

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2018.03.021

RGO 改性 MC 尼龙导电复合材料的制备及表征

任业伟,张学锋,何杰,刘苏芹,姚立凯,余进娟,邵军,李文春

(余姚中国塑料城塑料研究院有限公司,浙江余姚 315400)

摘要:采用溶剂预分散的方法分散还原氧化石墨烯(RGO)微片,再结合硅烷偶联剂等处理 RGO 表面,并以原位聚合法制备 RGO 改性 MC 尼龙导电复合材料。研究了 RGO 含量、表观密度及表面处理方法对 RGO 改性 MC 尼龙导电复合材料电性能的影响;分析了 RGO 添加后对 MC 尼龙热性能的影响。结果表明,随着 RGO 含量的增加,RGO 改性 MC 尼龙导电复合材料的表面电阻率和体积电阻率呈现逐渐减小趋势,电性能得到提高;RGO 质量分数 1.5% 为 RGO 改性 MC 尼龙导电复合材料的渗滤阈值;当 RGO 质量分数达到 2.5% 时,RGO 改性 MC 尼龙导电复合材料的表面电阻率达到 $1.04 \times 10^2 \Omega$,体积电阻率达到 $1.35 \times 10^2 \Omega \cdot m$ 。

关键词:石墨烯;预分散;MC 尼龙;原位聚合;导电网络

中图分类号: TQ314.24 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2018)03-0117-05

Preparation and Characterization of RGO Modified MC Nylon Conductive Composites

Ren Yewei, Zhang Xuefeng, He Jie, Liu Suqin, Yao Likai, She Jinjuan, Shao Jun, Li Wenchun

(Yuyao Plastics City of China Research Institute, Yuyao 315400, China)

Abstract : Reduced graphene oxide (RGO) was dispersed by solvent predispersion and treated with silane coupling agent. The RGO modified monomer casting (MC) nylon conductive composites were prepared by in situ polymerization. The effects of the content, apparent density and surface treatment method of RGO on the electrical properties of RGO modified MC nylon conductive composites were studied. The effects of RGO addition on the thermal properties of MC nylon were analyzed. The results show that with the increase of RGO content, the surface resistivity and volume resistivity of RGO modified MC nylon conductive composites are decreased. The electrical properties of the composite are improved. The RGO mass fraction of 1.5% is the percolation threshold of the composite. When the mass fraction of RGO is up to 2.5%, the surface resistivity of the composite reaches $1.04 \times 10^2 \Omega$, the volume resistivity is $1.35 \times 10^2 \Omega \cdot m$.

Keywords : graphene ; predistribution ; monomer casting nylon ; in-situ polymerization ; conductive network

石墨烯是一种从石墨中剥离出来的由碳原子组成的二维晶体材料,具有优异的电、热及力学性能,在改性复合材料领域应用广泛^[1]。在常温下,石墨烯的电子迁移率超过 $15\,000\text{ cm}^2/(\text{V} \cdot \text{s})$,且其电阻率只有 $10^{-6}\text{ }\Omega \cdot \text{cm}$,远低于铜、银等金属,是目前世界上电阻率最小的材料^[2-3]。在改性高分子材料领域,纳米级分散的石墨烯可改善高分子材料的性能等。添加适量的石墨烯可以使高分子复合材料的性能得到显著的提高^[4-5],且能克服一般无机填料使用量大的缺点。因此,研究石墨烯改性高分子材料

的制备技术具有很好的应用前景。在石墨烯改性高分子材料的研究中,目前比较常用的方法是通过双螺杆挤出机添加、分散石墨烯,分散效果并不是很理想。原位聚合法通过在高分子材料合成阶段加入石墨烯,在合成结束后即可制备得到性能优良的石墨烯改性材料^[6-13]。目前采用原位聚合的研究也有不少,主要研究了石墨烯在原位聚合过程中的分散状况以及对改性复合材料的影响^[14-19]。MC 尼龙是一种应用较为广泛的尼龙材料,目前研究的石墨烯改性尼龙材料多集中于熔融共混法,采用原位聚合法

基金项目: 宁波市重大专项 (2013B6014)

通讯作者: 李文春,硕士,高级工程师,从事改性功能高分子材料研究工作 E-mail: liwenchun6201@126.com

收稿日期: 2018-01-19

引用格式: 任业伟,张学锋,何杰,等. RGO 改性 MC 尼龙导电复合材料的制备及表征 [J]. 工程塑料应用,2018,46(3):117-121.

