**Влияние силы тока и концентрации электролита на процесс гальваностатического окисления графита в азотной кислоте**

***Камаев А.О.***

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,*

*химический факультет, Москва, Россия*

*E–mail: kamaevalexey@gmail.com*

Оксид графита (ОГ) представляет собой слоистое соединение, состоящее из графеновых слоев, к которым присоединены различные функциональные группы: гидроксильные, карбоксильные и др. Уникальная структура ГО обуславливает его гидрофильное поведение, что позволяет использовать его в различных областях, таких как производство топливных элементов [1], очистке воды [2] или производстве сверхпрочных тонких пленок [3]. На сегодняшний день, большое количество работ посвящено электрохимическому способу получения оксида графита. Так, в литературе показано, что получение ОГ возможно при электрохимическом окислении графита в различных кислотах. Наиболее распространенным электролитом на сегодняшний день является концентрированная серная кислота [4, 5]. Тем не менее, в литературе показано, что синтез возможен и в азотной кислоте [6, 7]. Однако, в таком случае, получаемый продукт оказывается загрязненным исходным графитом. Варьирование различных параметров, таких как концентрация электролита или плотность пропускаемого электричества, может помочь решить эту проблему. Таким образом, целью работы был поиск условий, в которых окисление графитовой матрицы происходит наиболее полно.

Синтез проводили в трехэлектродной ячейке с каломельным электродом сравнения. В качестве рабочего и вспомогательного электродов выступала тонкая графитовая бумага толщиной 17 мкм и массой около 10 мг. В ходе синтеза варьировалась плотность тока (от 0,5 до 50 мА/см2) Электролитом выступала азотная кислота концентрацией от 10 до 65 масс.%. Полученные образцы исследовались методами рентгенофазового анализа, спектроскопии комбинационного рассеяния (КР) а также энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии.

В результате работы выяснилось, что увеличение плотности тока приводит к сильной аморфизации получаемого продукта. При этом количество электричества, необходимого для окончания процесса переокисления графитовой матрицы, растет, что связано с протеканием различных побочных реакций, таких как разложение элетролита. С другой стороны, при малых токах (0,5 мА/см2), переокисления графита практически не происходит, и реакция останавливается на стадии интеркалирования.

Также было выяснено, что процесс образования интеркалированных соединений графита (ИСГ) является необходимым для полного окисления графитовой матрицы. Показано, что образование ИСГ происходит в электролитах с концентрацией азотной кислоты больше 50 масс.%. При уменьшении концентрации электролита, в продукте остаются неокисленные графитовые домены, что было подтверждено при помощи рентгенофазового анализа.

**Литература**

1. Chen, J., Perez-Page, M., Ji, Z., Zhang, Z., Guo, Z., Holmes, S. One step electrochemical exfoliation of natural graphite flakes into graphene oxide for polybenzimidazole composite membranes giving enhanced performance in high temperature fuel cells. // Journal of Power Sources. 2021. V. 491, 229550.
2. Khaliha, S., Bianchi, A., Kovtun, A., Tunioli, F., Boschi, A., Zambianchi, M., Paci, D., Bocchi, L., Valsecchi, S., Polesello, S., Liscio, A., Bergamini, M., Brunetti, M., Luisa Navacchia, M., Palermo, V., Melucci, M. Graphene oxide nanosheets for drinking water purification by tandem adsorption and microfiltration. // Separation and Purification Technology. 2022. V. 300. 121826.
3. Wang, S., Sun, X., Xu, F., Yang, M., Yin, W., Li, J., Li, Y. Strong yet tough graphene/graphene oxide hybrid films. // Carbon. 2021. V. 179. P. 469–476.
4. Gurzęda B., Buchwald T., Nocuń M., Ba̧kowicz A., Krawczyk P. Graphene Material Preparation through Thermal Treatment of Graphite Oxide Electrochemically Synthesized in Aqueous Sulfuric Acid. // RSC Adv. 2017. V. 7. P. 19904−19911.
5. Pei, S., Wei, Q., Huang, K., Cheng H-M., Ren W. Green synthesis of graphene oxide by seconds timescale water electrolytic oxidation. // Nat Commun **9**. 2018. V. 145.
6. Gurzeda B., Krawczyk P. Potential oscillations affected by the electrochemical overoxidation of graphite in aqueous nitric acid. // Electrochimica Acta. 2018. V. 267. P. 102-109.
7. Avdeev V.V., Tverezovskaya O.A., Sorokina N.E. Spontaneous and Electrochemical Intercalation of HNO3 into Graphite. // Molecular Crystals and Liquid Crystals Science and Technology. Section A. Molecular Crystals and Liquid Crystals // 2000. V. 340. P. 137-142.