Синтез углеродных нанотрубок в плазмоструйном реакторе в присутсТвии катализаторов

Р.Х. Амиров, Э.Х. Исакаев, М.Б. Шавелкина, \*Т.Б. Шаталова

Объединенный институт высоких температур РАН, Москва, [mshavelkina@gmail.com](mailto:mshavelkina@gmail.com)  
\*Московский государственный университет, Москва, [shatalova@inorg.chem.msu.ru](mailto:shatalova@inorg.chem.msu.ru)

С целью разработки высокопроизводительной технологии получения углеродных нанотрубок (УНТ) исследован их синтез на плазмоструйной установке на основе плазмотрона постоянного тока с конструктивными особенностями, обеспечивающими широкие возможности для развития исследований при испарении материалов на основе углерода и их последующей конденсации [1]. Эксперименты были проведены при электрической мощности плазмотрона вплоть до 25 кВт. В качестве рабочего газа применялись гелий и аргон. Гелий использовался при давлениях 350-710 Торр и при изменении расхода от 0,5 до 1 г/ сек, расход аргона составлял от 1,5 до 3 г/сек при давлениях 450 - 600 Торр. Синтез УНТ при пиролизе сажи осуществлялся в присутствии катализаторов - металлических мелкодисперсных порошков Ni, Co, Y2O3. Расход сажи с катализаторами составлял 0,3-1,3 г/мин. Для исследования структуры получаемых продуктов применялся метод рентгеновской дифракции и метод электронной микроскопии. Для оценки фазового состава углеродных наноматериалов применялся метод термогравиметрии. Для анализа использовались продукты конденсации углерода, взятые из разных областей металлической мишени [1], полученные при варьировании концентрации катализаторов, давления плазмообразующего газа и его расхода.

При давлении гелия 600 Торр и весовом содержании в саже катализаторов 10% (Ni +Co) наблюдалось образование квазиаморфной структуры, отвечающее состоянию пластически деформированного материала, на поверхности которого расположились частицы Ni и Co. Добавка Y2О3 в сажу при весом соотношение Ni : Co : Y = 5,4% : 5,4% : 7,2% и снижение давления плазмообразующего газа до 500 Торр инициировало образование УНТ диаметром 60 нм. При 600 Торр Ar продукт синтеза содержал УНТ в виде «морского ежа». Уменьшение скорости подачи сажи с катализаторами с соотношением Ni : Co : Y = 4,5% : 4,5% : 6,0% и давлении Не 500 Торр до 0.32 г/мин увеличило выход НТ . При этом наблюдался разброс диаметра УНТ. УНТ были дефектны по структуре и распределены по квазиаморфной поверхности матрицы сажи, а не перпендикулярно к ней. Было установлено отличие морфологии получаемых продуктов на центре мишени и на периферии. На периферии в качестве наноструктур выступают полиэдрические частицы. В целом при использовании гелия образование УНТ существенно выше, чем при применении аргона. При использовании аргона образуется большое количество аморфного углерода и сфероидальных наночастиц. Диаметр синтезируемых углеродных нанотрубок менялся от 16 до 74 нм в зависимости от условий. Морфологические исследования согласуются с данными термогравиметрии.

В целом получены экспериментальные данные, позволяющие поэтапно масштабировать процесс получения УНТ желаемой морфологии. Установлена связь структурных и морфологических свойств УНТ, получаемых при испарении мелкодисперсной сажи в присутствии высокопроцентных комбинированных катализаторов, с составом катализатора.

Литература

1. R.H. Amirov, E.I. Asinovsky, E.Kh. Isakaev and V.I. Kiselev // Journal of High Temperature Material Process. 2006. V.10. No2. P.197.