Ren Yewei, Zhang Xuefeng, He Jie, et al. Preparation and characterization of RGO modified MC nylon composites[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(3):117-121.

制备的研究较少。笔者采用原位聚合法制备了还原氧化石墨烯(RGO)改性MC尼龙导电复合材料,并研究了其电性能、热性能。

1 实验部分

1.1 主要原材料

还原氧化石墨烯 A (RGO-A): 分析纯, 表观密度为 0.006 g/cm^3 , 宁波墨西科技有限公司;

还原氧化石墨烯 B (RGO-B): 分析纯, 表观密度为 0.1 g/cm^3 , 市售;

己内酰胺: 分析纯, 南京帝斯曼东方化工有限公司;

多亚甲基多苯基多异氰酸酯(PAPI): 工业级, 陶氏化学公司;

聚乙烯吡咯烷酮(PVP): 分析纯, 南京瑞泽精细化工有限公司;

硅烷偶联剂: KH550, 工业级, 南京曙光硅烷化工有限公司;

氢氧化钠、乙醇: 分析纯, 市售。

1.2 主要仪器与设备

增力电动搅拌器: JJ-1 型, 常州华奥仪器制造有限公司;

超声波分散仪: JD-300E, 宁波海曙金达超声波设备有限公司;

真空泵: 2X-15 型, 山东博山真空泵厂有限公司;

电子天平: YP10002 型, 上海光正医疗仪器有限公司;

数显电热恒温鼓风干燥箱: 101-0A 型, 上海锦屏仪器仪表有限公司;

体积表面电阻测定仪: GEST-121 型, 北京冠测试验仪器有限公司;

透射电子显微镜(TEM): JEOL2100 型, 日本电子株式会社;

热重差热同步热分析仪: TGA/DSC1/1100LF 型, 梅特勒-托利多公司。

1.3 RGO 改性 MC 尼龙导电复合材料的制备

(1) RGO 预处理。

方法 1: 在室温下, 将 10 g 硅烷偶联剂在 100 g 乙醇水溶液(8:2)中水解后备用; 将 100 g RGO-A 或 RGO-B 加入 900 g 乙醇中, 超声波分散处理 20~30 min; 将处理后的 RGO-A (或 RGO-B) 乙醇混合液与水解完的硅烷偶联剂乙醇水混合液转移到 5 L 敞口烧杯中, 搅拌 5~10 min; 然后将混合液在超声波分散仪中超声波处理 10~20 min;

减压蒸馏, 回收多余溶剂, 得到处理后的 RGO-A1 或 RGO-B1。

方法 2: 配置 15% 的 PVP 乙醇溶液; 将 100 g RGO-A 或 RGO-B 加入 900 g 乙醇中, 超声波分散处理 20~30 min; 将 PVP 乙醇溶液与超声波处理后的 RGO-A 或 RGO-B 乙醇混合液混合, 搅拌 5~10 min 后, 超声处理 10~20 min; 减压蒸馏, 回收多余溶剂, 得到处理后的 RGO-A2 或 RGO-B2。

(2) 反应物料混合。

在三口烧瓶中加入 495 g 己内酰胺, 加热至熔融, 控制反应体系温度为 90~100℃; 将上述预处理后的 5 g RGO (RGO-A1, RGO-B1, RGO-A2 或 RGO-B2) 转移到三口烧瓶中, 搅拌 10~30 min; 控制反应体系温度在 130~150℃。

