

ИЗМЕНЕНИЕ ТОПОГРАФИИ ПОВЕРХНОСТИ И СТРУКТУРЫ ПРИПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ПИРО- И ТЕРМОРАСШИРЕННОГО ГРАФИТОВ ПОСЛЕ ИХ ОБРАБОТКИ АТМОСФЕРНОЙ, АЗОТНОЙ И АРГОНОВОЙ ПЛАЗМОЙ НА ВОЗДУХЕ

О.А. Буреев¹⁾, М.В. Жидков²⁾, Ю.Р. Колобов⁷⁾, Е.А. Лигачева³⁾, А.Е. Лигачев⁴⁾,
Г.В. Потемкин⁵⁾, Э. Имамединов³⁾, В.Ю. Степаненко⁶⁾, Е.Н. Кабачков⁷⁾

¹⁾Институт электрофизики УрО РАН, Екатеринбург, Россия

²⁾Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия, zhidkov@bsu.edu.ru

³⁾Московский авиационный институт имени С. Орджоникидзе, Москва, Россия

⁴⁾Институт общей физики имени А.Н. Прохорова РАН, Москва, Россия, carbin@yandex.ru

⁵⁾Томский политехнический университет, Томск, Россия, er.gvp@yandex.ru

⁶⁾Институт физической химии и электрохимии имени А.Н. Фрумкина РАН, Москва, Россия

⁷⁾Институт проблем химической физики РАН, Черноголовка, Россия

С помощью растровой электронной микроскопии высокого разрешения (микроскоп FEI Quanta 600 FEG с полевой эмиссией) изучены структурные превращения на поверхности пиро- и терморасширенного графитов после их обработки воздушной, азотной и аргоновой плазмой на воздухе.

Введение

Пирографит и терморасширенный графит широко используются в научных исследованиях и выпускаются промышленностью во всем мире. Объемные свойства этих углеграфитовых материалов изучены достаточно подробно, а результатов исследования влияния различной обработки, в том числе заряженными частицами, на свойства поверхности этих материалов очень мало.

Целью данной работы является исследование влияния воздействия на воздухе потоков воздушной, азотной и аргоновой плазмы на структуру и свойства поверхностных и приповерхностных слоев пиролитического (ПГ) и терморасширенного графитов (ТРГ).

Методика эксперимента

Методом растровой электронной микроскопии исследовалась поверхность образцов пиролитического и терморасширенного графитов размером 10x10x1.5 мм, которые облучали струей холодной плазмы диаметром ~ 5-6 мм в потоке различных плазмообразующих газов: азота, аргона и атмосферного воздуха, со средним током разряда ~ 100-150 мА. Температура газа в струе плазмы составляет около 100°C. Ее определяли по характеристике оптических спектров молекул в плазме. Время обработки составляло от 5 до 10 минут.

Результаты и их обсуждение

В результате облучения плазмой азота рельеф поверхности пирографита изменяется (рис. 1б и рис. 2). Поверхность пирографита состоит из хаотически расположенных (но расположенных равномерно по всей облученной поверхности) впадин и выступов.

Практически вершины всех выступов в результате воздействия плазмы имеют округлую форму (рис. 2).

После облучения пирографита плазмой воздуха на его поверхности можно выделить участки

