏感性参数的分布规律, 并准确地给出其分散性参数, 为工程应用提供可靠材料参数值。

关键词: 长玻纤增强聚丙烯; 力学性能参数; 灵敏度; 分散性

中图分类号: TB332 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2015)11-0076-06

Research on Randomness of Long Glass Fiber Reinforced Polypropylene Material Mechanical Property Parameters

Wu Deshun¹, Song Xueqian²

(1. Hunan University, State Key Laboratory of Advanced Design and Manufacturing for Vehicle Body, Changsha 410082, China;

2. College of Mechanic and Electronic Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: In order to investigate the randomness of mechanical property parameters of long glass fiber reinforced polypropylene (LGFRPP), poisson's ratio, failure strain, shear modulus and elasticity modulus were tested. First, tensile test was taken on specimens of LGFRPP to obtain the domain and coefficient of randomness of mechanical property parameters. Secondly, based on experimental results and combined with numerical simulation method, sensitivity analysis was made and then statistical analysis was performed on sensitive parameters. The investigation results show that the randomness generally exist in measured mechanical property parameters, and overall performance of the specimens has more sensitivity on failure strain and elasticity modulus but less on poisson's ratio and shear modulus. Normal distribution fits for the randomness of sensitive parameters well. Finally, the parameters of the randomness are given to provide engineering application with reliable material parameter values.

Keywords: long glass fiber reinforced polypropylene; mechanical property parameter; sensitivity; randomness

由于长玻璃纤维增强聚丙烯 (LGFRPP) 具有较高的比强度、比刚度, 易回收重复利用及可设计性强等特点, 被广泛应用于汽车零部件中, 从而达到节能减排的目的。但由于受加工工艺、制造工艺^[1]等限制, 湿热环境、内部损伤等影响以及纤维位置、纤维尺寸、疲劳寿命^[2,3]等随机因素的制约; 加上复合材料的细观结构和组元材料的性能具有分散性, 从而复合材料的平均性能表现出一定的分散性^[4], 给复合材料结构设计和可靠性分析带来较大困难, 这就要求对材料性能的分散性进行研究。

高希光等^[5]研究了纤维位置的随机变化对材料性能分散性的影响, 其分析结果表明: 由纤维位置变化引起的材料分散性随纤维体积比的变化先增大然后减小。宋迎东等^[6]利用改进算法的宏-细观统一通用单胞本构模型, 采用 Monte-Carlo 方法

研究了组分材料性能随机变化引起的复合材料宏观性能的分散性。研究结果表明: 复合材料有效性能的分散性小于组分的分散性。范建华等^[7]从纤维在复合材料中排列不规则的事实出发, 运用数值模拟的方法初步研究了纤维排列的随机性, 并将结果初步应用在复合材料模量的细观力学计算当中, 发现纤维随机排列对细观力学研究复合材料的力学性能有较大的影响。边文凤等^[8]采用随机有限元方法分析了复合材料层合板壳的应力、应变均值及方差。Chen^[9]和 B. N. Singh^[10]分别采用基于 FSDT 和 HSDT 的随机有限元方法, 对层合板在随机参数下的后屈行为进行了力学分析。

联系人: 宋学谦, 副教授, 主要从事汽车覆盖件冲压工艺设计、模具设计制造及数控加工技术研究

收稿日期: 2015-09-01

以上研究大都建立在数值模拟基础上,很少采用数值模拟与实验相结合的方法研究复合材料的分散性规律,而且几乎没有针对 LGFRPP 的力学性能参数进行相关的分散性研究。笔者主要通过实验方法,测量出 LGFRPP 试样的主要力学性能参数:泊松比、失效应变、切变模量、弹性模量,并进行详细分析与讨论。基于实验研究,结合有限元模拟仿真对所测材料参数进行灵敏度分析,运用统计学原理,对灵敏度较大的力学性能参数进行分散性分析,获得较为可靠的参数值。

