

Особенности структуры терморасширенного графита: влияние на сорбционные свойства и гидрофобность поверхности

Дивицкая Д.А., Иванов А.В., Максимова Н.В., Авдеев В.В.

Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Россия

divitskayadasha@gmail.com

Терморасширенный графит (ТРГ) является перспективным макропористым сорбентом нефти и жидких углеводородов с поверхности воды. Получение терморасширенного графита включает синтез интеркалированных соединений графита (ИСГ), окисленного графита и его терморасширение. Способ получения ТРГ оказывает существенное влияние на структуру материала и его сорбционные свойства: сорбционную емкость и селективность сорбции воды/октана [1, 2]. Таким образом, целью настоящей работы было исследование взаимосвязи между структурой терморасширенного графита, полученного на основе бисульфата графита различных ступеней, его сорбционными свойствами и смачиваемостью водой. Структура терморасширенного графита была исследована методами РФА, СЭМ, ИК-Фурье-спектроскопии, спектроскопии комбинационного рассеяния, методом низкотемпературной адсорбции-десорбции азота.

В результате работы было установлено, что смачиваемость водой ТРГ обусловлена высокой доступной краевой площадью поверхности, на которой локализованы гидрофильные кислородные группы. Наличие данных групп в структуре ТРГ приводит к увеличению вклада полярной составляющей свободной поверхностной энергии и, соответственно, увеличению смачиваемости ТРГ водой.

Пористая структура образцов исследовалась методом адсорбции-десорбции азота. Полученные изотермы свидетельствует о макропористой природе образцов и наличии в них щелевидных пор. Объем мезопор ($V_{\text{мезо}}$) и микропор ($V_{\text{микро}}$) в ТРГ увеличивается при уменьшении номера ступени исходного ИСГ (Таблица 1). Таким образом, образцы, полученные на основе ИСГ 1 ступени (ТРГ-1), имеют наибольший объем микропор и наибольшую площадь поверхности ($s_{\text{уд}}$) в сравнении с ТРГ, полученным на основе ИСГ 4 ступени (ТРГ-4) (Таблица 1). При этом большой объем макропор обеспечивает высокую сорбционную способность по отношению к октану, а наличие мезопор и микропор в межкристаллитном пространстве обеспечивает медленную диффузию жидкости после заполнения макропор.

Методом комбинационного рассеяния было показано, что увеличение соотношения интенсивностей D пика и G пика I_D/I_G и их площадей A_D/A_G

для ТРГ-1 по сравнению с ТРГ-4 характеризует уменьшение кристаллитов вдоль оси a (L_a) с 660 до 130 нм. При этом изменение размера кристаллитов вдоль оси c (L_c), определенное на основе данных РФА, при уменьшении номера ступени незначительно (Таблица 1).

Таким образом, терморасширение окисленного графита на основе ИСГ 1 ступени с большей глубиной окисления приводит к образованию более дефектных углеродных фрагментов. ТРГ-1 характеризуется большей площадью боковой поверхности с кислородными группами и имеет более высокую сорбционную емкость по отношению к воде ($S_{\text{вода}}$) (Таблица 1). При этом ТРГ-1 обладает большой сорбционной емкостью по отношению к октану ($S_{\text{октан}}$), что связано с его высокой макропористостью.

Окисленный графит на основе ИСГ 4 ступени характеризуется меньшим количеством кислородных групп, соответственно, при его терморасширении меньше этих групп сохраняется на поверхности терморасширенного графита (ТРГ-4) после нагрева. ТРГ-4 характеризуется большим размером кристаллитов вдоль оси a . Доступная площадь краевой поверхности с кислородными группами существенно меньше площади базальной плоскости. Это, в свою очередь, приводит к более высокой гидрофобности и более низкой сорбционной емкости по отношению к воде (Таблица 1). В то же время, меньшая сорбционная способность по отношению к октану может быть объяснена меньшей микро- и мезопористостью ТРГ-4.

Табл. 1. Характеристики структуры терморасширенного графита, полученного на основе ИСГ различных ступеней.

Образец	L_a , нм	L_c , нм	$S_{\text{уд}}$, м ² /г	$V_{\text{мезо}}$, см ³ /г	$V_{\text{микро}}$, см ³ /г	$S_{\text{вода}}$, г/г	$S_{\text{октан}}$, г/г
ТРГ-4	660	32	28	0,059	0,0052	1,4	20,0
ТРГ-3	310	30	36	0,089	0,0068	1,5	21,3
ТРГ-2	220	28	43	0,114	0,0086	2,6	22,0
ТРГ-1	130	27	49	0,100	0,0113	7,3	21,9

Исследование выполнено в рамках работ по теме № АААА-А21-121011590086-0 гос. задания.

[1] S. Hou, S. He, T. Zhu, et al. *Journal of Materiomics* 7 (2021) 136–145.

[2] M. Toyoda, S. Hou, Z.-H. Huang, M. Inagaki. *Carbon Letters* 33 (2023):335–362.