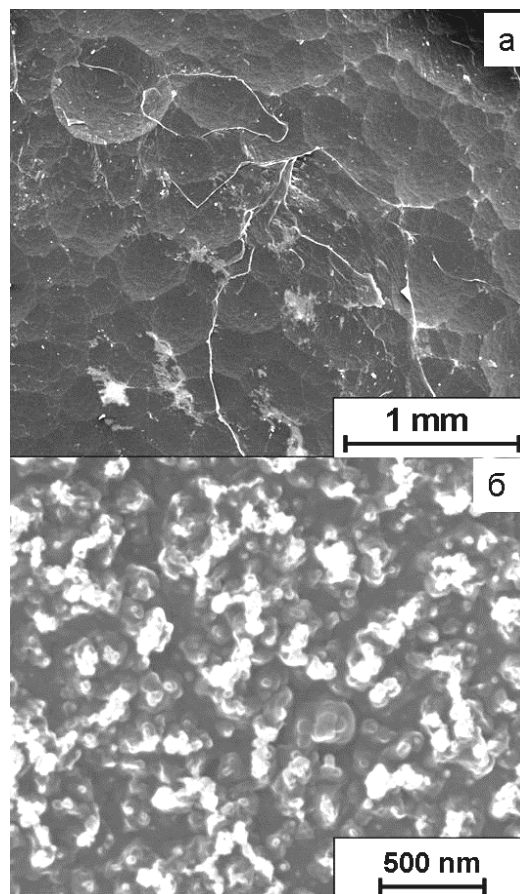


Рис. 1. Поверхность ПГ: а – исходная; б – после облучения плазмой азота

поверхности округлой формы (поры), практически равномерно распределенные по всей площади облучения.

Формирование пор такой формы, скорее всего, связано с присутствием в плазме кислорода, с помощью которого происходит вытравливание участков поверхности пирографита (рис. 3).

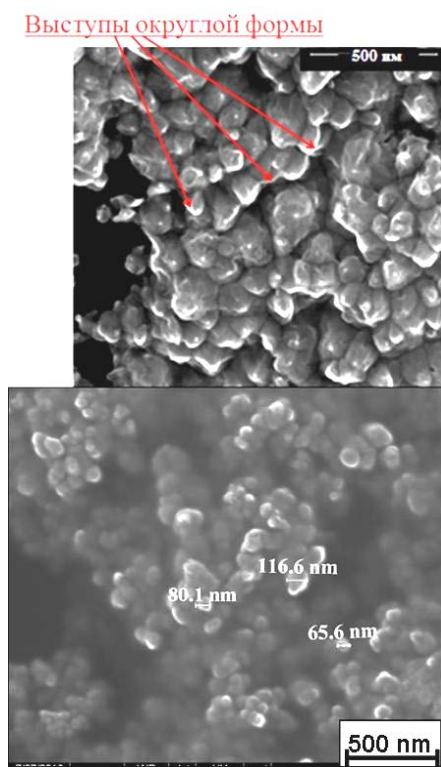


Рис. 2. Форма частиц на поверхности ПГ после ее облучения плазмой азота

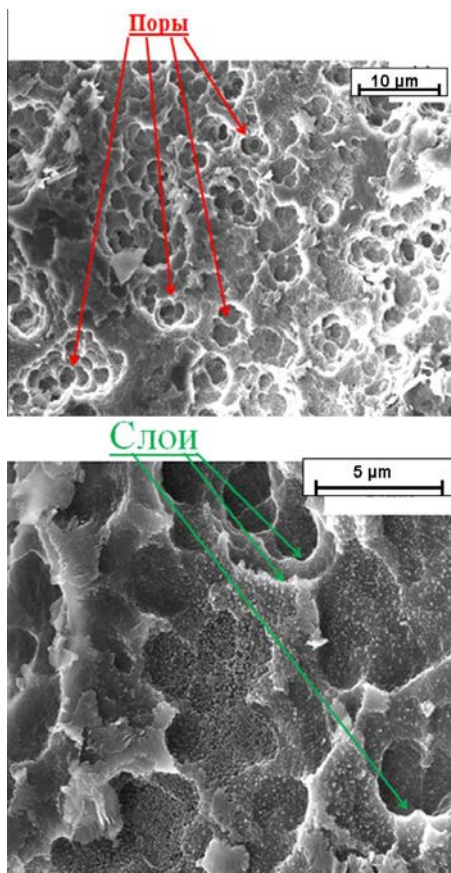


Рис. 3. Изображения поверхности пирографита после обработки ее плазмой воздуха

После обработки плазмой аргона на поверхности ПГ формируется структура, состоящая из частиц в форме вытянутых эллипсоидов, расположенных практически параллельно и примыкающих друг другу (рис. 4).

