

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2018.06.011

PEEK/石墨烯复合材料制备及非等温结晶动力学

于飞,肖凌寒,敖玉辉

(长春工业大学化学与生命科学学院,长春 130012)

摘要:制备了不同含量的石墨烯纳米片(GE)增强聚醚醚酮(PEEK)复合材料,利用差式扫描量热仪探究了在非等温条件下PEEK/GE纳米复合材料的结晶动力学行为。结果表明,加入GE,使PEEK/GE纳米复合材料的结晶度降低,说明GE主要表现阻碍聚合物分子链运动的作用。随着GE含量的增加,峰值温度和成核活性逐渐提高,说明基体中的GE逐渐促进PEEK结晶。此外,采用Mo法可以很好地描述PEEK/GE纳米复合材料的非等温结晶过程。加入GE降低其结晶过程中所需要的温度梯度。

关键词:石墨烯;聚醚醚酮;非等温结晶;结晶动力学

中图分类号: O631.1+1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2018)06-0050-06

Non-Isothermal Crystallization Kinetic Behavior of Graphene Reinforced PEEK Nanocomposites

Yu Fei, Xiao Linghan, Ao Yuhui

(College of Chemistry and Life Science, Changchun University of Technology, Changchun 130012, China)

Abstract: The research on non-isothermal crystallization kinetics of poly(ether ether ketone)(PEEK)nanocomposites with addition of graphene (GE) was executed by differential scanning calorimetry (DSC). The result shows that the absolute crystallinity of PEEK/GE composites decreases with the graphene content increasing, indicating the restricted effect of the graphene on the mobility of PEEK molecular chains. With the increase of graphene content, the peak temperature and nucleation activity gradually increase, and the activation energy decreases, indicating that the graphene in the matrix gradually promotes the crystallization of PEEK. The Mo equation is proved to be the reasonable model to depict the crystallization behavior of the PEEK/GE nanocomposites under non-isothermal condition. Adding GE can reduce the temperature gradient required during the crystallization process.

Keywords: graphene; poly(ether ether ketone); non-isothermal crystallization; crystallization kinetics

聚醚醚酮(PEEK)是一种高性能的工程塑料,有优异的力学性能、热稳定性及耐腐蚀性^[1-4],广泛应用于汽车、电子和航空^[5-8]。纯PEEK已不能满足各种工业需求,很多研究人员将纳米级颗粒添加到PEEK中改善纳米复合材料的性能^[9]。石墨烯(GE)由 sp^2 碳原子组成,排列成蜂窝状二维晶体结构^[10-12]。因其优异的力学性能、突出的导电性和导热性、高的比表面积和优异的吸附性能而受到广泛关注^[13-16]。许多关于GE增强PEEK复合材料的报道已证实尽管添加GE含量相对较低,但纳米复合材料表现出优异的性能^[17-19]。而有关GE增强PEEK纳米复合材料的结晶动力学行为的研究很少。

当纳米填料增强半结晶聚合物时,纳米复合材料的加工历史和结晶性质(包括晶体结构、形态和结晶度)会影响其性能^[20-27]。一般而言,纳米粒子可能会通过促进或阻碍聚合物结晶来影响聚合物结晶过程^[21]。Kuo Mucheng^[28]对纳米 SiO_2 增强PEEK纳米复合材料的结晶动力学进行了研究。结果表明, SiO_2 的存在会使PEEK/ SiO_2 纳米复合材料的峰值温度降低,阻碍基体链段的移动能力,减慢结晶速率。另一方面,Zhang Fan等^[29]研究了尼龙(PA)6/GE复合材料的非等温结晶动力学,发现由于GE的存在促进材料结晶,复合材料结晶度随GE的增加变得更高,PA6/GE纳米复合材料比纯PA6

基金项目: 国家自然科学基金项目(51603020)

通讯作者: 敖玉辉,教授,博士生导师,研究方向为碳纤维及其复合材料、环氧树脂复合材料 E-mail: aoyuhui@ccut.edu.cn

收稿日期: 2018-03-21

引用格式: 于飞,肖凌寒,敖玉辉. PEEK/石墨烯复合材料制备及非等温结晶动力学[J]. 工程塑料应用,2018,46(6):50-55.

