

УДК 546.26

ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОПОРИСТОГО УГЛЕРОДА ИЗ САХАРОЗЫ

Николай Викторович Бучилин

кандидат технических наук, доцент

isk115599@rambler.ru

Иван Павлович Криволапов

кандидат технических наук, доцент

ivan0068@bk.ru

Сергей Юрьевич Щербаков

кандидат технических наук, доцент

Scherbakov78@yandex.ru

Мичуринский государственный аграрный университет,
г. Мичуринск, Россия

Аннотация. Разработка методов получения материалов на основе высокопористого графита является актуальной задачей. Такие материалы используются в качестве носителей катализаторов, высокопроницаемых фильтров и матриц композитов. В настоящей работе рассмотрен метод получения высокопористого проницаемого материала на основе углерода посредством реакции сахарозы с серной кислотой. Показано, что данный метод позволяет получать материалы с пористостью до 80-85 %. Для достижения указанной пористости отношение серной кислоты к сахарозе должно составлять 1,5-1,75.

Ключевые слова: высокопористые материалы, пористый углерод, сахароза, сахар, серная кислота, обугливание сахара

Материалы на основе углерода являются перспективными для использования во многих сферах человеческой деятельности благодаря сочетанию низкой плотности и относительно высокой прочности углерода [1-5].

Углерод существует в большом числе аллотропных модификаций, наиболее распространённой из которых является графит [6-7]. Разнообразие модификаций обусловлено способностью углерода образовывать различные комбинации из ковалентных связей между его атомами [8-9]. Основные физические свойства графита: плотность – 2100-2230 кг/м³, твёрдость – 1 класс по шкале Мооса, прочность при растяжении – 9-14 МПа, при сжатии – 20-29 МПа [1].

Типичными материалами на основе углерода являются графитовые пресс-формы, нагревательные элементы, графитовое волокно и композиционные материалы на основе волокон и неволокнутого графита [10]. Такие материалы находят применение в авиа- и ракетостроении, сельском хозяйстве, бытовых электроприборах, товарах народного потребления [11]. Также углерод может быть использован как основа для создания высокопористых материалов. Область применения таких материалов – фильтрующие элементы, теплоизоляционные и теплозащитные покрытия, носители катализаторов, в том числе для очистки отходящих газов при сжигании топлива.

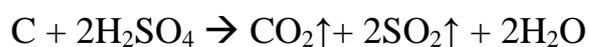
Также пористый углерод является полуфабрикатом для создания композиционных материалов с углеродной матрицей. Опыт эксплуатации углепластиков выявил некоторые их недостатки, в частности недостаточную жёсткость, недостаточную прочность при сдвиге и сжатии, сопротивление истиранию, ограниченный выбор методов соединения с металлическими конструкциями и матрицами. Эти недостатки связаны с высокой дефектностью структуры углерода, входящего в состав композиционных материалов на его основе. Одним из путей уменьшения количества дефектов в структуре углерода является создание высокопористых материалов с малыми размерами

межпоровых перемычек, в которых не будут концентрироваться дислокации кристаллов.

Настоящая работа посвящена рассмотрению метода получения высокопористого графита из сахарозы и серной кислоты.

Для синтеза графита использовался 98 масс.% серную кислоту и сахарозу марки ЧДА дисперсностью 1-100 мкм. Реакция дегидратации и вспенивания сахарозы осуществлялась в стеклянной колбе объёмом 1 л. Масса каждой навески сахарозы для проведения реакции составляла 50 гр. Перемешивание реагентов осуществлялось при помощи лабораторной мешалки в течение 10 секунд до однородного смешения компонентов. Полученные по реакции образцы пористого углерода сушили в сушильном шкафу при температуре 150 °С до постоянной массы. Пористость определяли геометрическим методом из расчёта, что истинная плотность графита составляет 2150 кг/м³.

