

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2014.03.019

# PA6 / 硫酸钙晶须复合材料的非等温结晶动力学研究

刘志伟<sup>1,2</sup>, 贾润礼<sup>2</sup>, 郝建淦<sup>2</sup>, 刘建卫<sup>2</sup>

(1. 中北大学理学院, 太原 030051 2. 中北大学塑料研究所, 太原 030051)

**摘要:**采用差示扫描量热(DSC)法研究了PA6 / 硫酸钙晶须复合材料的非等温结晶行为,通过Jeziorny法分析并计算得到复合材料非等温结晶过程的相关参数。结果表明,硫酸钙晶须的加入改变了PA6复合材料的非等温结晶行为,少量硫酸钙晶须(10%)的加入促进了PA6复合材料的结晶。复合材料的结晶分为初期结晶和二次结晶两个阶段,降温速率越大,结晶温度越低,结晶温度范围和结晶速度均增大。Jeziorny法能较好地描述复合材料的初期非等温结晶过程。

**关键词:** PA6; 硫酸钙晶须; 非等温结晶; 动力学

**中图分类号:** TQ323.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2014)03-0077-05

## Study on Non-isothermal Crystallization Kinetics of PA6 / Calcium Sulfate Whiskers Composites

Liu Zhiwei<sup>1,2</sup>, Jia Runli<sup>2</sup>, Hao Jiangan<sup>2</sup>, Liu Jianwei<sup>2</sup>

(1. North University of China School of Science, Taiyuan 030051, China ;

2. Research Institute of Plastics, North University of China, Taiyuan 030051, China)

**Abstract:** The non-isothermal crystallization behavior of PA6 / calcium sulfate whiskers composites was studied by differential scanning calorimetry (DSC). Through Jeziorny method analysis and calculate the relevant parameters of the non-isothermal crystallization process of composites. The results show that addition of calcium sulfate whiskers can affect the non-isothermal crystallization behaviors of PA6 / calcium sulfate whiskers composites, the crystallization behaviors of PA6 / calcium sulfate whiskers composites could be promoted by adding 10% calcium sulfate whiskers. The crystallization process of composites includes two stages : the primary crystallization stage and the secondary crystallization stage. With increasing of the cooling rate, the crystallization temperature decreases, the range of crystallization temperature becomes wide, the rate of crystallization increases. The Jeziorny method can describe the early non-isothermal crystallization stage of this system effectively.

**Keywords:** PA6 ; calcium sulfate whiskers ; non-isothermal crystallization ; kinetics

硫酸钙晶须又称为石膏晶须,为无机盐晶须,是一种具有完善内部结构的纤维状(须状)单晶体<sup>[1-2]</sup>。硫酸钙晶须具有高强度、高模量、高韧性、耐磨耗、耐高温、耐酸碱、易于表面处理、易与聚合物复合、无毒环保等诸多优异性能,是聚合物材料中常用的补强增韧填料,可提高复合材料的耐热性、强度以及尺寸稳定性等性能<sup>[3-6]</sup>。尼龙6(PA6)是应用广泛的工程塑料,具有强度高、耐磨、耐腐蚀等优良性能。PA6是典型的结晶性聚合物,其结晶行为的不同将导致材料物理力学性能的巨大改变。目前,国内外众多学者对无机填料填充PA6复合材料的结晶行为进行了广泛研究<sup>[7-9]</sup>,其研究方向主要集中在无机纳米粒子方面,但对于无机纤维,特别是硫酸钙晶须填料影响PA6结晶行为方面的研究则较为少见。

笔者通过引入纤维状硫酸钙晶须作为增强增

韧剂,探讨了PA6复合材料中由于各组分的相容性及界面作用引起的成核作用改变进而导致结晶行为的变化。运用DSC法以及非等温结晶动力学的理论方法(即Jeziorny法)研究了PA6 / 硫酸钙晶须复合材料的非等温结晶行为。通过分析其结晶行为获得部分结晶动力学参数,对由硫酸钙晶须引起的复合材料结晶行为的变化做进一步研究,以期对PA6 / 硫酸钙晶须复合材料的后续研究应用提供一定的理论支持。

## 1 实验部分

### 1.1 主要原材料

PA6 : M2400, 广东新会美达锦纶股份有限公司;