Yu Fei, Xiao Linghan, Ao Yuhui. Non-Isothermal crystallization kinetic behavior of graphene reinforced PEEK nanocomposites[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(6):50-55.

的结晶速率更高。综上所述,研究 GE 对 PEEK/GE 纳米复合材料结晶动力学的影响至关重要。聚合物的加工发生在非等温条件下,聚合物基体的非等温结晶行为比等温结晶行为更引人关注。笔者利用差示扫描量热法(DSC)研究了纯 PEEK 和不同含量的 GE 的 PEEK/GE 复合材料的非等温结晶动力学行为。通过修正的 Avrami 和 Mo 法来分析复合材料各种结晶参数。

1 实验方法

1.1 主要原材料

PEEK 粉末: 密度 1.33 g/cm^3 , 美国 Solvay 公司;

GE 纳米片: 纯度约 98%, 平均粒径 $0.5 \sim 3 \mu\text{m}$, 厚度为 $0.55 \sim 3.74 \text{ nm}$, 成都有机化学股份有限公司。

1.2 主要设备及仪器

行星式球磨机: KQM-Y/B 型, 咸阳金宏通用机械有限公司;

真空干燥箱: DZ-2AII 型, 天津市泰斯特仪器有限公司;

差示扫描量热(DSC)仪: Q2000 型, 德国 Netzsch 公司;

扫描电子显微镜(SEM): JSM-5600 型, 日本 JEOL 公司;

双螺杆挤出机: 567-0021 型, 美国 Thermal Fisher 公司;

研磨机: ZM200 型, 德国 Netzsch 公司。

1.3 纳米复合材料的制备

将不同质量分数的 GE 与纯 PEEK 在室温条件下以 800 r/min 的转速在行星式球磨机中混合并研磨 4 h。球磨后, 将混合物放在 120°C 的真空烘箱中干燥 4 h 除去水分。为了使 GE 在 PEEK 基体中更好的分散, 使用双螺杆挤出机在 385°C 条件下以 100 r/min 的转速进一步混合, 得到不同质量分数的 PEEK/GE 复合材料, 含 0.5% GE 的 PEEK/GE, 含 1% GE 的 PEEK/GE, 含 2% GE 的 PEEK/GE 和含 5% GE 的 PEEK/GE 纳米复合材料分别记为 1[#] 试样, 2[#] 试样, 3[#] 试样, 4[#] 试样。

1.4 非等温 DSC 测试

所有试样质量均在 6.5 mg 左右, 将其放在密封的铝坩埚中, 在 N_2 保护下进行测试。在非等温结晶过程中, 将纯 PEEK 和 PEEK/GE 试样以 10°C/min 的速率加热至 390°C , 该温度下保持 5 min 以

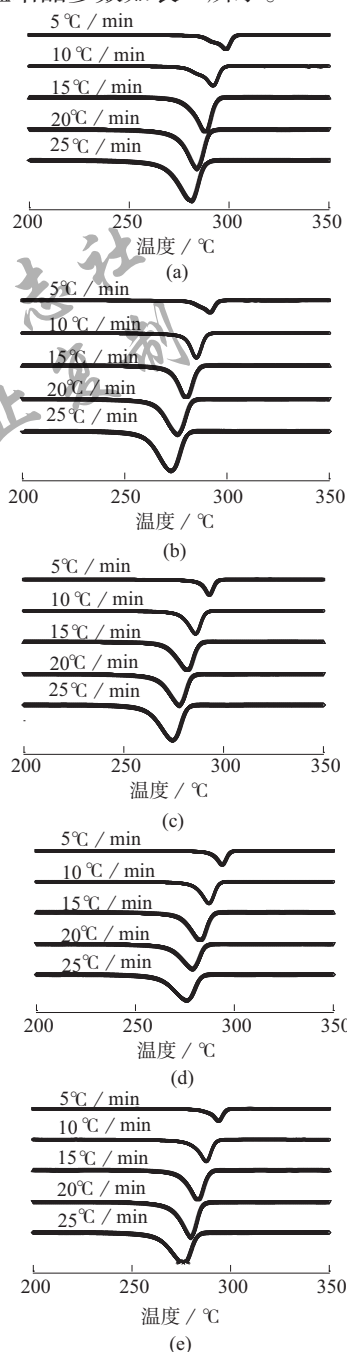
去除先前的热历程。随后, 这些试样分别以 $5, 10, 15, 20, 25^\circ\text{C/min}$ 的冷却速率从熔融温度冷却至 20°C , 并记录结晶过程中热焓值的变化。