Эффект получения высокопористого графита указанным методом основан на протекании химических реакций дегидратации сахара в присутствии водоотнимающего агента (серной кислоты), а также образования вспенивающих газов: углекислого и сернистого. Данные реакции можно описать следующими уравнениями:



Как видно из представленных уравнений, для полного превращения сахарозы в углекислый газ по стехиометрии масса серной кислоты должна превышать массу сахарозы в 6,6 раз, без учёта количества серной кислоты, не вступающей в окислительно-восстановительную реакцию и расходуемую только на дегидратацию сахарозы. Таким образом, реальная масса серной кислоты, необходимой для образования высокопористого графита, должна быть близкой к массе сахарозы.

Экспериментальное определение пористости получаемых материалов в зависимости от изменения соотношения компонентов в реакционной смеси показано на рисунке 1.

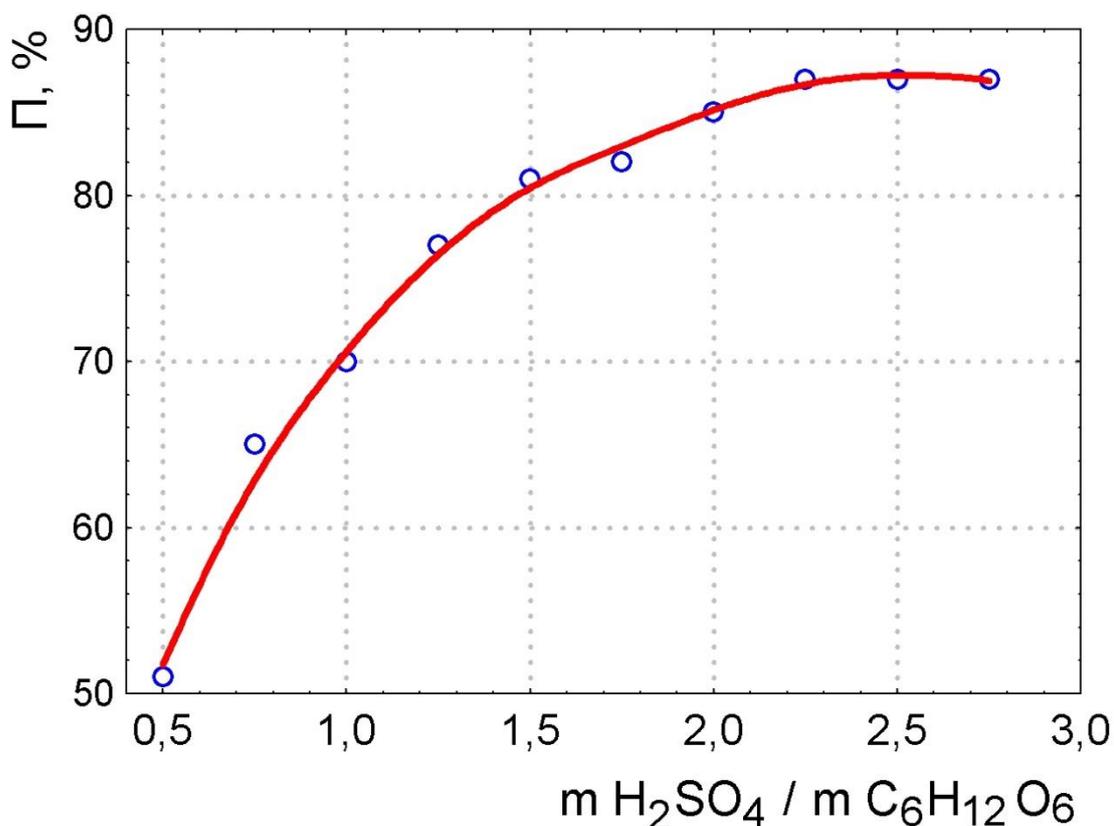


Рисунок 1 - Влияние соотношения серной кислоты к сахарозе на пористость графита

Как видно из рисунка 1, максимальная пористость материала в 85 % достигается при соотношении кислота / сахароза в 1,75-2,75. Однако при этих соотношениях выше 1,75 пористые материалы получают охрупченными и разваливаются при малейшем механическом воздействии. Таким образом, оптимальным для получения высокопористых материалов на основе графита являются соотношения серной кислоты к сахарозе 1,5-1,75. Для создания материалов с ещё большей пористостью и приемлемой прочностью необходимо проводить исследования по варьированию концентрации серной кислоты, а также температурно-временных условий протекания реакции.