1 实验部分

1.1 主要原材料

LGFRPP:瑞士 QPC 公司。

LGFRPP 的基本参数见表 1。

表 1 LGFRPP 片材基本参数

项目	参数值
玻纤长度/mm	25
玻纤含量/%	20
密度/(g·cm ⁻³)	1.3
玻纤直径/μm	13
材料不均匀率/%	< 5

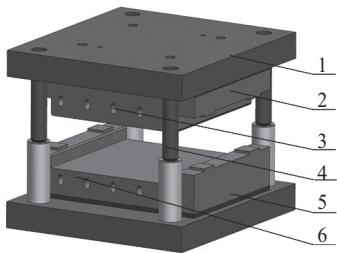
1.2 主要仪器与设备

电热鼓风干燥箱:温度波动±1℃,天津泰斯特仪器有限公司;

四柱液压机:YQ32-200 型,江苏李林重工机械有限公司;

万能试验机:UTM4000 型,深圳三思纵横有限公司。

模压制样时所用模具为自行设计制造的钢板模,见图 1,其配有加热及温度控制装置。



1—模架;2—上模具;3—电加热管插孔;4—导向装置;
5—下模具;6—温度传感器插孔

图 1 成型模具

1.3 试样制备

LGFRPP 拉伸试样制备过程如下:

(1) 预热塑化:将 LGFRPP 混合毡片放入电热鼓风干燥箱中预热使其塑化,温度设定为(195±1)℃。

(2) 模压:待混合毡片完全塑化后,将其快速转移至成型模具中,利用四柱液压机进行模压成型。模压过程中,为了减少片材表面的残余应力,需保温保压 2 min,保温温度为 80℃,保压压力为 3 MPa。待模具温度冷却至室温可取出试样。

(3) 制样:利用制样机将模压好的片材制成哑铃型试样多组,试样形状及尺寸见图 2。

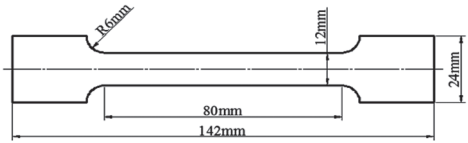


图 2 哑铃型试样形状及尺寸

1.4 拉伸试验

在万能试验机上进行拉伸试验见图 3,测量参数分别为 LGFRPP 试样的失效应变、弹性模量、泊松比及切变模量。LGFRPP 试样的横、纵向应变值通过应变仪测得,其失效应变通过拉伸试验输出的应力-应变曲线取得。



1—上夹头;2—LGFRPP 试样;3—应变片;
4—下夹头;5—电阻应变仪

图 3 拉伸试验

(1) 失效应变测试。

在拉伸试验测试软件中输入试样尺寸,连续加载至试样失效,输出应力-应变曲线,得到失效应变值。表 2 为所测得实验数据。

表 2 失效应变值数据汇总

序号	失效应变	序号	失效应变
1 [#]	0.032 1	11 [#]	0.031 3
2 [#]	0.030 8	12 [#]	0.033 0
3 [#]	0.032 9	13 [#]	0.032 3
4 [#]	0.031 2	14 [#]	0.029 6
5 [#]	0.032 4	15 [#]	0.034 7
6 [#]	0.029 3	16 [#]	0.032 1
7 [#]	0.033 7	17 [#]	0.034 4
8 [#]	0.031 0	18 [#]	0.031 6
9 [#]	0.035 6	19 [#]	0.032 0
10 [#]	0.032 7	20 [#]	0.033 4

(2) 弹性模量的测试。

由公式(1)知,弹性模量的测试主要是应变的测量,通过在 LGFRPP 试样上粘贴应变片得到所需

应变值。拉伸弹性模量的计算公式为:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{\Delta P}{bh\Delta\varepsilon} \quad (1)$$

式中: E 为纵向拉伸弹性模量, MPa; ΔP 为载荷-变形曲线或载荷-应变曲线上初始直线段的载荷增量, N; $\Delta\varepsilon$ 为与 ΔP 对应的应变增量。 b, h 分别为哑铃型试样长度及宽度值, mm。表 3 为所测得实验数据。