(3) 聚合反应。

(a) 首先在烘箱中加热制样模具, 控制烘箱温度为 180~200℃。

(b) 控制三口烧瓶内混合液反应温度在 130~150℃, 抽真空, 回流 2~10 min。

(c) 加入 1 g NaOH, 反应体系抽真空 5~10 min, 除去反应中产生的水分; 待体系中 H_2O 除尽后, 停止抽真空; 往三口烧瓶中加入适量 5 g PAPI 后, 均匀搅拌 10~20 s, 转移至预先加热好的制样模具中。

(d) 控制烘箱温度为 160~180℃, 反应 20~30 min 后, 关闭烘箱, 自然冷却至室温, 脱模, 得到 RGO (RGO-A1, RGO-B1, RGO-A2 或 RGO-B2) 质量分数为 1.0% 的改性 MC 尼龙导电复合材料。

按上述方法, 制备 RGO (RGO-A1, RGO-B1, RGO-A2 或 RGO-B2) 质量分数分别为 0%, 0.5%, 1.5%, 2.0%, 2.5% 的改性 MC 尼龙导电复合材料。

1.4 性能测试

表面电阻率、体积电阻率测试: 按照 GB/T 1410-2006 要求, 机械加工测试样品并进行测试。

TEM 分析: 用超薄切片机制备测试样品, 然后用 TEM 进行分析。

热失重(TG)和差示扫描量热(DSC)分析: 样品质量为 10 mg, 升温速率为 $20^\circ\text{C}/\text{min}$, 氮气保护, 流量为 $40 \text{ mL}/\text{min}$, TG 测试温度为 50~800℃, DSC 测试温度为 50~500℃。

2 结果与讨论

2.1 RGO 表观密度的影响

目前工业上制备石墨烯的方法主要为氧化还

原法:先采用 Hummers 法将石墨制成氧化石墨烯,然后再经过还原反应得到 RGO。这种方法具有成本低、产率高的优点,但由于具体生产控制工艺条件不同,RGO 的比表面积会有一些的差异。

对质量分数均为 1.0% 的 RGO-A1 和 RGO-B1 改性 MC 尼龙导电复合材料进行电性能测试,结果列于表 1。

表 1 不同比表面积 RGO 改性 MC 尼龙导电复合材料的

电性能测试结果		
项目	RGO-A1	RGO-B1
表面电阻率/ Ω	2.21×10^5	6.38×10^{10}
体积电阻率/ $(\Omega \cdot m)$	5.52×10^5	6.56×10^{10}

由表 1 可以发现,RGO-B1 改性 MC 尼龙导电复合材料的电性能相对较低,其表面电阻率为 $6.38 \times 10^{10} \Omega$,体积电阻率为 $6.56 \times 10^{10} \Omega \cdot m$;而 RGO-A1 改性 MC 尼龙导电复合材料的电性能较为理想,其表面电阻率为 $2.21 \times 10^5 \Omega$,体积电阻率为 $5.52 \times 10^5 \Omega \cdot m$,达到 10^5 数量级。其原因是,RGO-A 的表观密度为 0.006 g/cm^3 ,而 RGO-B 的表观密度为 0.1 g/cm^3 ,RGO-A 的表观密度小,在质量相同时,其堆积体积大,在 MC 尼龙中容易分散,形成有效的导电网络,使复合材料的电性能更加优异。因此在后期实验中采用 RGO-A 进行实验研究。

2.2 RGO 表面处理方法的影响

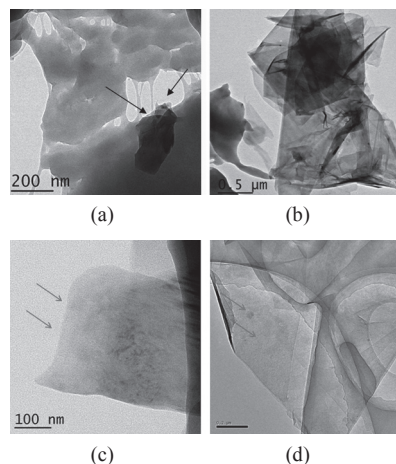
K. Miyasaka 等认为^[13],填充型复合材料的导电性能与高聚物-导电填料的界面能有很大关系。采用两种方法对 RGO-A 进行表面处理,两种 RGO-A 的质量分数均为 0.5%,测试 RGO-A 改性 MC 尼龙导电复合材料中的电性能,结果列于表 2。