联系人: 贾润礼, 教授, 主要从事高分子材料改性研究工作

收稿日期: 2014-01-06

硫酸钙晶须:工业级,山西天聚矿物纤维有限公司;

硅烷偶联剂:KH-570,曲阜市万达化工有限公司;

高熔体流动速率(MFR)聚丙烯(PP):自制;

马来酸酐接枝聚丙烯(PP-g-MAH):自制。

## 1.2 主要仪器与设备

同向双螺杆挤出机:SHJ-36型,南京诚盟机械有限公司;

注塑机:SZ-100/80型,张家港市维达利源机械有限公司;

差示扫描量热(DSC)仪:822e型,瑞士METTLER公司。

## 1.3 复合材料制备

将硅烷偶联剂 KH-570 与硫酸钙晶须置于高速搅拌机中混合均匀,将改性后的硫酸钙晶须与高 MFR PP 按照 9:1 比例混合均匀后经同向双螺杆挤出机挤出,制作母料。然后按照一定比例与 PA6, PP-g-MAH 混合均匀,经注塑机注塑测试样条。

## 1.4 性能测试

将所制得的复合材料研磨成一定粒径的粉末,在 80℃真空条件下干燥 8 h 以备 DSC 测试。

测试时先用高纯钢进行校正,称取 2~3 mg 样品,在高纯度氮气保护下进行测试。测试过程为:首先升温至 270℃(50℃/min),恒温 5 min 以消除残余热历史,再以不同的降温速率(5, 10, 15, 20, 30℃/min)降至常温,从而获得一系列非等温结晶曲线。

## 2 结果与讨论

### 2.1 降温速率对非等温结晶行为的影响

图 1 为根据 DSC 测试结果得到的 PA6/硫酸钙晶须复合材料的降温结晶曲线,降温速率( $\Phi$ )分别为 5, 10, 15, 20, 30℃/min。

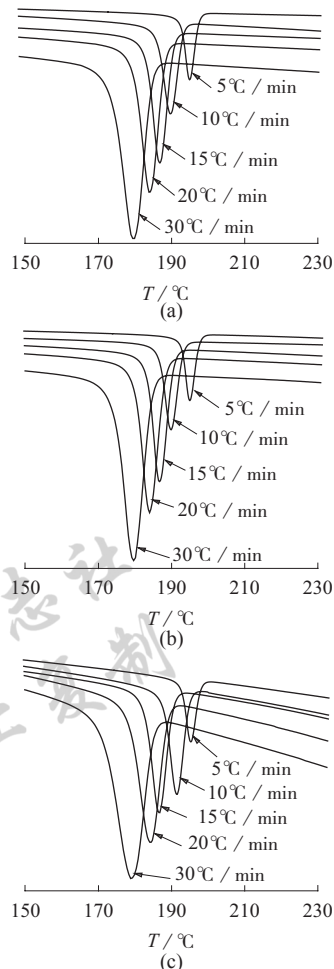
在非等温结晶过程中,结晶时间( $t$ )与温度( $T$ )直接存在如下关系式<sup>[10]</sup>:

$$t = \frac{|T_0 - T|}{\phi} \quad (1)$$

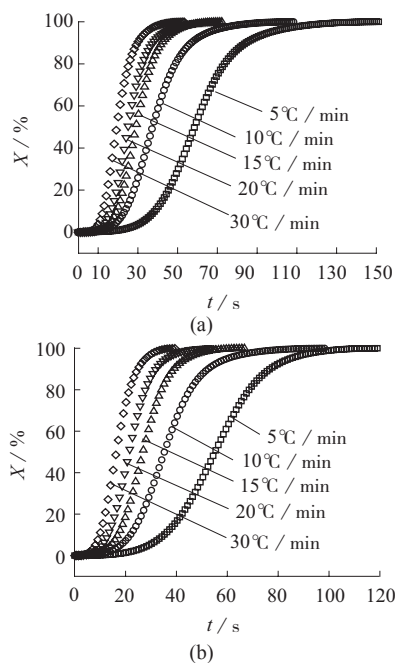
式中: $T_0$ 为聚合物初始结晶温度,根据式(1)得到相对结晶度( $X$ )与 $t$ 的关系,其关系曲线如图 2 所示。