表 3 弹性模量值数据汇总

序号	失效应变	序号	失效应变
1 [#]	7.079	11 [#]	7.111
2 [#]	6.910	12 [#]	7.065
3 [#]	7.024	13 [#]	7.313
4 [#]	7.236	14 [#]	6.732
5 [#]	6.864	15 [#]	7.285
6 [#]	7.085	16 [#]	7.133
7 [#]	6.972	17 [#]	7.075
8 [#]	7.146	18 [#]	6.935
9 [#]	7.031	19 [#]	7.178
10 [#]	6.763	20 [#]	7.048

(3) 泊松比及切变模量的测试。

由公式 (2) 知, 泊松比即对横、纵向应变比值 ($\varepsilon_x, \varepsilon_y$) 取负。利用应变仪测量 LGFRPP 试样纵向应变及横向应变。通过公式 (2) 可计算出泊松比 ν 。

$$\nu = -\frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_x} \quad (2)$$

将式 (1)、式 (2) 带入式 (3) 中, 可求得切变模量 G 。

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (3)$$

表 4 为所测得泊松比及切变模量实验数据。

表 4 泊松比及切变模量数据汇总

序号	泊松比	切变模量 / GPa	序号	泊松比	切变模量 / GPa
1 [#]	0.305	2.712	11 [#]	0.294	2.748
2 [#]	0.293	2.672	12 [#]	0.302	2.713
3 [#]	0.312	2.677	13 [#]	0.380	2.649
4 [#]	0.301	2.781	14 [#]	0.294	2.601
5 [#]	0.324	2.592	15 [#]	0.315	2.769
6 [#]	0.308	2.708	16 [#]	0.327	2.688
7 [#]	0.301	2.679	17 [#]	0.309	2.702
8 [#]	0.307	2.734	18 [#]	0.316	2.635
9 [#]	0.313	2.677	19 [#]	0.311	2.738
10 [#]	0.299	2.603	20 [#]	0.310	2.691

1.5 实验数据统计及讨论

由式 (4) 计算算术平均值, 取三位有效数字。

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (4)$$

式中, X_i 为每组实验测定的性能值; n 为试样个数。

由式 (5) 计算标准差 S , 取两位有效数字。

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (5)$$

由式 (6) 计算离散系数, 取三位有效数字。

$$C = \frac{S}{\bar{X}} \times 100 \quad (6)$$

将表 2、表 3、表 4 中实验数据按以上公式进行统计分析得到各自的平均值、标准差和离散系数, 见表 5。

表 5 拉伸试验数据统计

项目	平均值	标准差	离散系数 / %
失效应变	0.0323	0.0016	4.95
弹性模量 / GPa	7.07	0.15	2.12
泊松比	0.311	0.019	6.11
切变模量 / GPa	2.69	0.053	1.97

拉伸试验采用相同实验仪器, 在同一环境下, 并依据 GB/T 3354-1999 试验标准进行, 所以可基本排除外界环境对实验数据离散性的影响。然而在对失效应变、弹性模量、泊松比及切变模量的 20 组实验数据进行统计学分析后, 得到其离散系数分别为 4.95, 2.12, 6.11, 1.97。实验结果表明所测力学性能参数皆存在一定的分散性。

2 灵敏度分析

灵敏度分析即研究与分析一个系统 (或模型) 的状态或输出变化对系统参数或周围条件变化的敏感程度的方法。复合材料构件整体性能输出对其自身各力学性能参数值敏感程度不尽相同。故笔者基于有限元模拟仿真方法探究了 LGFRPP 材料性能对于力学性能参数: 泊松比、失效应变、切变模量、弹性模量的敏感程度。

基于 Hypermesh 11.0 软件建立 LGFRPP 试样有限元模型, 并采用壳网格对其进行网格划分, 见图 4。参照以往经验, 在同时兼顾仿真精确和计算效率的前提下, 选择单元平均尺寸为 1 mm, 节点数为 2601, 单元数为 2418。有限元模拟仿真的计算过程基于 Ansys 软件。采用单因素变量法, 得到不同泊松比、失效应变、切变模量、弹性模量下的仿真结果。