PEEK/GE 复合材料在液氮中冷冻, 并喷金后取淬断面淬断, 用 SEM 观察其微观形貌。

2 结果与讨论

2.1 非等温结晶行为

纯 PEEK 和 PEEK/GE 复合材料在不同冷却速率条件下的非等温结晶 DSC 曲线如图 1 所示, 相应的非等温结晶参数如表 1 所示。



a—纯 PEEK; b—1[#] 试样; c—2[#] 试样; d—3[#] 试样; e—4[#] 试样

图 1 纯 PEEK 和 PEEK/GE 试样非等温结晶 DSC 图

表1 纯 PEEK 和 PEEK/GE 纳米复合材料的非等温结晶参数

试样	$\alpha / (^{\circ}\text{C min}^{-1})$	$T_s / ^{\circ}\text{C}$	$T_p / ^{\circ}\text{C}$	t_c / min	$X_c / \%$
PEEK	5	308.1	296.1	7.04	43.8
	10	301.7	289.9	4.22	38.9
	15	295.2	285.4	2.84	36.8
	20	291.3	282.5	2.16	35.8
	25	289.6	279.3	1.78	34.1
1 [#]	5	298.2	291.3	5.76	34.1
	10	292.5	285.1	3.09	34.0
	15	289.0	280.0	2.35	33.0
	20	285.7	275.8	2.02	32.8
	25	283.7	272.6	1.74	32.3
2 [#]	5	299.3	293.0	6.02	33.3
	10	293.9	286.0	3.25	32.3
	15	291.6	281.9	2.37	31.7
	20	288.5	277.8	2.06	30.3
	25	284.6	274.4	1.76	30.0
3 [#]	5	300.8	293.9	6.78	33.1
	10	296.2	287.2	3.69	31.8
	15	294.0	282.7	2.78	31.4
	20	290.1	278.9	2.12	27.6
	25	286.7	276.0	1.76	27.3
4 [#]	5	302.7	294.3	7.02	30.9
	10	296.6	288.2	3.97	28.8
	15	293.0	283.4	2.81	27.7
	20	289.7	280.0	2.16	26.8
	25	288.0	276.9	1.77	26.3

注: α —冷却速率; T_s —结晶开始温度; T_p —结晶峰值温度; t_c —结晶时间; X_c —相对结晶度。

由图1和表1可见,随着冷却速率的升高,PEEK/GE 纳米复合材料的结晶开始温度 (T_s) 和峰值温度 (T_p) 降低,而且结晶峰变宽,说明聚合物熔融状态迅速冷却后,链段运动跟不上降温速率,结晶需要更多的过冷温度区域 ($\Delta T = T_m - T_p$, T_m 为熔融温度)^[25]。此外,与纯 PEEK 相比,添加纳米颗粒使 T_p 降低 4~8℃,结晶度降低,说明 GE 的添加对复合材料的结晶过程起阻碍作用。含质量分数为 0.5% GE 的 PEEK/GE 纳米复合材料在所有试样中显示出最低的 T_p ,说明低含量的 GE 抑制分子链的迁移能力的效果最明显。然而,随着 GE 含量的增加, T_p 值增加,证明 GE 逐渐促进材料成核,然后提供更多的成核位点并加速聚合物分子链的沉积。在相同的冷却速率下,PEEK/GE 纳米复合材料的结晶时间比纯 PEEK 的短,这是由于异相成核和较小的球晶效应共同作用。

