

О.В. Стоянов, зав. кафедрой, проф.;  
Л.Р. Сафина магистрант; И.И. Бойко асп.;  
В.Ф. Шкодич доц.; Н.Е. Темникова доц.  
(ФГБОУ ВО КНИТУ, г. Казань)

## **СТРУКТУРИРОВАНИЕ РЕЗОЛЬНЫХ ФЕНОЛО-ФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ ОЛИГОМЕРОВ ДЕТОНАЦИОННЫМИ НАНОАЛМАЗАМИ**

В полимерной химии интенсивно ведутся работы, направленные на создание наноструктурированных полимерных композиций с углеродными наноматериалами в качестве структурирующих, «активных» объемных модификаторов для полимерных матриц [1]. Наиболее широкое распространение получили углеродные нанотрубки [2], детонационные наноалмазы, алмазная шихта [3] и фуллерены. Полимеры, содержащие наноалмазы (НА), зарекомендовали себя как обладающие высокими механическими, триботехническими и адсорбционными характеристиками [3]. Большинство работ посвящено именно структурированию углеродными наночастицами эпоксидных и уретановых олигомеров, тогда как феноло-формальдегидный олигомер (ФФО) может быть не менее интересен ввиду того, что он легко и эффективно поддается различного рода модификациям.

В данной работе наноалмазы подвергались непродолжительной высокоэнергетической механической обработке (ВЭМО) в планетарной шаровой мельнице АГО-2 с водяным охлаждением в среде аргона (центростремительное ускорение шаров 90g) с целью самопроизвольного диспергирования НА в феноло-формальдегидных олигомерах резольного типа и создания композитов с направленно сформированной топологической структурой и повышенными эксплуатационными характеристиками.

Равномерное распределение НА в полимерной матрице одна из наиболее важных задач для получения материалов с улучшенными характеристиками, поэтому были получены кривые полидисперсности по установлению седиментационно-устойчивого состояния в режиме реального времени без перемешивания. С увеличением времени ВЭМО размер частиц наноалмазов в спиртовом растворе связующего (концентрация ФФО 5% мас.) наблюдается узкое распределение частиц по размерам, а процесс распределения протекает более длительно (необработанные НА – 51 минута, обработанные НА в течение 5 минут – 117 минут, обработанные НА в течение 10 минут – 170 минут). Агрегативная устойчивость таких систем, содержащих обработанные

НА, увеличивается до 6 месяцев.

Для изучения структурирующей способности обработанных и необработанных НА использовали УФ-спектры поглощения растворов ФФО в спирте при концентрации 0,09 мг/мл, содержащие обработанные в течение 10 минут НА. Наблюдаемые изменения в спектрах поглощения свидетельствуют о слабых взаимодействиях в бензольном кольце т.к. длина максимума полосы смещается незначительно в длинноволновую область спектра. Наблюдаемое незначительное уменьшение электронной плотности в  $\pi$  электронной системе замещенного ароматического кольца возможно объяснить физической адсорбцией гидроксильных групп ФФО на поверхность наноалмазов. Также наблюдается неаддитивный характер изменения интенсивности оптической плотности максимума поглощения, соответствующего его  $\pi \rightarrow \pi^*$  взаимодействию в сопряженной системе замещенного бензольного кольца, а форма спектра и положение меняется незначительно.

Качественный анализ ИК-спектров позволяет сделать вывод об образовании Н-связей с участием  $\pi$ -электронов бензольного кольца. Введение обработанных НА оказывает незначительное смещение частот  $\equiv\text{C}-\text{OH}$  группы ( $\Delta\nu_s=9.96 \text{ см}^{-1}$ ). Полоса деформационного внеплоскостного колебания  $-\text{OH}$  группы смещается в область высоких частот. В области валентных колебаний  $=\text{C}=\text{C}=\text{C}$  в ароматическом кольце при  $1459 \text{ см}^{-1}$  происходит расщепление полосы в дублет.

На основании проведенных исследований можно предположить перспективность эффективного применения наноалмазов для создания полимерных наноструктурированных композиционных материалов. Подобные полимеры могут применяться как самостоятельные материалы или для пропитки в сэндвич-панелях, а также для изготовления материалов конструкционного назначения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Dolmatov, VYu. *Russ. Chem. Rev.* 2007, 76(4), 339–360.
2. Sung Thae Kim, Hyoung Jin Choi, Soon Man Hong *Colloid. Polym. Sci.* 2007, 285, 593-598.
3. Ozerin A.N., Kurkin T.S., Alkhanishvili G.G., Kechekyan A.S., Gritsenko O.T., Perov N.S., Ozerina L.A., Beshenko M.A., Dolmatov V.Y. *Nanotechnologies in Russia.* 2009, 4(7-8), 480-488.