图 4 哑铃型试样有限元模型

各组有限元仿真结果数据可见表 6~表 9。表 6 为不同泊松比下仿真数据汇总, 表 7 为不同切变

模量下仿真数据汇总,表 8 为不同失效应变下仿真数据汇总,表 9 为不同弹性模量下仿真数据汇总。

表 6 不同泊松比下仿真数据汇总

泊松比	最大位移/mm	时间/s	最大应力/MPa
0.25	3.000 03	0.03	104.124
0.35	3.000 05	0.03	104.102
0.4	3.000 05	0.03	104.107

表 7 不同切变模量下仿真数据汇总

切变模量/GPa	最大位移/mm	时间/s	最大应力/MPa
30	3.000 04	0.03	104.125
35	3.000 05	0.03	104.117
40	3.000 05	0.03	104.117

表 8 不同失效应变下仿真数据汇总

失效应变	最大位移/mm	时间/s	最大应力/MPa
0.02	2.500 04	0.025	92.441 4
0.03	3.500 06	0.035	113.762

表 9 不同弹性模量下仿真数据汇总

弹性模量/GPa	最大位移/mm	时间/s	最大应力/MPa
6	3.700 03	0.037	105.313
7	3.400 06	0.034	102.234
8	3.300 05	0.033	105.153
9	3.100 04	0.031	103.923

图 5~图 8 给出了各组有限元模拟仿真的力-时间曲线,图 5 为不同泊松比下力-时间曲线,图 6 为不同切变模量下力-时间曲线,图 7 为不同失效应变下力-时间曲线,图 8 为不同弹性模量下力-时间曲线。

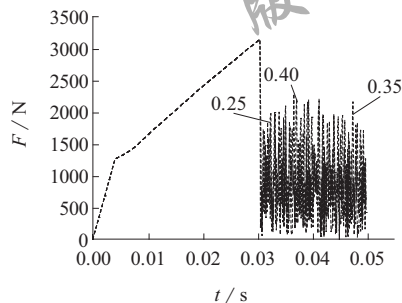


图 5 不同泊松比下力-时间曲线

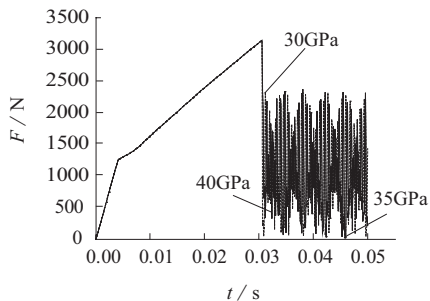


图 6 不同切变模量下力-时间曲线

从表 6 及图 5 可以看出,当泊松比在 0.25~0.4 之间变化时,最大位移、最大应力及力-时间曲线未发生较大变化;从表 7 及图 6 可以看出,当切

变模量在 30~40 GPa 之间变化时,最大位移、最大应力、力-时间曲线未发生较大变化。所以可得出结论:LGFRPP 整体性能对于力学性能参数泊松比、切变模量的灵敏度较小。从表 8 及图 7 可以看出,当失效应变值由 0.02 变为 0.03 时,最大位移由 2.500 04 mm 变为 3.500 06 mm,增加了 40%;失效时间点由 0.025 s 变为 0.035 s,增加了 40%;最大应力值则由 92.441 4 MPa 变为 113.762 MPa,变化量为 23.06%。类似地,结合表 9 及图 8 可以看出,当弹性模量在 6~9 GPa 之间变化时,最大应力值没有较大的改变,最大位移值却由 3.700 03 mm 降为 3.100 04 mm,变化量为 16.22%,失效时间点亦由 0.037 s 变为 0.031 s,变化量为 16.22%。所以可得出结论:LGFRPP 整体性能对于力学性能参数失效应变、弹性模量的灵敏度较大。

