

А. В. БОЛОТОВ, С. В. МАШКИНА

СВОЙСТВА АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ, ПОЛУЧЕННОГО В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ РЕАКТОРЕ

Fields of application of activated coal are described. The new electric technology of coal production with different wastes of agricultural production using as raw material is offered. Power characteristics of the process are shown. Temperature intervals are marked connected with the main stages of transformation of starting material. The structure of particles of the activated coal received from grain materials is submitted. Wide spectrum of application of activated coals in many sorption processes is provided with their structure and activation in an electric field. Results of researches attest to scope for running in the offered technology in industrial scales.

Активированный уголь – это пористый материал, получаемый путем карбонизации и последующей активации твердого углеродсодержащего материала, проходящих в отсутствие кислорода при температуре 600–950°C [1].

Активированный уголь используется во многих процессах очистки воды, воздуха, в пищевой промышленности, в химических технологиях, нефтегазодобывающей и перерабатывающей промышленности, при сборе нефти и нефтепродуктов с поверхности воды, при получении золота. Уголь высокого качества получается из скорлупы кокосовых орехов. Для получения активированного угля также используются отдельные редкие сорта ископаемого угля и смолы, древесины различных пород. Активированный уголь может быть получен из других материалов, имеющих слоистую или ячеистую структуру, заполненную разлагающимися при нагреве веществами [2]. Перспективным является также использование не имеющих применения отходов производства – скорлупы абрикосовых косточек и грецких орехов, появляющихся в больших количествах при производстве кураги, соков, зерен в Южных районах Казахстана и в соседних странах Центрально-Азиатского региона [3].

Отсутствие производства активированного угля в Казахстане определяет его высокую стоимость. В связи с этим предлагается новая технология производства активированного угля с использованием в качестве сырья различных отходов сельскохозяйственного производства – зерновых материалов, выведенных из пищевого направления в результате заражения различными болезнями, плесенью, нарушений технологии переработки и сроков хранения.

Получали активированный уголь путем нагрева сырья в электрическом реакторе в две стадии. Установлено, что на первой стадии процесса происходят карбонизация сырья и приобретение им электропроводности, на второй стадии – активации – сырье подвергается резистивному нагреву в электрическом поле [4]. Способ обеспечивает теоретически возможный выход продукции по массе и энергии, высокое качество активированного угля за счет регулирования скорости нагрева и однородности температурного поля по объему реактора. В этом же реакторе может осуществляться регенерация «уставшего» угля после эксплуатации в технологическом процессе.

Широко демонстрируемая структура частиц активированного угля, полученного из различных материалов, показана на рис. 1 [5].



Рис. 1. Структура пор активированного угля: *а* – карбонизированная древесина; *б* – активированный каменный уголь; *в* – активированный уголь из скорлупы кокосов

Внутренняя структура частиц активированного угля характеризуется наличием пор, размер которых колеблется в широком диапазоне с пределами, различающимися более чем в 100 раз – от видимых трещин и

щелей до различных пустот на молекулярном уровне. Именно высокая пористость делает активированный уголь активным и обуславливает его адсорбционные свойства.