表 2 不同表面处理的 RGO-A 改性 MC 尼龙导电复合材料的

电性能测试结果		
项目	RGO-A1	RGO-A2
表面电阻率/ Ω	8.56×10^8	4.21×10^{12}
体积电阻率/ $(\Omega \cdot m)$	8.62×10^8	4.51×10^{12}

由表 2 数据可以发现,RGO-A1 改性 MC 尼龙导电复合材料的表面电阻率为 $8.56 \times 10^8 \Omega$,体积电阻率为 $8.62 \times 10^8 \Omega \cdot m$;而 RGO-A2 改性 MC 尼龙导电复合材料的表面电阻率为 $4.21 \times 10^{12} \Omega$,体积电阻率为 $4.51 \times 10^{12} \Omega \cdot m$ 。RGO-A1 改性 MC 尼龙导电复合材料的电性能优于 RGO-A2 改性 MC 尼龙导电复合材料。可见在改善复合材料的导电性能方面,RGO-A1 的表面处理方法优于 RGO-A2 的表面处理方法。

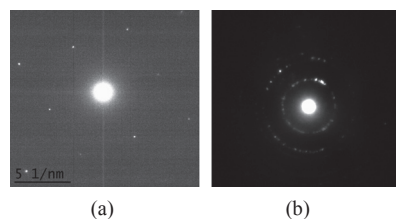
RGO-A 改性 MC 尼龙导电复合材料的 TEM 照片如图 1 所示。



a—RGO-A1 ($\times 12000$ 倍); b—RGO-A2 ($\times 5000$ 倍);
c—a 的局部放大图 ($\times 25000$ 倍); d—b 的局部放大图 ($\times 10000$ 倍)

图 1 RGO-A 改性 MC 尼龙导电复合材料的 TEM 照片

从图 1a、图 1b 可以发现,在石墨烯改性 MC 尼龙导电复合材料中存在 RGO-A 微片;从图 1a 的局部放大照片图 1c 中可以发现一片比较清晰的 RGO-A1 微片。从图 1b 的局部放大照片图 1d 可以发现,RGO-A2 与 RGO-A1 相似,均是片状结构。为讨论两种表面处理方法对 RGO-A 晶体结构的影响,对图 1c、图 1d 中的 RGO-A 进行选区电子衍射,得到其电子衍射照片,结果如图 2 所示。



a—RGO-A1; b—RGO-A2

图 2 RGO-A 选区电子衍射照片

由图 2a 可以发现,晶体光斑呈现六边形结构,是典型的石墨烯晶体特征。可见 RGO-A1 在分散到 MC 尼龙中后,存在有单片 RGO-A1 微片,团聚较少。而对比图 2b 明显发现,晶体光斑没有明显的石墨烯晶体特征,表现为石墨特征(光圈)。在导电复合材料体系中,树脂与导电填料的界面能影响复合材料导电网络的形成,石墨烯作为填充相,在聚合过程中形成石墨烯的导电网络^[13]。RGO-A1 经过表面预处理并经过 MC 尼龙原位聚合后,仍有不少 RGO-A1 微片保持原有形态,且分散效果较为理想,同时经偶联剂处理后的 RGO-A1 表面较活泼,与树脂界面结合好,易随着 MC 尼龙合成的进行而形成导电网络,表现出优良的宏观导电性能;而 RGO-A2 经过表面处理后,PVP 虽然能在很大程度上解决了

石墨烯的贮存团聚问题,但是没有偶联剂改善其与树脂的界面结合力,因此,相比于 RGO-A1,在相同含量下,RGO-A2 在复合材料中较难形成导电网络,其改性复合材料的宏观电性能较差。