2.2 非等温结晶动力学分析

(1) 修正 Avrami 法。

Avrami 方程广泛用于描述聚合物的等温结晶过程。假定相对结晶度随结晶时间 t 而变化如下:

$$1 - X_c(t) = \exp(-Z_t \times t^n) \quad (1)$$

$$\lg\{-\ln[1 - X_c(t)]\} = n \lg(t) + \lg(Z_t) \quad (2)$$

式中: $X_c(t)$ —— t 时刻的相对结晶度;

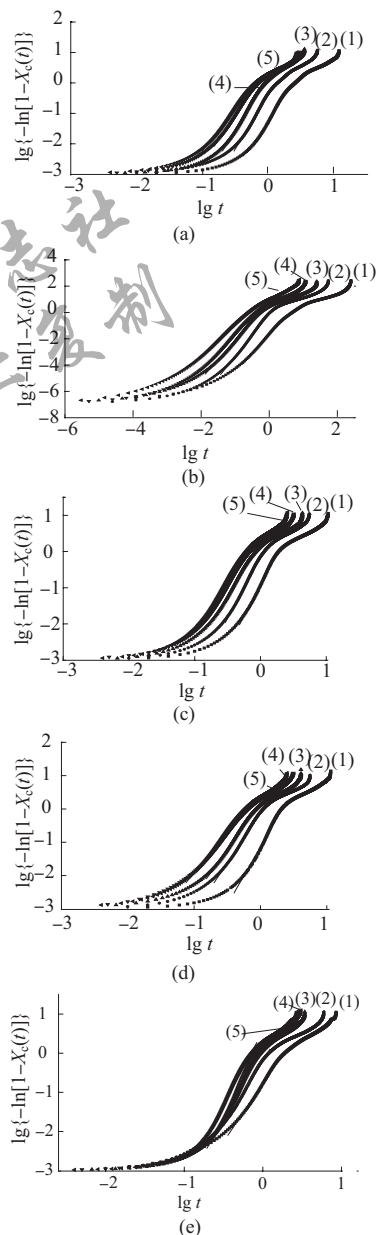
Z_t ——速率常数;

n ——Avrami 指数。

在非等温结晶过程中, Z_t 的值作调整后得 Z_c :

$$\lg Z_c = \frac{\lg Z_t}{\alpha} \quad (3)$$

图2为 PEEK/GE 纳米复合材料在不同的冷却速率下, $\lg\{-\ln[1 - X_c(t)]\}$ 和 $\lg(t)$ 之间的关系, n 和 Z_c 的值见表2。



1—5℃/min; 2—10℃/min; 3—15℃/min;
4—20℃/min; 5—25℃/min

a—纯 PEEK; b—1[#] 试样; c—2[#] 试样; d—3[#] 试样; e—4[#] 试样

图2 纯 PEEK 及 PEEK/GE 纳米复合材料的 Avrami 曲线

表2 Avrami 参数

试样	$\alpha / (^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1})$	n	Z_c
纯 PEEK	5	3.787	0.864
	10	3.633	0.996
	15	3.364	1.035
	20	2.989	1.081
	25	2.790	1.084
1 [#]	5	3.029	0.839
	10	2.942	0.990
	15	2.858	1.032
	20	2.721	1.056
	25	2.602	1.059
2 [#]	5	3.040	0.864
	10	2.984	0.991
	15	2.861	1.032
	20	2.681	1.069
	25	2.647	1.071
3 [#]	5	3.355	0.772
	10	3.219	0.981
	15	3.188	1.020
	20	2.899	1.044
	25	2.685	1.054
4 [#]	5	3.691	0.824
	10	3.240	0.988
	15	3.191	1.023
	20	2.967	1.058
	25	2.721	1.062