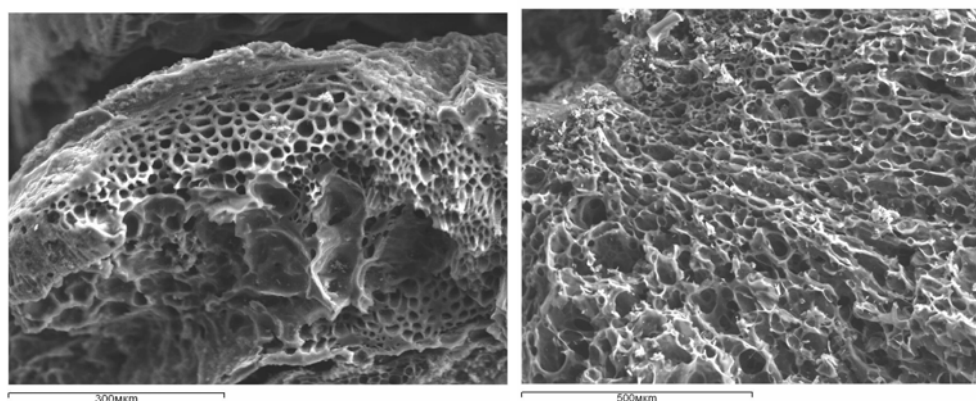
В активированных углях различаются следующие категории пор: субмикропоры диаметром до 0,4 нм, микропоры (от 0,4 до 2 нм), мезопоры (от 2 до 50 нм) и макропоры, диаметр которых больше 50 нм. Распределение пор по размерам у отдельных типов активированных углей может быть различным. Макропоры в сорбционном процессе играют роль транспортных каналов, по которым молекулы поглощаемого вещества проникают в глубь зерен сорбента, микропоры хорошо адсорбируют молекулы небольшого размера, а мезопоры – более крупные молекулы органических веществ.

Известно, что определяющее значение для структуры активированных углей имеют исходные материалы, из которых получается уголь. Лучшие активированные угли, получаемые из скорлупы кокосов, характеризуются большей долей микропор, а активированные угли на основе каменного угля – большей долей мезопор. Преобладание макропор характерно для активированных углей, получаемых из древесины.

В состав растительного сырья, применяемого нами для производства активированного угля, входят белки, жиры и углеводы (крахмал) [6]. При нагревании белков, жиров и крахмала происходит их разрушение с выделением газообразных составляющих – углеводородов и других газов с общей потерей массы перерабатываемого материала 65–60%. При этом в зернах освобождается пространство с образованием пор различных классов, образуется структура активированного угля.

Внутренняя структура полученных нами активированных углей, изучена с помощью микрофотосъемки во вторичных электронах на энергодисперсионном спектрометре Inca Energy (Инка Энерджи) фирмы Oxford Instrument (Оксфорд Инструмент, Англия), установленном на

электронно-зондовом микроанализаторе Superprob 733 JEOL (Суперпроб-733, Фирма Джеол, Япония) и показана на рис. 2.



а б

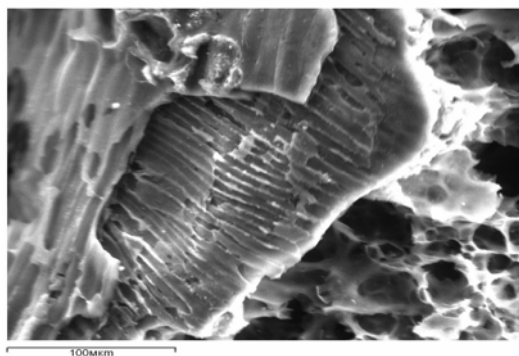


Рис. 2. Электронные фотографии структуры частицы активированного угля, полученного из зерна пшеницы: *а* – наружная оболочка; *б* – слой, прилегающий к оболочке зерна; *в* – центральная часть

Видно, что зерна имеют все категории пор и обладают большой удельной поверхностью, что определяет их работоспособность в качестве сорбентов в различных технологических процессах.

Сравнение показателей получаемых активных углей со стандартными углями показало соответствие их требованиям, предъявляемым к сорбентам, используемым в упомянутых направлениях. Так, обработка воды активированным углем дает снижение общей жесткости с 10 до 7 мг/экв, сухого остатка с 419 до 295 мг/дм³ при норме, соответственно 7

мг/экв и 1000 мг/дм^3 , при этом происходит снижение содержания никеля, молибдена, марганца, кобальта. Кроме этого, полученный активированный уголь обладает многими положительными свойствами, в том числе:

- плавучестью, он не тонет при длительном нахождении в воде, удерживает на себе плавающие нефтепродукты;
- не слеживается и не слипается;
- легко дробится и рассеивается на фракции различных размеров;
- работает в разных сорбционных процессах без дополнительной направленной активации химическими реагентами.

Ранее нами показано, что углерод, образующий структурную решетку частицы активированного угля, является особым проводником, электрическое сопротивление которого изменяется при повышении температуры [7].