2.3 RGO 含量的影响

不同 RGO-A1 含量的 RGO-A1 改性 MC 尼龙导电复合材料的表面电阻率和体积电阻率测试结果如图 3 所示。

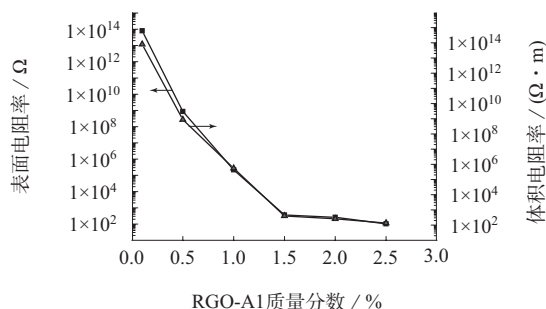


图3 不同 RGO-A1 含量下 RGO-A1 改性 MC 尼龙导电复合材料的表面电阻率和体积电阻率曲线

由图 3 可以发现,随着 RGO-A1 含量的增加,RGO-A1 改性 MC 尼龙导电复合材料的表面电阻率和体积电阻率都呈现下降趋势,电性能得到提高。

随着 RGO-A1 改性 MC 尼龙导电复合材料中导电填充物 RGO-A1 含量的增加,RGO-A1 改性 MC 尼龙导电复合材料的电阻率会在某一填料含量临界点(渗滤阈值)急剧减小,表现出优良的导电性能。由图 3 可知,RGO-A1 质量分数 1.5% 为其渗滤阈值,此时,RGO-A1 改性 MC 尼龙导电复合材料的表面电阻率达到 $3.6 \times 10^2 \Omega$,体积电阻率达到 $4.0 \times 10^2 \Omega \cdot m$ 。继续增加 RGO-A1 的质量分数至 2.5% 时,RGO-A1 改性 MC 尼龙导电复合材料的表面电阻率达到 $1.04 \times 10^2 \Omega$,体积电阻率达到 $1.35 \times 10^2 \Omega \cdot m$,其电性能变化明显减缓。

2.4 热性能分析

以纯 MC 尼龙为空白对比,分析质量分数为 2% 的 RGO-A1 改性 MC 尼龙导电复合材料的 TG 和 DSC 曲线如图 4、图 5 所示。

由图 4 可以发现,随着温度的升高,RGO-A1 改性 MC 尼龙导电复合材料和纯 MC 尼龙的 TG 曲线基本重合,两种材料都在 $310 \sim 315^\circ\text{C}$ 时开始分解,在 430°C 左右质量稳定。

由图 5 可以发现,纯 MC 尼龙在 200°C 时开始出现玻璃化转变区域,并伴随着 89.29 J/g 的焓变,并在 217.28°C 时出现峰顶;而 RGO-A1 改性 MC 尼

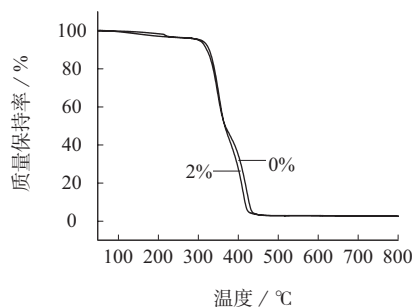


图4 RGO-A1 改性 MC 尼龙导电复合材料的 TG 曲线

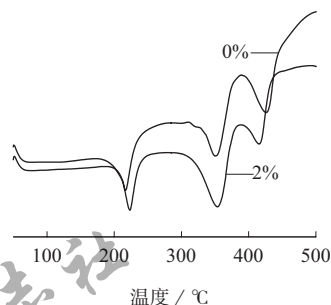


图5 RGO-A1 改性 MC 尼龙导电复合材料的 DSC 曲线

龙导电复合材料的玻璃化转变区域在 207.83°C 时开始出现,其焓变为 75.49 J/g ,在 223.11°C 时出现峰顶。可见,加入 RGO-A1 在一定程度上改变了 MC 尼龙链与链之间的作用力,石墨烯的加入相当于桥梁,使分子链段之间的相互作用力加强,因此玻璃化转变区域出现一定延后。