无论纯 PEEK 还是 PEEK/GE 纳米复合材料, n 值都是随着冷却速率的增加而降低, 这表明由于整体结晶时间较短, 使聚合物球晶生长不完全, 生长维数较低。但是速率常数是随着降温速率的增加而增大。PEEK/GE 复合材料的 Z_c 和 n 值与纯 PEEK 值相比要低, 说明 GE 的加入对成核和晶体生长规律有一定的影响, 但并未改变 PEEK 球晶的生长方式。由于 GE 阻碍分子链移动能力, 降低了结晶速率常数。随着 GE 含量的增加, 生长维数随之增加, 这与上述 T_p 的变化一致, 证明 GE 逐渐开始促进结晶。

(2) Mo 法。

Mo 等把 Avrami 和 Ozawa 方程联合, 可以解释动态结晶过程中 α 与 t 之间的关系, 其公式如下:

$$\lg(\alpha) = \lg[F(T)] - b \lg(t) \quad (4)$$

式中: $F(T) = [K(T)/Z_c]^{\frac{1}{n}}$ 表示在单位结晶时间达到给定结晶度所需的冷却速率。 $b = n/m$, 即是 Avrami 指数 n 与 Ozawa 指数 m 之比。 $K(T)$ 是 Ozawa 方程速率常数。

图 3 为 PEEK 和 GE/PEEK 的 Avrami-Ozawa 曲线。在图 3 中, $\lg(\alpha)$ 和 $\lg(t)$ 之间都有良好的线性关系, 这表明 Mo 法可以有效地描述 PEEK/GE 复合材料的非等温结晶过程。由直线的斜率和截

距可分别求出 b 和 $\lg[F(T)]$, 其值总结列于表 3。要达到更高的相对结晶度, $\lg[F(T)]$ 的值也越高, 表明所需的冷却速率就越高, 在结晶过程中要求的温度梯度更大。与纯 PEEK 相比, 发现 GE 的加入降低 $\lg[F(T)]$ 的值, 减少了结晶过程中所需的温度梯度, 缩短总结晶时间。

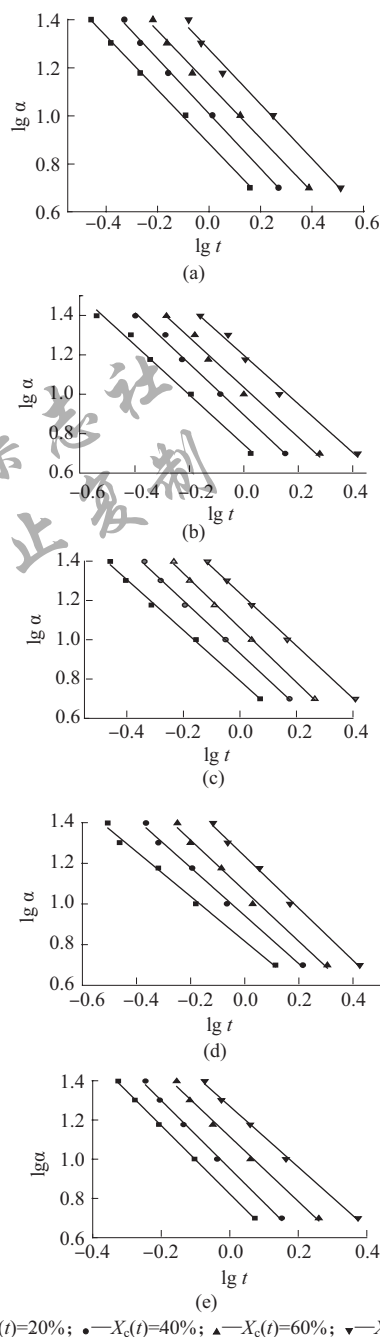


图3 纯 PEEK 和 GE/PEEK 的 Avrami-Ozawa 曲线

(3) 成核活性。

填料的成核活性 φ 可以通过下面的公式求出:

$$\varphi = B^* / B \quad (5)$$

表3 Avrami-Ozawa 参数

$X_c(t)$ /%	纯 PEEK	1 [#] 试样	2 [#] 试样	3 [#] 试样	4 [#] 试样
	b $\lg[F(T)]$	b $\lg[F(T)]$	b $\lg[F(T)]$	b $\lg[F(T)]$	b $\lg[F(T)]$
20	1.12 0.88	1.26 0.74	1.29 0.79	1.10 0.82	1.74 0.83
40	1.14 1.01	1.30 0.90	1.34 0.93	1.18 0.94	1.74 0.95
60	1.15 1.23	1.27 1.03	1.39 1.06	1.24 1.06	1.65 1.12
80	1.17 1.27	1.23 1.20	1.34 1.23	1.28 1.24	1.55 1.27