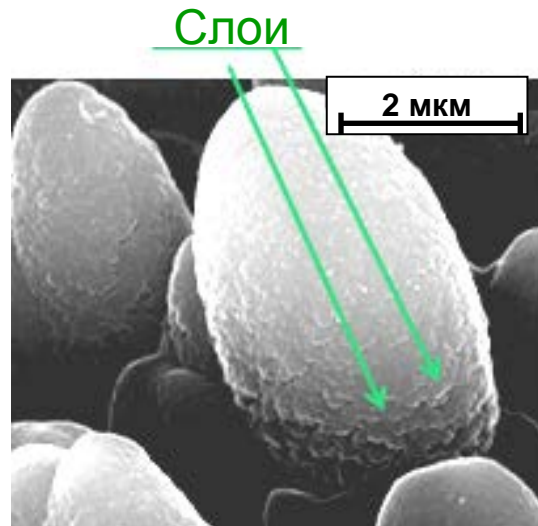
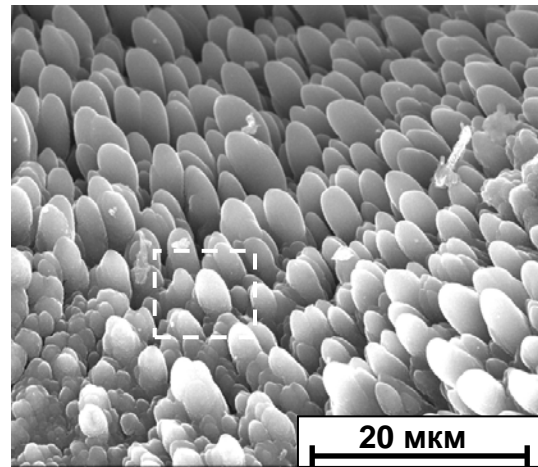


Рис. 4. Изображение эллипсоидов образованных после обработки ПГ плазмой аргона

В результате плазменной обработки поверхности ТГ всеми видами плазмы на его поверхности формируется такая же структура, как и в случае облучения поверхности ПГ плазмой воздуха и азота (рис. 5).

На поверхности графитовых пластинок формируются поры и выступы, причем стенки пор состоят из иголок, пластинок различной формы, возникновение которых, скорее всего, связано с распылением исходной структуры. Также происходит измельчение пластинок, составляющих ТРГ, на более мелкие фрагменты (рис. 5б).

В результате воздействия воздушной плазмы на поверхность пирографита наблюдается изменение величины краевого угла смачивания ее поверхности дистиллированной водой с увеличением времени облучения графитов плазмой (рис. 6).

Примерно также происходит и уменьшение краевого угла смачивания дистиллированной во-

дой при обработке поверхности ПГ и ТГ другими видами плазмы.