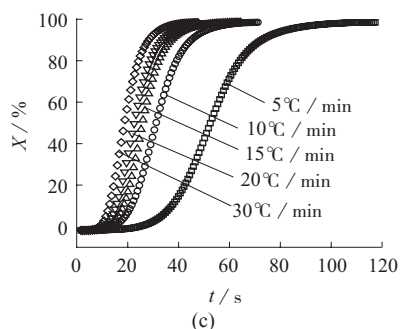
以相对结晶度 $X$ 为 1% 和 99% 时的温度( $T_{0.01}$ 和 $T_{0.99}$ )分别作为结晶过程的起始和终止的温度( $T_i$ 和 $T_e$ )<sup>[11]</sup>, $\Delta T$ 为 $T_i$ 与结晶峰值温度( $T_p$ )之差。根

据复合材料体系的结晶曲线和 $X-t$ 曲线获得相应的结晶行为参数,列于表 1。



a—PA6; b—PA6/10% 硫酸钙晶须; c—PA6/20% 硫酸钙晶须  
图 1 PA6 及其复合材料在不同降温速率下的结晶曲线





a—PA6 ; b—PA6 / 10% 硫酸钙晶须 ; c—PA6 / 20% 硫酸钙晶须

图2 PA6 及其复合材料的  $X$  与  $t$  的关系曲线

表1 PA6 及其复合材料在不同降温速率下的结晶行为参数

| 试样类别            | $\Phi /$<br>( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ ) | $T_i / ^{\circ}\text{C}$ | $T_p / ^{\circ}\text{C}$ | $T_c / ^{\circ}\text{C}$ | $\Delta T / ^{\circ}\text{C}$ | $t_{\max} / \text{s}$ | $t_{1/2} / \text{s}$ | 结晶焓 /<br>( $\text{J} \cdot \text{g}^{-1}$ ) | $X / \%$ |
|-----------------|----------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------------------------------|----------|
| PA6             | 5                                                        | 198.12                   | 194.92                   | 189.68                   | 3.20                          | 57.42                 | 58.53                | 52.19                                       | 47.21    |
|                 | 10                                                       | 193.70                   | 189.70                   | 181.63                   | 4.00                          | 35.10                 | 37.37                | 50.81                                       | 42.30    |
|                 | 15                                                       | 191.10                   | 186.80                   | 179.29                   | 4.29                          | 27.23                 | 29.02                | 52.06                                       | 41.23    |
|                 | 20                                                       | 188.88                   | 183.81                   | 173.71                   | 5.06                          | 24.09                 | 24.99                | 53.72                                       | 44.89    |
|                 | 30                                                       | 185.17                   | 179.87                   | 167.66                   | 5.31                          | 17.08                 | 19.33                | 53.24                                       | 35.29    |
| PA6 / 10% 硫酸钙晶须 | 5                                                        | 197.26                   | 194.05                   | 190.38                   | 3.21                          | 54.45                 | 55.17                | 42.66                                       | 48.12    |
|                 | 10                                                       | 192.87                   | 188.93                   | 181.81                   | 3.95                          | 35.26                 | 35.28                | 48.38                                       | 49.92    |
|                 | 15                                                       | 190.27                   | 185.63                   | 178.92                   | 4.64                          | 26.01                 | 26.84                | 44.69                                       | 45.81    |
|                 | 20                                                       | 187.92                   | 182.90                   | 175.39                   | 5.03                          | 20.67                 | 21.47                | 44.52                                       | 45.27    |
|                 | 30                                                       | 184.15                   | 178.46                   | 169.89                   | 5.69                          | 15.14                 | 16.35                | 43.08                                       | 41.21    |
| PA6 / 20% 硫酸钙晶须 | 5                                                        | 196.87                   | 193.37                   | 188.39                   | 3.50                          | 38.28                 | 66.63                | 36.38                                       | 46.72    |
|                 | 10                                                       | 193.69                   | 189.53                   | 183.06                   | 4.16                          | 31.19                 | 39.77                | 41.22                                       | 44.72    |
|                 | 15                                                       | 189.38                   | 184.96                   | 175.93                   | 4.42                          | 26.41                 | 32.52                | 36.78                                       | 43.85    |
|                 | 20                                                       | 187.72                   | 182.29                   | 171.24                   | 5.43                          | 21.53                 | 28.11                | 42.61                                       | 41.90    |
|                 | 30                                                       | 183.73                   | 177.06                   | 163.18                   | 6.67                          | 20.50                 | 22.97                | 42.41                                       | 36.70    |