3 结论

(1) RGO 的表面处理方法和表观密度均影响 RGO 改性 MC 尼龙导电复合材料的电性能。RGO 原粉经过偶联剂处理、超声波分散后,制备的 RGO 改性 MC 尼龙导电复合材料表现出优良的电性能,且表观密度大的 RGO 对改性 MC 尼龙材料电性能的提高影响显著。

(2) 随着 RGO-A1 含量的增加,RGO-A1 改性 MC 尼龙导电复合材料的表面电阻率和体积电阻率都呈下降趋势,电性能得到提高。当 RGO-A1 质量分数为 2.5% 时,RGO-A1 改性 MC 尼龙导电复合材料中的表面电阻率达到 $1.04 \times 10^2 \Omega$,体积电阻率达到 $1.35 \times 10^2 \Omega \cdot m$;RGO-A1 质量分数 1.5% 为渗滤阈值,此时 RGO-A1 改性 MC 尼龙导电复合材料的电性能发生突变,此时,RGO-A1 改性 MC 尼龙导电复合材料的表面电阻率达到 $3.6 \times 10^2 \Omega$,体积电阻率达到 $4.0 \times 10^2 \Omega \cdot m$ 。

(3) 相比于纯 MC 尼龙,加入 RGO-A1 对改性 MC 尼龙导电复合材料的热性能影响不大,TG 曲线

基本重合,玻璃化转变区域出现一定延后。

参考文献

- [1] Warner J H, Schäffel F, Bachmatiuk A, et al. Graphene: Fundamentals and emergent applications[M]. Amsterdam:Elsevier, 2013.
- [2] Novoselov K S, Geim A K, Morozov S V, et al. Electric field effect in atomically thin carbon films[J]. Science, 2004, 306(5 696):666–669.
- [3] 杨全红, 吕伟, 杨永岗, 等. 自由态二维碳原子晶体—单层石墨烯[J]. 新型炭材料, 2008, 23(2):97–103.
Yang Quanhong, Lyu Wei, Yang Yonggang, et al. Free two-dimensional carbon crystal single-layer grapheme[J]. New Carbon Materials, 2008, 23(2):97–103.
- [4] Zhao Xin, Zhang Qinghua, Chen Dajun. Enhanced mechanical properties of graphene-based poly(vinyl alcohol) composites[J]. Macromolecules, 2010, 43(5):2 357–2 363.
- [5] Vadukumpully S, Paul J, Mahanta N, et al. Flexible conductive graphene/poly(vinyl chloride) composite thin films with high mechanical strength and thermal stability[J]. Carbon, 2011, 49(1):198–205.
- [6] Zhang Kai, Zhang Lili, Zhao X S, et al. Graphene / Polyaniline nanofiber composites as supercapacitor electrodes[J]. Chemistry of Materials, 2010, 22(4):1 392–1 401.
- [7] Huang Yingjuan, Qin Yawei, Wang Ning, et al. Reduction of graphite oxide with a grignard reagent for facile in situ preparation of electrically conductive polyolefin / graphene nanocomposites[J]. Macromolecular Chemistry and Physics, 2012, 213(7):720–728.
- [8] Yan Jun, Wei Tong, Shao Bo, et al. Preparation of a grapheme nanosheet / polyaniline composite with high specific capacitance[J]. Carbon, 2010, 48(2):487–493.
- [9] Fabbri P, Bassoli E, Bon S B, et al. Preparation and characterization of poly (butylene terephthalate) / graphene composites by in-situ polymerization of cyclic butylene terephthalate[J]. Polymer, 2012, 53(4):897–902.
- [10] Yan Jun, Wei Tong, Fan Zhuangjun, et al. Preparation of grapheme nanosheet / carbon nanotube / polyaniline composite as electrode material for supercapacitors[J]. Journal of Power Sources, 2010, 195(9):3 041–3 045.