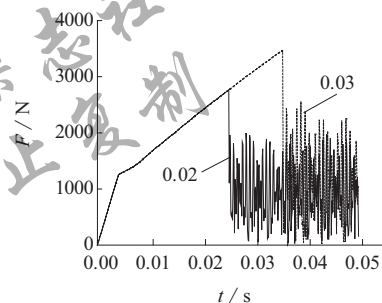


图 7 不同失效应变下力-时间曲线

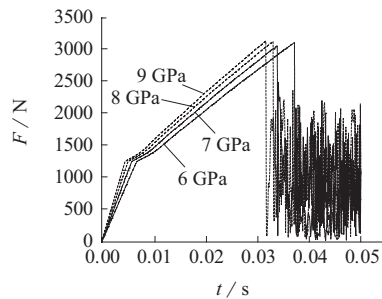


图 8 不同弹性模量下力-时间曲线

3 分散性分析

通过灵敏度分析,了解到 LGFRPP 整体性能对于力学性能参数失效应变、弹性模量的灵敏度较大,所以有必要对其进行分散性分析,以获得较为可靠的参数值。

总体分布的假设检验常用的有柯尔莫哥洛夫及斯米尔诺夫检验(简称 KS 法)、拟合优度检验、Anderson Darling(AD)统计量检验等^[1]。笔者分布函数的选择均是在 AD 统计量检验基础之上进行的,然后采用拟合优度和 KS 法验证。

经验分布函数是总体分布函数的估计,假设检验问题为 $H_0: F(x)=F_0(x) \longleftrightarrow H_1: F(x)$,不是

$F_0(x)$ 。

AD 统计量为:

$$AD = n \int_{-\infty}^{+\infty} [F_n(x) - F_0(x)]^2 [F_0(x)(1 - F_0(x))]^{-1} dF_0(x) \quad (7)$$

给定显著水平计算值为

$$P = P\{AD \geq AD_0\} \quad (8)$$

式中, AD_0 是根据样本观测值 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 计算得到的 AD 值,当 $P < \alpha$ 时拒绝假设,否则接受假设,即认为统计数据服从所设的分布函数。

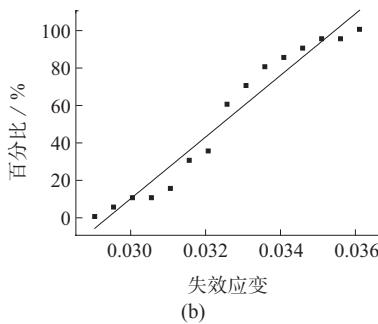
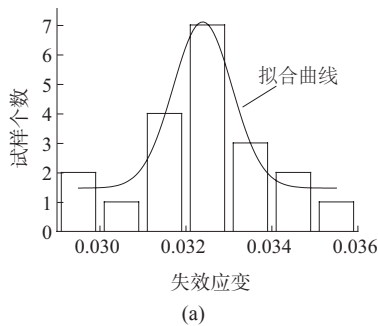
Probability Plots (PP) 概率分布图是根据变量的累积比例对比所指定的理论分布累积比例绘制的图形,是一种直观地探查样本数据是否与某个概率分布的统计图形一致的方法^[12]。如果被检验的数据符合所指定的分布,代表样本数据的点簇应在一条直线上,所以从概率分布图中可以很直观地看出样本点与理论分布的拟合程度。

采用穷举法对试验数据进行分散性验证,得到各组试验数据分布模型见表 10。

表 10 参数的分散性模型

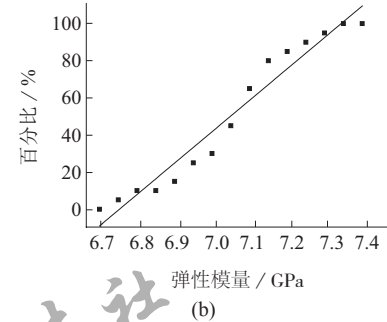
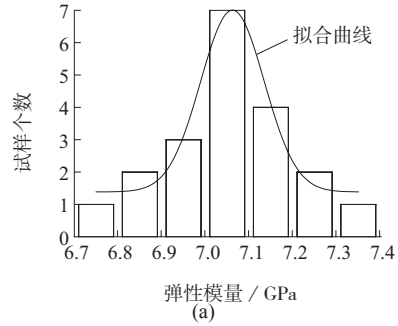
性能参数	分布函数	统计 p 值	是否接受该分布
失效应变	正态分布	> 0.5	是
弹性模量 / MPa	正态分布	> 0.5	是