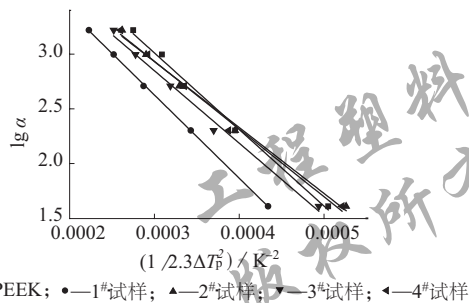
$$\lg \alpha = \text{const} - \left(\frac{B}{2.3\Delta T_p^2} \right) \quad (6)$$

式中: B^* ——填料的成核功;

B ——树脂的成核功;

const——常数。

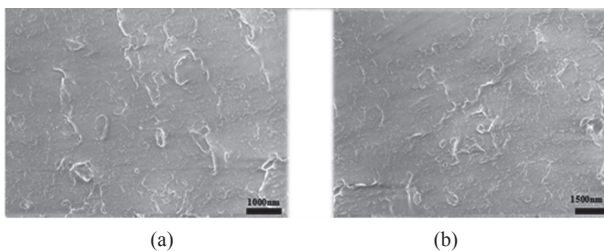
填料的成核活性越强, φ 就越接近 0, 反之接近于 1。图 4 为 PEEK 及 PEEK/GE 纳米复合材料的 $\lg \alpha$ 与 $1/2.3\Delta T_p^2$ 的关系图, 从斜率得出 B 值。GE 的 φ 计算结果如表 4 所示。GE 在 PEEK 基体中的成核活性随 GE 含量的增加而增加, 这也与上述 T_p 的变化相一致, 异相成核效果增强。

图4 纯 PEEK 和 PEEK/GE 复合材料的 $\lg \alpha$ 与 $1/2.3\Delta T_p^2$ 曲线表4 GE 的 φ

试样	φ
1 [#]	0.95
2 [#]	0.91
3 [#]	0.87
4 [#]	0.81

2.3 PEEK/GE 复合材料的微观形貌

图 5 为 4[#] 试样的 SEM 照片。由图 5 可知, 在较高 GE 含量的复合材料断面中没有观察到团聚现象, 说明 GE 在 PEEK 基体中有较好的分散性。



a—放大 1000 倍; b—放大 1500 倍

图5 4[#] 试样断面的 SEM 照片

3 结论

(1) 加入 GE 会降低 PEEK 的结晶度, 降低了结晶速率常数, GE 起到阻碍分子链移动的作用。

(2) GE 影响 PEEK 成核和晶体生长规律, 但并未改变球晶的生长方式, GE 在 PEEK 基体中的成核活性随 GE 含量的增加而增加。

(3) Mo 法可以描述 PEEK/GE 复合材料的非等温结晶动力学行为, GE 的加入降低 $\lg[F(T)]$ 的值, 减少了结晶过程中所需的温度梯度, 缩短总结晶时间。