Были определены энергетические характеристики процесса получения активированного угля. Характер изменения удельного сопротивления активированного угля при регенерации показан на рис. 3. Видно, что после достижения температуры активации около 520°C при дальнейшем повышении температуры удельное сопротивление материала монотонно снижается.



Рис. 3. Зависимость удельного электросопротивления сырья от температуры

В этих условиях для соблюдения требуемого темпа нагрева материала проводится регулирование подаваемого на электроды реактора напряжения для поддержания протекающего тока в заданных пределах. Зависимость напряжения от температуры в процессе нагрева сырья представлена на рис. 4.

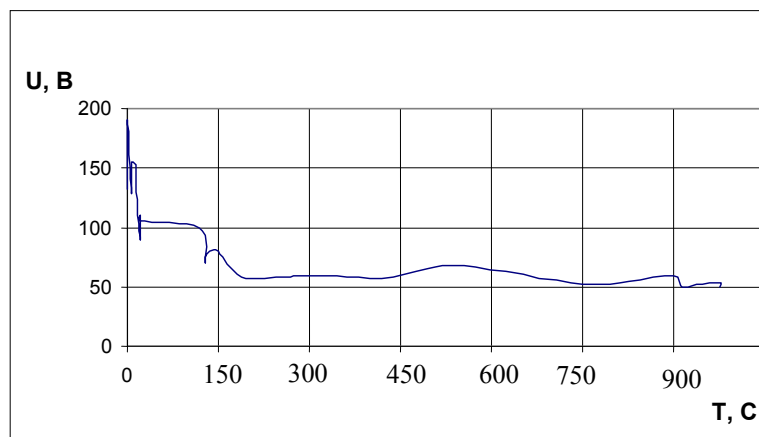


Рис. 4. Зависимость напряжения между электродами реактора от температуры сырья

Здесь видно, что при температуре выше 150°C , когда завершаются испарение и удаление воды, наблюдается низкое напряжение вплоть до температуры 450°C . Затем, когда начинаются разложение и испарение углеводородов, напряжение несколько повышается. Этот режим заканчивается при температуре $700\text{--}750^{\circ}\text{C}$. Следующий подъем напряжения при $800\text{--}900^{\circ}\text{C}$ приходится на стадию активации, после чего напряжение стабилизируется.

Таким образом, после обработки при температурах $800\text{--}900^{\circ}\text{C}$ активированный уголь имеет стабильное удельное электросопротивление.

Поэтому использование изменения электропроводности перерабатываемого материала как физической основы технологического процесса и сырья, содержащего разлагающиеся при нагреве компоненты, определяет возможность промышленного производства активированного угля широкого спектра применения, а также углеводов из отходов сельского хозяйства.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Хабаш Ф.* Основы прикладной металлургии. Т. 2. Гидрометаллургия. М.: Металлургия, 1975. 392 с.
2. *Машкина С.В.* Техничко-экономические аспекты применения активированного угля в технологических процессах // Вестник Инновационного евразийского университета. 2007. № 1. С. 156-159.
3. *Болотов А.В., Машкина С.В.* Актуальность производства активированного угля в Республике Казахстан // Сборник тезисов международной научно-практической конференции «Экологическая безопасность урбанизированных территорий в условиях устойчивого развития». Астана, 2007. С. 215-216.
4. Предварительный патент РК № 18852. Способ Болотова получения активированного угля и устройство для его осуществления. Болотов А. В., Болотов С. А. Бюл. №10. 2007.
5. *Кинле Х., Бадер Э.* Активные угли и их промышленное применение / Пер.с нем. Л.: Химия, 1984. 216 с.
6. Успехи химии целлюлозы и крахмала / Под ред. Дж. Хонимера; пер. с англ. М.: ИЛ, 1962. 444 с.
7. *Болотов А.В., Леонтьева Н.С.* Электропроводность углеродной массы как основа технологии производства активированного угля и оценки его активности // Вестник НИА РК. 2004. № 1(11). С. 121-127.