硫酸钙晶须含量的增加,在相同的  $\Phi$  下, PA6 / 硫酸钙晶须复合材料的  $T_i$  和  $T_c$ ,以及  $T_p$  都向低温方向移动,且  $t_{\max}$  和  $t_{1/2}$  均减小,这说明硫酸钙晶须的加入使复合材料的结晶行为发生了改变。

## 2.2 Jeziorny 法分析复合材料的非等温结晶动力学行为

Avrami 方程是常用的描述聚合物初期结晶行为的动力学方程<sup>[12]</sup>。其式经整理得:

$$\lg[-\ln(1-X)] = \lg Z + n \lg t \quad (2)$$

式中:  $X$  为聚合物体系  $t$  时刻的相对结晶度;  $n$  为 Avrami 指数;  $Z$  为结晶速率常数。

Jeziorny 法是经过修正的 Avrami 方程,其方法考虑了结晶过程中冷却或加热速率的影响,在一定的冷却或加热速率条件下表征非等温结晶过程中的动力学参数<sup>[13-14]</sup>。即将非等温结晶过程看成是等温结晶过程来处理,然后再将所得的 Avrami 结晶速率常数用式(3)进行校正,从而可以获得校正后的非等温结晶速率常数  $Z_c$ 。

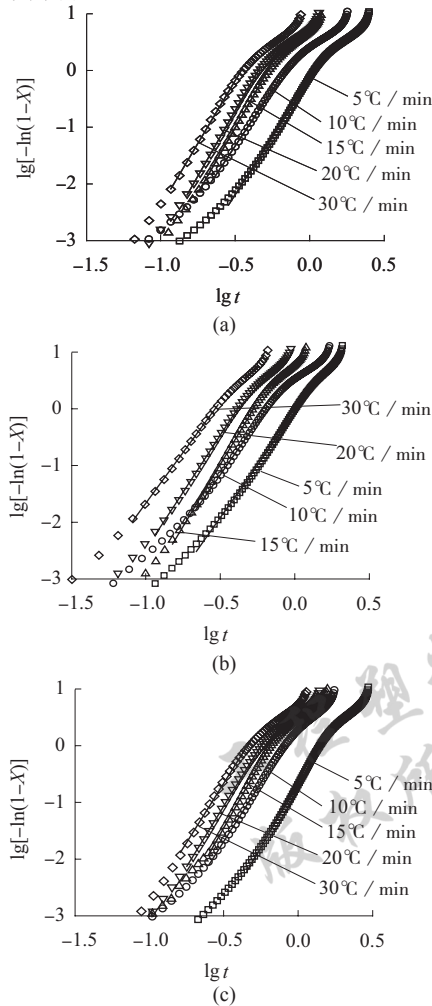
$$\lg Z_c = \frac{\lg Z}{\phi} \quad (3)$$

根据以上图表分析可知,随着降温速率的增加,  $T_i$ ,  $T_c$  和  $T_p$  的位置明显向低温方向偏移,且峰形逐渐变宽。达到最大结晶速率的时间 ( $t_{\max}$ ) 和半结晶时间 ( $t_{1/2}$ ) 明显缩短。这表明当降温速率较小时,聚合物在较高的温度开始结晶,随着降温速率的增大,聚合的分子链折叠进入晶格的速度跟不上温度下降的速度,导致晶核形成和生长的时间变短,复合材料体系不能进行完善结晶,且  $\Phi$  越大,结晶的过冷度越大,结晶的时间缩短,达到同一结晶度所用的时间变短,结晶温度范围 ( $\Delta T$ ) 变宽。同时,随着

根据式(2),以  $\lg[-\ln(1-X)]$  对  $\lg t$  作图,所得关系曲线如图3所示。由图3可以看出,复合材料在结晶初期具有较好的线性关系,而在后期曲线出现一定程度的偏离,所以认为 PA6 / 硫酸钙晶须复合材料的结晶过程分为初期结晶阶段 ( $X=10\% \sim 70\%$ ) 和二次结晶阶段 ( $X>80\%$ )。在初期结晶阶段拟合得到 Avrami 指数  $n_1$  和  $Z_1$ ,在二次结晶阶段拟合得到  $n_2$  和  $Z_2$ 。其相关动力学参数列于表2。