参考文献

- [1] Jin Lin, Ball J, Bremner T, et al. Crystallization behavior and morphological characterization of poly(ether ether ketone)[J]. Polymer, 2014, 55(20):5 255–5 265.
- [2] Kurtz S M, Devine J N. PEEK biomaterials in trauma, orthopedic, and spinal implants[J]. Biomaterials, 2007, 28(32):4 845–4 869.
- [3] Katti P, Bose S, Kumar S. Tailored interface resulting in improvement in mechanical properties of epoxy composites containing poly(ether ether ketone) grafted multiwall carbon nanotubes[J]. Polymer, 2016, 102 :43–53.
- [4] Cebe P, Sudon H. Crystallization behaviour of poly(ether-ether ketone)[J]. Polymer, 1986, 27(8):1 183–1 192.
- [5] Diez-Pascual A M, Naffakh M, Gómez-Fatou M A. Mechanical and electrical properties of novel poly(ether ether ketone) / carbon nanotube / inorganic fullerene-like WS₂ hybrid nanocomposites: Experimental measurements and theoretical predictions[J]. Mater Chem Phys, 2011, 130(1–2):126–133.
- [6] Wang Lin, Weng Luqian, Song Shenhua, et al. Mechanical properties and microstructure of poly(ether ether ketone)-hydroxyapatite nanocomposite materials[J]. Mater Lett, 2010, 64(20):2 201–2 204.
- [7] Kyomoto M, Moro T. Poly(ether-ether-ketone) orthopedic bearing surface modified by self-initiated surface grafting of poly(2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine)[J]. Biomaterials, 2013, 34(32):7 829–7 839.
- [8] Stokes-Griffin C M, Compston P. Investigation of sub-melt temperature bonding of carbon-fibre / PEEK in an automated laser tape placement process[J]. Compos Part A:Appl S, 2016, 84:17–25.
- [9] Kuo Mucheng. Non-isothermal crystallization kinetic behavior of alumina nanoparticle filled poly(ether ether ketone)[J]. Mater Chem Phys, 2006, 99(2–3):258–268.
- [10] Meryl S P, Stoller D. Graphene-based ultracapacitors[J]. Nano Lett, 2008, 8(10):3 498–3 502.
- [11] Melios C, Centeno A. Effects of humidity on the electronic properties of graphene prepared by chemical vapour deposition[J]. Carbon, 2016, 103:273–280.

- [12] Alexander S G, Balandin A. Superior thermal conductivity of single-layer graphene[J]. Nano Lett, 2008, 8(3):902–907.
- [13] Zhao Xin, Zhang Qinghua, Chen Dajun. Enhanced mechanical properties of graphene-based poly(vinyl alcohol) composites[J]. Macromolecules, 2010, 43(5):2357–2363.
- [14] Meng Qingshi, Wu Hao, Zhao Zhiheng. Free-standing, flexible, electrically conductive epoxy / graphene composite films[J]. Compos Part A:Appl S, 2017, 92:42–50.
- [15] Sayyar S, Bjorninen M, Haimi S. UV cross-linkable graphene / poly(trimethylene carbonate) composites for 3D printing of electrically conductive scaffolds[J]. ACS Appl Mater Inter, 2016, 8(46):31916–31925.
- [16] Ye Jianbo, Yu Zheting, Chen Weixiang. Facile synthesis of molybdenum disulfide / nitrogen-doped graphene composites for enhanced electrocatalytic hydrogen evolution and electrochemical lithium storage[J]. Carbon, 2016, 107:711–722.
- [17] Tewatia A, Hendrix J, Dong Z. Characterization of melt-blended graphene-poly(ether ether ketone) nanocomposite[J]. Mater Sci Eng B Adv, 2017, 216:41–49.
- [18] Yang Lilong, Zhang Shuling. Design and preparation of graphene / poly(ether ether ketone) composites with excellent electrical conductivity[J]. J Mater Sci, 2013, 49(5):2372–2382.
- [19] Yongseon H, Kim M, Kim J. Improvement of the mechanical properties and thermal conductivity of poly(ether-ether-ketone) with the addition of graphene oxide-carbon nanotube hybrid fillers[J]. Compos Part A:Appl S, 2013, 55:195–202.
- [20] Ma Yalin, Hu Guosheng, Ren Xinglin, et al. Non-isothermal crystallization kinetics and melting behaviors of nylon 11 / tetrapod-shaped ZnO whisker (T-ZnOw) composites[J]. Mater Sci Eng A, 2007, 460–461:611–618.
- [21] Sattari M, Khavandi A. Nonisothermal crystallization behavior and mechanical properties of PEEK / SCF / nano-SiO₂ composites[J]. Mater Chem Phys, 2014, 147(3):942–953.
- [22] Jar P Y, Cantweil W J. Study of the crystal morphology and the deformation behaviour of carbon fibre reinforced PEEK (APC-2) [J]. Compos Sci Technol, 1992, 43(3):299–306.
- [23] Kuo Peichun, Chang Yaching. Morphology and crystallization behavior of poly(L-lactide) / poly(butylene oxalate) blends[J]. J Polym Sci Part B:Polym Phys, 2015, 53(3):192–202.
- [24] Sarikhani K, Nasser R. Effect of well-dispersed surface-modified silica nanoparticles on crystallization behavior of poly(lactic acid) under compressed carbon dioxide[J]. Polymer, 2016, 98:100–109.
- [25] Díez-Pascual A M. Poly(phenylene sulphide) and poly(ether ether ketone) composites reinforced with single-walled carbon nanotube buckypaper: I—Structure, thermal stability and crystallization behaviour[J]. Compos Part A:Appl S, 2012, 43(6):997–1006.
- [26] Guo Lei, Chen Fengxiang. The influence of interface and thermal conductivity of filler on the nonisothermal crystallization kinetics of polypropylene / natural protein fiber composites[J]. Compos Part B Eng, 2015, 68:300–309.
- [27] Chen Jieming, Yan Ning. Crystallization behavior of organo-nanoclay treated and untreated kraft fiber-HDPE composites[J]. Compos Part B Eng, 2013, 54:180–187.
- [28] Kuo Mucheng. On the crystallization behavior of the nano-silica filled PEEK composites[J]. Mater Chem Phys, 2010, 123(2–3):471–480.
- [29] Zhang Fan, Peng Xiaochun. Nonisothermal crystallization kinetics of in situ nylon 6 / graphene composites by differential scanning calorimetry[J]. J Polym Sci Part B:Polym Phys, 2011, 49(19):1381–1388.

