

03;04

Сорбция водорода веществами на основе углерода, полученными в углеродно-гелиевой плазме

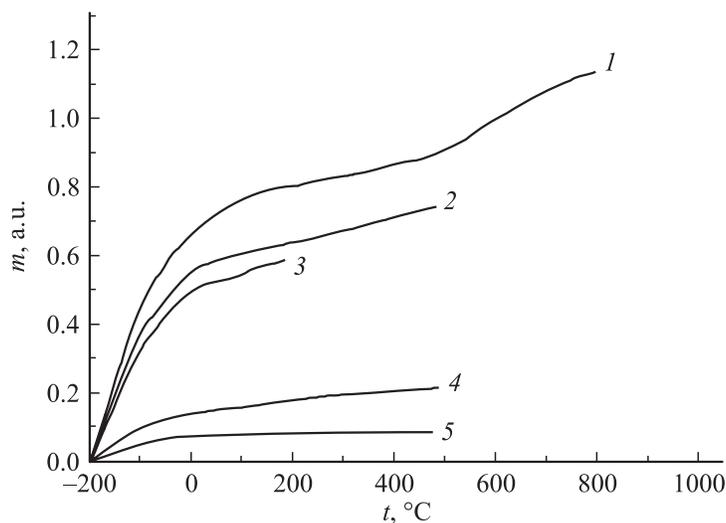
© Г.Н. Чурилов, Е.М. Костиневич, С.А. Марченко, Г.А. Глущенко,
Н.В. Булина, А.И. Зайцев, Н.Г. Внукова

Институт физики СО РАН, Красноярск
E-mail: churilov@iph.krasn.ru

Поступило в Редакцию 17 сентября 2004 г.

Исследована сорбция водорода углеродными продуктами, синтезированными в углеродно-гелиевой плазме, образующейся при дуговом разряде. Рассмотрены: фуллеренсодержащая сажа, экстракт фуллереновой смеси, углеродный конденсат и науглероженный Al_2O_3 . Выполненные исследования показали, что наиболее эффективно сорбируют молекулярный водород углеродные одностеночные нанотрубки.

Экология, экономика и технология требуют освоения новых источников энергии. Большое внимание уделяется водородной энергетике. Ключевой проблемой считается решение задачи безопасного хранения и транспортировки водорода. Исследователи полагают, что сорбенты на основе углерода наиболее подходят для этой цели [1]. К сожалению, в литературе часто встречаются противоречивые данные об эффективности сорбции одного и того же вещества [2,3]. Приводятся значения от десятых долей процента до десятков весовых процентов водорода по отношению к весу сорбента. Эти расхождения могут быть связаны с отличиями объектов исследования, которые имеют авторы в своем распоряжении. В данной работе мы приводим результаты исследования сорбции водорода углеродными продуктами, полученными в углеродно-гелиевой плазме: Ф — фуллереновая смесь, состоящая из 60% C_{60} , 25% C_{70} и 15% высших фуллеренов; Т — углеродный конденсат, состоящий из 15–20% многостеночных нанотрубок диаметром 120–160 nm, и турбостратного графита [4]. Расстояние между графитовыми плоскостями в нанотрубках и турбостратном графите составляет 0.342 nm; C_1 — фуллеренсодержащая сажа, в состав которой входят 9% фуллеренов (Ф) и более 40% одностеночных нанотрубок; C_2 — фуллеренсодержащая сажа



Температурная зависимость массы десорбированного из образцов водорода (масса водорода указана в процентах от массы сорбента): 1 — образец C₂; 2 — образец C₁; 3 — образец T; 4 — образец Ф; 5 — образец А.

с содержанием фуллеренов 8% и нанотрубок 15%; А — науглероженный Al₂O₃ (содержание углерода 2 wt.%). Размер частиц 5–40 μm , удельная поверхность — 119 m^2/g [5].

Синтез образцов C₁, Ф, T и А проводился в потоке углеродно-гелиевой плазмы при атмосферном давлении в установке, более подробно описанной в работе [6]. Разряд осуществлялся между внешним (втулка) и внутренним (стержень) графитовыми электродами. Образец C₁ собран из азотной ловушки, очищающей газ, выходящий из камеры во время синтеза. Образец T собран с внешнего электрода, на котором во время синтеза образуется углеродный нарост. Образец Ф выделен методом экстракции бензолом из образца C₁. Образец А получен путем введения частиц Al₂O₃ в поток углеродно-гелиевой плазмы. Образец C₂ получен в установке для синтеза фуллеренов по методу В. Кретчера [7]. Эксперимент по исследованию запаса водорода образцами, описанными выше, проводился по следующей методике. Каждый образец нагревался до 600 °C с одновременной вакуумизацией до 10^{-4} Торр. Вакуумизация осуществлялась форвакуумным и диффу-

зионным насосами через азотную ловушку. Далее вакуумные насосы отключались и водород запускался при давлении 100 atm. Сохраняя давление водорода, образец охлаждался до -180°C и выдерживался при этом давлении и температуре в течение 20 min. Для регистрации десорбированного водорода образец плавно нагревался до 800°C , и выделившийся водород регистрировался при нормальных условиях с помощью U -образного манометра. На рисунке представлена температурная зависимость массы десорбированного из образцов водорода. Во всех образцах с ростом температуры наблюдается рост количества выделившегося водорода. Максимальный выход зарегистрирован в образце C_1 . Незначительная сорбция науглероженного Al_2O_3 может быть объяснена процессом восстановления алюминия, конкурирующего с процессом сорбции. Термогравиметрические исследования исходного и адсорбированного водорода образцов C_2 показали, что тепловыделение в наводороженном образце выше, чем в исходном и соответствует количеству сорбированного водорода. Проведенные исследования показали, что наиболее эффективная сорбция молекулярного водорода наблюдается у углеродных нанотрубок.

Работа выполнена при поддержке Фонда „Научный потенциал“ (Human Capital Foundation).

Список литературы

- [1] *Нечаев Ю.С., Алексеева О.К.* // Тез. Междунар. конф. „Водородное материаловедение и химия углеродных наноматериалов“. Сб. тез. докл. Украина, 2003. С. 776–780.
- [2] *Башкин И.О., Антонов В.Е., Баженов А.В.* и др. // Тез. Междунар. конф. „Водородное материаловедение и химия углеродных наноматериалов“. Сб. тез. докл. Украина, 2003. С. 798–799.
- [3] *Eletskaa A.V., Pal A.F.* // International Symposium on carbon for catalysis. Switzerland, 2004. P. 179–180.
- [4] *Churilov G.N., Solovyov L.A., Churilova Y.N.* et al. // Carbon. 1999. V. 37. P. 427–431.
- [5] *Churilov G.N., Petrakovskaya E.A., Bulina N.V.* // International Symposium on carbon for catalysis. Switzerland. 2004. P. 181–182.
- [6] *Чурилов Г.Н.* // Приборы и техника эксперимента. 2000. № 1. С. 5–15.
- [7] *Kratschmer W., Lamb L.D., Fostiropoulos K.* et al. // Nature. 1990. V. 347. P. 354–358.