由表2可知,在初期结晶阶段,随着降温速率的增大, PA6 及 PA6 / 硫酸钙晶须复合材料的  $n_1$  分别介于 3.97 ~ 4.60 和 3.59 ~ 4.80 之间,尤其是当硫酸钙晶须质量分数为 20% 时,  $n_1$  值均大于 4。加入硫酸钙晶须后, PA6 分子链在硫酸钙晶须表面进行异相成核,并以束状形式生长,因此,其  $n_1$  值均超过 4。在二次结晶阶段, PA6 及 PA6 / 硫酸钙晶须复合材料的  $n_2$  值分别介于 1.67 ~ 2.05 和 1.76 ~ 2.52 之间。说明在结晶后期,球晶的相遇或碰撞改变了结晶生长方式,硫酸钙晶须的加入更容易使 PA6 复合材料进行三维结晶<sup>[15]</sup>。在整个结晶过程中,随着晶须含

量的增大,在同一降温速率下,  $Z_{c1}$  和  $Z_{c2}$  整体上先增大后减小,说明加入一定量的硫酸钙晶须可使复合材料的结晶速率增大,但晶须过量 (>20%) 又使结晶速率降低。



a—PA6 ; b—PA6 / 10% 硫酸钙晶须 ; c—PA6 / 20% 硫酸钙晶须

图3 PA6 及其复合材料的  $\lg[-\ln(1-X)] \sim \lg t$  关系曲线

表2 Jeziorny 法处理 PA 及其复合材料的非等温结晶动力学参数

| 试样类别            | $\Phi / (^\circ\text{C} \cdot \text{min}^{-1})$ | 初期结晶阶段 |        |          | 二次结晶阶段 |       |          |
|-----------------|-------------------------------------------------|--------|--------|----------|--------|-------|----------|
|                 |                                                 | $n_1$  | $Z_1$  | $Z_{c1}$ | $n_2$  | $Z_2$ | $Z_{c2}$ |
| PA6             | 5                                               | 4.09   | 0.71   | 0.93     | 1.85   | 1.23  | 1.04     |
|                 | 10                                              | 3.97   | 4.49   | 1.16     | 1.67   | 2.58  | 1.10     |
|                 | 15                                              | 4.60   | 19.54  | 1.22     | 2.05   | 4.81  | 1.11     |
|                 | 20                                              | 4.60   | 38.75  | 1.20     | 1.71   | 5.25  | 1.09     |
|                 | 30                                              | 4.43   | 108.10 | 1.17     | 1.93   | 8.95  | 1.08     |
| PA6 / 10% 硫酸钙晶须 | 5                                               | 3.73   | 0.86   | 0.97     | 2.52   | 1.26  | 1.05     |
|                 | 10                                              | 3.78   | 5.01   | 1.17     | 1.76   | 2.98  | 1.12     |
|                 | 15                                              | 4.40   | 15.60  | 1.20     | 2.16   | 5.22  | 1.12     |
|                 | 20                                              | 4.04   | 32.50  | 1.19     | 2.25   | 8.58  | 1.11     |
|                 | 30                                              | 3.59   | 72.59  | 1.15     | 2.39   | 18.81 | 1.10     |
| PA6 / 20% 硫酸钙晶须 | 5                                               | 4.60   | 0.35   | 0.81     | 2.13   | 0.90  | 0.98     |
|                 | 10                                              | 4.27   | 3.91   | 1.14     | 2.17   | 2.57  | 1.10     |
|                 | 15                                              | 4.80   | 12.98  | 1.18     | 1.81   | 3.75  | 1.09     |
|                 | 20                                              | 4.40   | 19.32  | 1.16     | 1.89   | 4.55  | 1.08     |
|                 | 30                                              | 4.31   | 43.69  | 1.13     | 1.97   | 6.67  | 1.07     |

### 3 结论

(1) 随着降温速率的增加,非等温结晶的起始温度和结晶峰温度都逐渐向低温方向移动,且结晶峰变宽,结晶速率增大。

(2) 运用聚合物非等温结晶动力学理论的分析发现: PA6 / 硫酸钙晶须复合材料的初期非等温结晶行为适合用 Jeziorny 法描述。

(3) PA6 / 硫酸钙晶须复合材料的非等温结晶过程分为初期结晶和二次结晶两个阶段。在初期结晶阶段为异相成核,且随着降温速率的增大,非等温结晶速率常数  $Z_c$  随之增大;在二次结晶阶段,由于球晶的相遇或碰撞改变了结晶的生长方式,呈现一维线性、二维片状和三维球晶共存的复杂生长方式。