Список литературы:

1. Ипполитов Е.Г., Артемов А.В., Батраков В.В. Физическая химия / – М.: Издательский центр «Академия». 2005. 448 с.
2. Коломиец А.А., Манаенков К.А., Найденов А.А. Оценка показателей надежности автотранспортных средств // Наука и Образование. 2021. Т. 4. № 1. С. 47
3. Щербаков С.Ю., Криволапов И.П., Стрельников Д.И., Коробельников А.П. Характеристика методов проведения анализа риска // Наука и Образование. 2019. Т. 2. № 4. С. 253.
4. Чиркин С.О., Картечина Н.В., Рубанов В.А. Применение искусственного интеллекта в сельском хозяйстве // Наука и Образование. 2022. Т. 5. № 2.
5. Торицына В.Н., Картечина Н.В., Яшина Т.К., Васильев В.П. Реализация проектов машинного обучения и искусственного интеллекта // В сборнике: Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК. материалы Международной научно-практической конференции. Мичуринск-наукоград РФ, 2021. С. 224-225.
6. Бучилин Н.В., Басаргин О.В., Варрик Н.М., Луговой А.А. Особенности спекания высокопористых керамических материалов на основе системы Al_2O_3 – MgO // Неорганические материалы. 2020. Т. 56. № 4. С. 438-445.
7. Бучилин Н.В., Аксеновский А.В., Щербаков С.Ю. Моделирование распространения загрязняющих веществ, образующихся в результате работы источников выброса // Наука и Образование. 2023. Т. 6. № 1.
8. Бобрович Л.В., Андреева Н.В., Картечина Н.В., Никонорова Л.И., Пчелинцева Н.В. Повышение точности определения вариационно-статистических характеристик и оценки различий в исследованиях // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2019. № 3 (29). С. 69-75.

9. Бучилин Н.В., Аксеновский А.В., Щербаков С.Ю. Кинетика ингибирования процессов горения угля // Наука и Образование. 2022. Т. 5. № 3. <http://opusmgau.ru/index.php/see/article/view/4940/5019> (электронный журнал)

10. Строкова Я.А., Клименко Н.Н. Комплексная щелочно-щелочноземельная активация гранулированного доменного шлака // Успехи в химии и химической технологии. 2019. Т. 33. № 4. С. 130-132.

11. Картечина Н.В., Макова Н.Е., Шацкий В.А., Дорохова А.М. Информационная модель учета сельскохозяйственной техники // Наука и Образование. 2021. Т. 4. № 1. С. 40

UDC 546.26

PRODUCTION OF HIGHLY POROUS CARBON FROM SUCROSE

Nikolai V. Buchilin

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
isk115599@rambler.ru

Ivan P. Krivolapov

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
ivan0068@bk.ru

Sergey Yu. Sherbakov

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Scherbakov78@yandex.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Abstract. The development of methods for obtaining of materials based on highly porous graphite is an urgent task. Such materials are used as catalyst carriers, highly permeable filters and composite matrices. In this paper, a method for obtaining

a highly porous permeable carbon-based material by the reaction of sucrose with sulfuric acid is considered. It is shown that this method makes it possible to obtain materials with porosity up to 80-85%. To achieve this porosity, the ratio of sulfuric acid to sucrose should be 1.5-1.75.

Keywords: highly porous materials, porous carbon, sucrose, sugar, sulfuric acid, sugar charring.

Статья поступила в редакцию 17.11.2023; одобрена после рецензирования 20.12.2023; принята к публикации 25.12.2023.

The article was submitted 17.11.2023; approved after reviewing 20.12.2022; accepted for publication 25.12.2023.