- [11] 匡达, 胡文彬. 石墨烯复合材料的研究进展[J]. 无机材料学报, 2013, 28(3):235–246.
Kuang Da, Hu Wenbin. Research progress of grapheme composites[J]. Journal of Inorganic Materials, 2013, 28(3):235–246.
- [12] 孙艳红, 赵家昌, 唐博合金, 等. 石墨烯复合材料的研究进展[J]. 上海工程技术大学学报, 2011, 25(3):252–257.
Sun Yanhong, Zhao Jiachang, Tang Bohejin, et al. Research progress of grapheme-based composites materials[J]. Journal of Shanghai University of Engineering Science, 2011, 25(3):252–257.
- [13] Miyasaka K, Watanabe K, Jojima E, et al. Electrical conductivity of carbon-polymer composites as a function of carbon content[J]. Journal of Materials Science, 1982, 17(6):1 610–1 616.
- [14] 黄芮, 邵雄, 张恺宇, 等. 原位聚合法制备石墨烯改性水性环氧-丙烯酸酯乳液及其防腐性能研究[J]. 涂料工业, 2017, 47(12):30–35.
Huang Rui, Shao Xiong, Zhang Kaiyu, et al. Preparation and corrosion resistance of waterborne epoxy-acrylate emulsion modified by grapheme oxide with in-situ polymerization method[J]. Paint & Coatings Industry, 2017, 47(12):30–35.
- [15] 朱宏伟, 徐志平, 谢丹, 等. 石墨烯—结构、制备方法与性能表征[M]. 北京: 清华大学出版社, 2011.
Zhu Hongwei, Xu Zhiping, Xie Dan, et al. Graphene-structure, preparation method and performance characterization[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2011.
- [16] 陈晓康, 宇陪森, 徐静静, 等. 石墨烯改性环氧树脂的研究进展[J]. 热固性树脂, 2017, 32(5):51–56.
Chen Xiaokang, Ning Peisen, Xu Jingjing, et al. Research progress of grapheme modified epoxy resins[J]. Thermosetting Resin, 2017, 32(5):51–56.
- [17] 史军华, 胡伟达, 陈宪宏. 石墨烯改性环氧树脂过程中快速纯化功能化石墨烯的方法[J]. 湖南工业大学学报, 2017, 31(3):69–74.
Shi Junhua, Hu Weida, Chen Xianhong. A rapid purification method of functionalized grapheme in the procee of modified epoxy resin with grapheme[J]. Journal of Hunan University of Technology, 2017, 31(3):69–74.
- [18] 槐抗抗, 谷琦琦, 郭何云, 等. 石墨烯改性水性丙烯酸树脂涂料的制备与性能[J]. 材料保护, 2017, 5(1):40–44.
Huai Kangkang, Gu Qiqi, Guo Heyun, et al. Preparation and property of water-based acrylic resin coating modified with grapheme[J]. Materials Protection, 2017, 5(1):40–44.
- [19] 李记伟, 陈俊聿, 鲍沂沂, 等. 双乳液制备石墨烯 / 聚苯胺复合材料[J]. 合成技术及应用, 2017, 32(3):6–11.
Li Jiwei, Chen Junyu, Bao Yiyi, et al. Preparation of grapheme / polyaniline conductive composites via double emulsions[J]. Synthetic Technology and Application, 2017, 32(3):6–11.

南韩开发出利用葡萄糖制造塑料的技术

南韩成功开发出利用葡萄糖制造塑料的技术, 研究结果刊登在国际学术杂志《自然通讯》上。

南韩科学技术信息通信部介绍, 由南韩科学技术院(KAIST)生物化学工程系教授李相焯带领的研究组和梨花女子大学化学新材料工程学院教授朴始宰教授带领的研究

组成功开发出了这一塑料生产技术。

研究组为了生产一种用于饮料瓶或食品包装材料的塑料“芳香族聚酯”, 改变大肠杆菌的基因, 然后为已变形的大肠杆菌注入葡萄糖, 进而生产出“芳香族聚酯”。

研究组介绍, 利用该项技术可合成多种塑料, 将对生物塑料产业的发展作出贡献。
(中时电子报)