### 参考文献

- [1] 王力,马继红,郭增维. 水热法制备硫酸钙晶须及其结晶形态的研究[J]. 材料科学与工艺,2006,14(6):626-629.  
Wang Li, Ma Jihong, Guo Zengwei. Study on the preparation and morphology of calcium sulfate whisker by hydrothermal synthesis method[J]. Materials Science and Technology, 2006, 14(6): 626-629.
- [2] Tan Jing, Ding Yumei, He Xutao. Abrasion resistance of thermoplastic polyurethane materials blended with ethylene-propylene-diene monomer rubber[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2008, 110(3): 1 851-1 857.
- [3] 崔小明. 无机晶须的研究和应用进展[J]. 精细化工原料及中间体, 2007(5):25-28.  
Cui Xiaoming. Research and application progress of inorganic whisker[J]. Fine Chemical Industrial Raw Materials & Intermediates, 2007(5): 25-28.
- [4] 贾巧英,马晓燕,梁国正,等. 晶须及其在材料中的应用[J]. 高分子通报, 2002(6):71-78.  
Jia Qiaoying, Ma Xiaoyan, Liang Guozheng, et al. Whiskers and their applications in polymer materials[J]. Polymer Bulletin, 2002(6):71-78.
- [5] 毛常明,陈学玺. 石膏晶须制备的研究进展[J]. 化工矿物与加工, 2005(12):34-36.  
Mao Changming, Chen Xuexi. Research progress in preparation methods of gypsum whiskers[J]. Industrial Minerals and Processing, 2005(12): 34-36.
- [6] 谭艳霞,李沪萍,罗康碧,等. 工业副产石膏制备硫酸钙晶须的现状及应用[J]. 化工科技, 2007, 15(3):46, 50.  
Tan Yanxia, Li Huping, Lukangbi, et al. Application and preparation of calcium sulfate whiskers by using the industrial by-product gypsum[J]. Science & Technology in Chemical Industry, 2007, 15(3): 46, 50.
- [7] 王劲好,赵欢敏,石坚. 碳纳米管 / 尼龙 6 复合材料的非等温结

- 晶动力学研究[J]. 塑料工业, 2012, 40(2): 71-74.
- Wang Shaoyu, Zhao Huanmin, Shi Jian. Kinetics of non-isothermal crystallization for MWCNT / PA6 nanocomposites [J]. China Plastics Industry, 2012, 40(2): 71-74.
- [8] Fornes T D, Paul D R. Crystallization behavior of nylon 6 nanocomposites [J]. Polymer, 2003(44): 3 945-3 961.
- [9] 周宛棣, 于德梅, 郭秀生, 等. 尼龙 6 / 粘土聚合物纳米复合材料的性能表征-( II ) 结晶行为研究 [J]. 高分子材料科学与工程, 2004, 20(3): 136-139.
- Zhou Wandu, Yu Demei, Guo Xiusheng, et al. The properties of PA6/clay polymeric nanocomposites-( II ) study on crystallization behaviors[J]. Polymeric Materials Science & Engineering, 2004, 20(3): 136-139.
- [10] 金日光, 华幼卿. 高分子物理 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 144-149.
- Jin Riguang, Hua Youqing. Polymer Physics[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2006: 144-149.
- [11] 李桂娟, 徐晓多, 徐雪. PET / PEN / DBS 共混物非等温结晶动力学研究 [J]. 高等学校化学学报, 2006, 27(6): 1 173-1 177.
- Li Guijuan, Xu Xiaoduo, Xu xue. Studies on non-isothermal crystallization kinetics in PET/PEN/DBS blends[J]. Chemical Journal of Chinese Universities, 2006, 27(6): 1 173-1 177.
- [12] A Jeziorny. Parameters characterizing the kinetics of the non-isothermal crystallization of poly(ethylene terephthalate) determined by DSC[J]. Polymer, 1978, 19: 1 142.
- [13] 马德柱. 聚合物结构与性能 [M]. 北京: 科学出版社, 2012: 217-219.
- Ma Dezhu. The structure and properties of polymer[M]. Beijing: Science Press, 2012: 217-219.
- [14] 张世勋. 聚合物结晶动力学参数测定及结晶度预测 [D]. 郑州: 郑州大学, 2003: 24.
- Zhang Shixun. Determined of the polymer crystallization kinetics parameters and prediction of the crystallinity[D]. Zhengzhou: Zhengzhou University, 2003: 24.
- [15] 崔强. 尼龙 11 / 白炭黑纳米复合材料的制备、表征及性能研究 [D]. 太原: 中北大学, 2010: 60-63.
- Cui Qiang. Preparation, characterization and properties of nylon 11/silica nanocomposites[D]. Taiyuan: North University of China, 2010: 60-63.