索尔维高韧生物相容性 Radel® 聚亚苯基砜助力

BioStable 公司

特种聚合物供应商索尔维宣布,其生物相容性 Radel® 聚亚苯基砜 (PPSU) 被 BioStable Science & Engineering 公司选用于 HAART300 主动脉瓣环成形术器械包关键组件材料,这也是首款专为主动脉瓣修复术设计的内瓣环成形装置。

BioStable 公司总裁兼首席执行官 John Wheeler 指出,开发可重复使用胸外科手术器械需要使用业界公认的供应商所提供的成熟材料解决方案, Radel®PPSU 在保健与医疗器械应用方面的成功记录,使其成为该手术器械包中筛选组件的不二之选,而索尔维在技术与管理专长方面领先业界的声誉使他们对他们的选择更加充满信心。

由于主动脉瓣三维形状的扭曲阻碍了瓣膜小叶的正常关闭,因而,当血液回流心脏时会出现主动脉瓣关闭不全的状况。BioStable 的 HAART 300 装置使外科医生能重塑并稳定主动脉瓣基底,以帮助恢复正常的瓣膜功能并避免采用

瓣膜置换术。

器械包中采用挤出 Radel® R-5500 棒料加工出聚合物测瓣器,使外科医生能快速测量患者主动脉瓣叶的尺寸,并选择适合大小的 HAART 300 主动脉瓣成形装置,使瓣膜得以正常关闭。

索尔维特种聚合物全球事业部医疗保健业务经理 Jeff Hrivnak 介绍说, HAART 300 器械包中的测瓣器是一种简单而精致的解决方案,为外科医生在高敏感操作过程中提供了快速、可靠的精确测量手段,凭借 Radel®PPSU 这种坚韧的生物相容性聚合物,索尔维为 BioStable 公司提供一种近乎优异的解决方案,这种聚合物不仅能承受重复的杀菌循环,还能被用于注塑成型或同等水平的加工工艺。

Radel® PPSU 的热稳定性、耐化学药品性和优异的水解稳定性使其成为需要承受反复消毒和蒸汽灭菌医疗设备的极佳选择。由该材料制成的部件能够承受超过 1000 次高压蒸汽灭菌,而力学性能不会出现明显的降低。

(慧聪塑料网)