

# 相转移法制备氧化石墨烯/环氧树脂纳米复合材料

唐欣磊, 肖国花, 彭懋\*

高分子合成与功能构造教育部重点实验室, 浙江大学高分子科学与工程学系



## 研究背景

氧化石墨烯(GO)是石墨烯的衍生物和前驱体, 具有与石墨烯基本一致的二维平面结构, 和类似的力学性能。由于其表面和边缘存在大量的极性基团, GO具有良好的亲水性, 可以均匀分散在水中。GO与环氧树脂(EP)的复合材料已经有较多的报道, 但是通常都需要借助丙酮等有机溶剂将GO分散在EP中, 不仅工艺路线较长, 而且不环保。

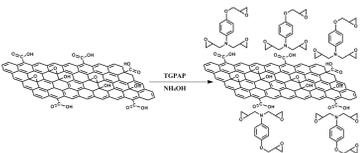
## 研究目的

利用相转移法将GO从水相直接转移到环氧树脂相中, 从而制备分散良好的氧化石墨烯/环氧树脂复合材料。

## 实验方法

通过改进的Hummers法制备GO水分散液。向200g环氧树脂中加入一定量浓度为5mg/mL的GO水溶液, 搅拌几分钟后发现上部的水相变澄清, 说明氧化石墨已全部转移到环氧树脂中, 即可将水倒出, 将上述过程重复多次, 直至GO与环氧树脂的质量比为2/100。继续搅拌上述混合物, 并尽量除水。将混合物转移到真空干燥箱中, 在80℃真空干燥6h。按不同比例在混合物中加入环氧树脂将GO稀释到所需的含量。

加入环氧树脂质量分数50%的固化剂DMTDA, 转移到120℃下预热的模具中固化。固化条件为120℃到150℃固化1h, 150℃到170℃固化3h, 170℃到200℃固化1h。



**表征:** 利用光学显微镜、扫描电子显微镜(SEM)、先进流变扩展系统(AR-G2)、X射线衍射仪(XRD)来对聚合物结构和性能进行表征。

## 1. 光学显微镜表征

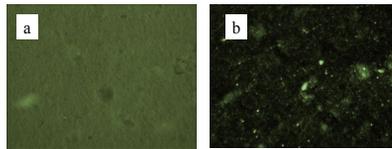


Fig. 1 (a) Non-polarized and (b) polarized optical microscope images of GO/EP dispersions with a GO to EP ratio of 2:100.

Fig. 1 分别是GO/环氧树脂分散体系在非偏光和偏光状态下的光学显微镜照片, 可以看出氧化石墨烯在环氧树脂预聚体中分散良好, 没有明显的团聚现象出现。

## 2. SEM表征

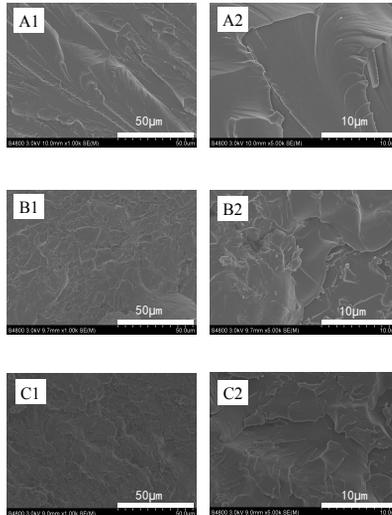


Fig. 2 SEM images of (A) EP and GO/EP composites with a GO to EP ratio of (B) 0.5:100 and (C) 1:100.

Fig. 2 分别是纯环氧树脂和GO/环氧树脂复合材料的断面的SEM照片, 可以看出, 纯环氧树脂的断面比较平滑, 并且断裂条纹的方向基本一致。当添加了GO后, 复合材料断面的微观形貌发生了明显变化, 不仅非常粗糙, 而且断裂条纹的取向程度低, 因此可以推测GO对样条破坏及裂纹的扩展有一定的阻碍作用, 并且从断面上, 未发现复合材料中的GO有明显的团聚现象。

## 3. 流变表征

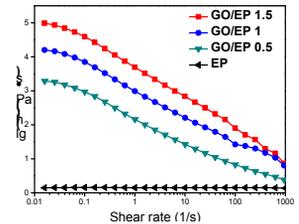


Fig. 3 Shear viscosity as a function of shear rate for EP and GO/EP dispersions.

## 4. XRD表征

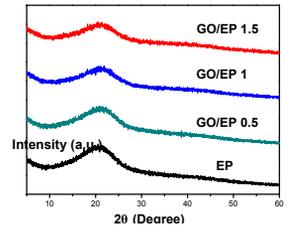


Fig. 4 XRD patterns of EP and GO/EP composites.

## 结论

- 利用相转移法可以将氧化石墨烯从水相中直接转移到缩水甘油胺型环氧树脂, 从而制备分散性良好的复合材料。
- 该方法的优点是工艺简便, 分散效果好, 并且在制备加工过程中不使用任何有机溶剂, 克服了现有技术的缺点。今后将对产物的物理机械性能进行系统全面的表征。

Email: pengmao@zju.edu.cn

## 致谢

本工作得到国家自然科学基金(51173158)的资助。