## 我国推首款通过 YY/T0242-2007 测试的 医用聚丙烯

不久前, 北方华锦化学工业集团有限公司成功开发出新型医用透明聚丙烯 RP344P-K, 并成功通过了 YY/T 0242-2007( 医用输液、输血、注射器用聚丙烯专用料 ) 测试。

据介绍, RP344P-K 在透明度和加工适用性方面都领先于国内外其它同类树脂, 可在 190 ~ 200℃ 的温度下进行加工, 相比传统增透剂树脂, 其加工温度最高可减少 40℃。在此基础上, RP344P-K 可帮助塑料铸模商和加工商提高产量, 减少生产成本, 并且节能降耗, 符合医疗器械应用的需求。

除通过医用测试外, RP344P-K 同时符合美国食品和药物管理局 (FDA)、欧盟危险物质限制法令 RoHS、欧共体的 REACH 规章以及我国 GB 9693-88 食品包装用聚丙烯树脂卫生标准中的相关规定, 并已经获得了相关认证。

( 工程塑料网 )

## 商业性 100% 植物 PET 瓶问世为期不远

亨氏食品公司全球包装创新和执行副总裁 Okoroafor 表示, 商业性 100% 植物 PET 瓶在未来 5 年内就可实现应用。

全球最大和最知名的一些公司正联合致力于这一项目, 成立了 Plant PET Technology Collaborative 组织 (PTC), 亨氏就是其中之一。其它成员还包括宝洁公司、耐克、福特汽车公司、可口可乐。该组织旨在推动植物原料在 PET 中的使用量。

可口可乐自 2009 年以来已生产数以亿计的植物瓶 (PlantBottles), 含 30% 植物基材料。亨氏已经许可将这项技术用于其 PET 包装容器中。

目前, 100% 植物基塑料瓶已经可以实现生产, 但尚未为关键时刻做好准备。

“如果你是在谈论实验室, 现在当然可以做了, 但意义不大,” 在 2 月 3 日于奥兰多举行的包装会议上, Okoroafor 告诉与会者, “我们相信, 至 2018 年我们将能大规模生产植物 PET 瓶, 与化石燃料基 PET 瓶相抗衡。”

他指出, 要实现 100% 的水准超出了任何一家公司的能力, “我们认为单靠一己之力无法做到, 事实上, 不管是可口可乐还是亨氏, 单独来做是实现不了的。”

但寻找可以合作的公司需要一些规划和思考。“你必须建立起信任, 在合作的团队中建立信任, 这非常重要。” Okoroafor 说道。

目前, PTC 成员公司不会在同一市场中竞争, 使其得以在分享敏感信息的同时, 无需担心损害自己的品牌。Okoroafor 指出, 在组织内部, 这种不存在竞争的关系对成功至关重要。

尽管 Okoroafor 预测 2018 年商业性 100% 植物瓶即将问世, 但他补充道, 具体日期仍取决于市场情况, 包括油价的变动。

( 工程塑料网 )

## 大阳日酸开发出高性能氟树脂

大阳日酸不久前宣布, 凭借约为原来 1 / 1 000 的极少碳添加量, 成功实现了具有出色的导电性、导热性及力学性能的氟树脂。添加了碳的氟树脂具有防静电功能, 而且在成型和切削加工时的热膨胀小, 因此, 在半导体部件及汽车部件等方面的应用备受期待。而原来添加的碳材料主要使用碳黑, 需要的碳添加量较多, 使氟树脂具有防静电功能时, 碳黑的添加量要占总质量的 5% ~ 15%。

( 慧聪网 )