图 9、图 10 给出了各组数据的失效应变及弹性模量的分布拟合及概率分布图。由此可看出:正态分布是符合 LGFRPP 失效应变及弹性模量参数随机分布规律的分布模型。



a—正态分布拟合图; b—概率图

图 9 失效应变的正态分布拟合及概率图



a—正态分布拟合图; b—概率图

图 10 弹性模量的正态分布拟合及概率图

以上参数的正态分布拟合及概率图线性拟合均基于 Origin Pro 8.0 软件,其拟合公式分别为式 (9) 和式 (10):

$$y = y_0 + A \cdot \exp\left[-\frac{(x - u)^2}{2\delta^2}\right] \quad (9)$$

$$y = a + bx \quad (10)$$

式中 u 为遵从正态分布的随机变量的均值, δ^2 是此随机变量的方差。具体参数见表 11、表 12。

表 11 直方图正态拟合数据汇总

材料参数	R-Square	y_0	A	u	δ
失效应变	0.918 2	1.469 3	5.632 5	0.032 4	6.88×10^{-4}
弹性模量	0.941 9	1.387 2	5.620 1	7.061 9	0.073 0

表 12 概率图线性拟合数据汇总

材料参数	R-Square	a	b
失效应变	0.952 2	-488.89	16 642.86
弹性模量	0.953 1	-1 143.13	169.29

4 结论

基于拉伸试验测量出 LGFRPP 试样主要力学性能参数值:失效应变、弹性模量、泊松比及切变模量,并结合数值模拟方法研究了材料整体性能对各力学性能参数的灵敏度,最后运用统计学原理,对灵敏度较大的力学性能参数进行分散性分析。研究结果表明:LGFRPP 主要力学性能参数皆存在一定的分散性,其离散度排列为:泊松比 (6.11)> 失效应变 (4.95)> 弹性模量 (2.12)> 切变模量 (1.97)。然而该材料整体性能对失效应变及弹性模量具有较高的敏感度,而对泊松比及切变模量的敏感度较小;且失

效应变及弹性模量服从正态分布。该试验方法和分析过程可以用于研究复合材料其他结构性能参数的分布规律,扩充由试验结果支持的材料参数分散性模型库,为可靠性问题的研究提供参考依据。