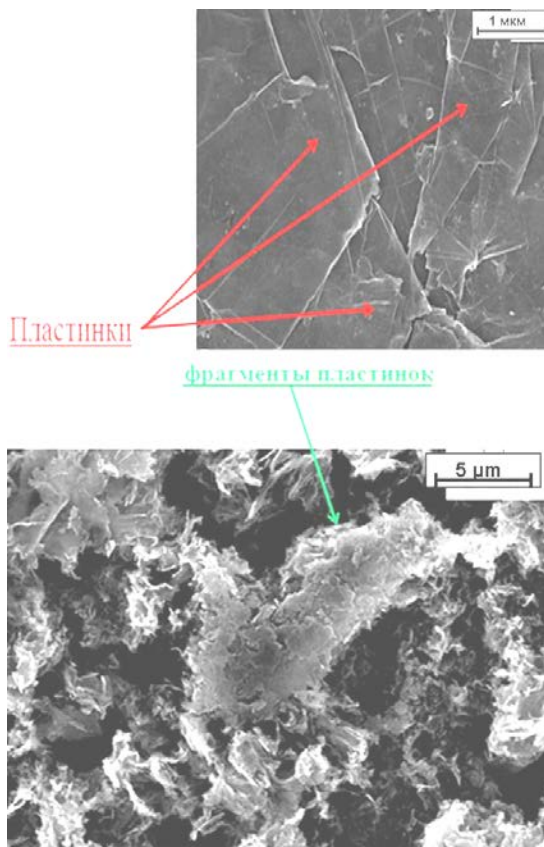


Рис. 5. Поверхность ТГ не обработанная (а) и обработанной всеми видами плазмы (б)

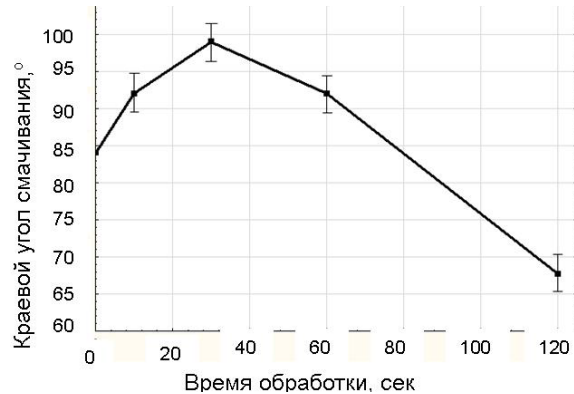


Рис. 6. Влияние времени обработки поверхности ПГ воздушной плазмой на величину краевого угла смачивания ее дистиллированной водой

Заключение

Обработка на воздухе пиррографита и термо-расширенного графитов воздушной, азотной и аргоновой плазмой приводит к изменению топографии поверхности графитов.

С ростом времени обработки графитов плазмой величина контактного угла смачивания уменьшается и после обработки плазмой более 5 минут достигает минимального значения 43-47°.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №14-08-00632.

MODIFICATION OF SURFACE PYROLYTIC GRAPHITE AND EXFOLIATED GRAPHITE BY AIR, NITROGEN AND ARGON PLASMA ON AIR

O.A. Bureyev¹, M.V. Zhidkov², Y.R. Kolobov⁷, E.A. Ligacheva³, A.E. Ligachev¹, G.V. Potemkin⁴, A. Imametdinov³, V.U. Stepanenko⁶, E.N. Kabachkov⁷

¹Institutes of electrophysics UrO of the RAS, Ekaterinburg, Russia

²Belgorod state national research university, Belgorod, Russia, zhidkov@bsu.edu.ru

³Moscow aviation institute by S. Ordzhonikidze, Moscow, Russia

⁴Institute of general physics by A.N. Prokhorov of the RAS, Moscow, Russia, carbin@yandex.ru

⁵Tomsk polytechnical university, Tomsk, Russia, ep.gvp@yandex.ru

⁶A.N. Frumkin Institute of Physical chemistry and Electrochemistry RAS, Moscow, Russia

⁷Institute of Problems of Chemical Physics RAS, Chernogolovka, Russia

Structural transformations on a surface pyrolytic (PG) and exfoliated (EG) graphite and after its processing air, nitrogen and argon plasma on air are studied by means a Quanta 600 FEG scanning electron microscope with thermal emission. Plasma device generates a cold atmospheric plasma flame with 1 cm diameter in the flow of various plasma forming gases including nitrogen and argon at about 100 mA average discharge current. On a surface pyrolytic and exfoliated graphite (after irradiation of nitrogen plasma) finds out craters circular forms in diameter from 1 up to 10 μm in which particles from 10 up to 100 nanometers having the wrong form are located. After irradiation of argon plasma on a surface pyrolytic graphite (are forming carbon ellipsoids).