参考文献

- [1] Tsao C C, Hocheng H. Effects of exit back-up on delamination in drilling composite materials using a saw and a core drill[J]. International Journal of Machine Tools & Manufacture, 2005, 45:1 261-1 270.
- [2] 高希光,宋迎东,孙志刚. 纤维尺寸随机引起的复合材料性能分散性研究 [J]. 材料科学与工程学报, 2005, 23(3):335-340.
Gao Xiguang, Song Yingdong, Sun Zhigang. Research on composite material performance caused by random dispersion fiber size[J]. Journal of Material Science and Engineering, 2005, 23(3):335-340.
- [3] 冯培峰,李海涛,杜善义,等. 层板复合材料的疲劳剩余寿命预报模型 [J]. 材料科学与工程学报, 2002, 20(1):41-43.
Feng Peifeng, Li Haitao, Du Shanyi, et al. Laminated composite materials fatigue residual life prediction model[J]. Journal of Materials Science and Engineering, 2002, 20(1):41-43.
- [4] Graham L L, Gurleyb K, Master F. Non gaussian simulation of local material properties based on a moving window technique[J]. Probabilistic Engineering Mechanics, 2003, 18:223-234.
- [5] 高希光,宋迎东,孙志刚. 纤维位置随机引起的复合材料性能分散性研究 [J]. 航空动力学报, 2005, 20(4):584-589.
Gao Xiguang, Song Yingdong, Sun Zhigang. Research on the discrepancy of composite effective properties induced by the stochastic fiber location[J]. Journal of Aerospace Power, 2005, 20(4):584-589.
- [6] 宋迎东,孙志刚,高希光. 纤维增强复合材料有效性能分散性研究 [J]. 航空动力学报, 2005, 20(2):230-235.
Song Yingdong, Sun Zhigang, Gao Xiguang. Research on the discrepancy of fiber reinforced composite effective performance[J]. Journal of Aerospace Power, 2005, 20(2):230-235.
- [7] 范建华,杨庆雄. 复合材料弹性模量随机计算模型 [J]. 复合材料学报, 1998, 15(4): 134-138.
Fan Jianhua, Yang Qingxiong. Random calculation model for composite elastic modulus[J]. Journal of Composite Materials, 1998, 15(4): 134-138.
- [8] 边文凤,朱福宝. 层合板壳的概率有限元分析 [J]. 复合材料学报, 2000, 17(3):120-123.
Bian Wenfeng, Zhu Fubao. Finite element analysis on the probability of laminated plate and shell[J]. Acta Materiae Compositae Sinica, 2000, 17(3):120-123.
- [9] Chen N Z, Soares C G. Reliability assessment of post-buckling compressive strength of laminated composite plates and stiffened panels under axial compression [J]. International Journal of Solids and Structures, 2007, 44(22 / 23):7 167-7 182.
- [10] Singh B N, Lal A, Kumar R. Post buckling response of laminated composite plate on elastic foundation with random system properties [J]. Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, 2009, 14(1):284-300.
- [11] 朱振涛,王佩艳,王富生,等. 复合材料层合板拉压和面内剪切性能的分散性实验研究 [J]. 材料工程, 2010(6):20-25.
Zhu Zhentao, Wang Peiyan, Wang Fusheng, et al. Study of experiment investigation of tensile compress and in-plane shear properties dispersibility of composite laminate[J]. Materials Engineering, 2010(6):20-25.
- [12] 岳珠峰,王富生. 飞机复合材料结构分析与优化设计 [M]. 北京: 科学出版社, 2011.
Yue Zhufeng, Wang Fusheng. Aircraft composite structure analysis and optimization design[M]. Beijing: Science Press, 2011.

家电用高性能聚丙烯实现国产,增补生产空白

10月22日,大庆炼化公司生产的高光泽抗冲中熔共聚注塑料EP300M在多个家电企业完成后续产品加工工序试用,并获得了用户的认可。EP300M产品的成功研发,不仅增强了大庆炼化高附加值聚丙烯产品的市场竞争力,还填补了EP300M产品的国内生产空白。

用户使用报告显示,用EP300M制作生产的电风扇后盖加工性能好,制品表面光滑无麻点,完全可以替代进口产品。

据了解,EP300M具有良好的抗冲性、高光泽度和耐应力,主要用于小家电、家用电器、杂品箱、户外清洁用品等,但此前国内还没有能够满足这种高标准的聚丙烯产品。国内知名家电厂家如美的公司所有出口家电的聚丙烯生产用料均依赖进口。因进口原材料价格较高,美的公司希望大庆炼化能够为其提供用于家电产品的高品质聚丙烯原材料。2014年8月,大庆炼化聚丙烯研发检测中心成立后即开始

了EP300M新产品的研发。

由于产品性能指标之间相互制约,同时满足各项指标条件尤为困难。当时,国内多家炼化企业曾多次尝试生产该产品均未取得成功。大庆炼化聚丙烯科研人员在没有任何经验可借鉴的条件下,将100余种配方逐一筛选,反复修正。

此外,该产品在生产过程中氢气、乙烯用量较大,反应活性强,在反应器温度、压力、出料的控制过程中也存在一定难度。为了实现产品的顺利切换和生产,技术人员严密控制反应器温度、密度、反应活性以及氢气加入量等关键参数,经过上万次添加剂配比尝试,持续优化产品的光泽度、弯曲弹性模量和冲击强度等性能,他们最终实现了产品的一次试产成功,各项指标均符合下游客户要求。经市场调查显示,高光泽EP300M产品市场需求量大,前景可观,每吨价格比通用抗冲牌号聚丙烯产品高出几百元。下一步大庆炼化将进行该产品的批量生产。
(中化新网)