

Текстурные характеристики твердого углеродного остатка необходимы для оценки применимости и ценности данного материала. Анализ удельной поверхности и размера пор выполнялся с использованием Sync 420A (ЗР Instruments, Германия).

Типичные кривые адсорбции-десорбции азота для углерода из шин представлены на рис. 1. Отчетливо видно, что при пиролизе резиновой крошки различной дисперсности характерный вид кривых сохраняется. Но более крупный материал позволяет получить более высокие величины текстурных характеристик (табл. 1).

Таблица 1. Текстурные характеристики некоторых образцов углеродного остатка

Образец	Удельная поверхность, м ² /г	Объем пор, м ³ /г	Средний размер пор, нм
Ш 10-5	83,5	0,221	10,6
Ш 5-1	77	0,220	11,4
Ш 1-0.5	76,9	0,218	11,3
Ш 0.5-0.2	72	0,212	11,8

Наблюдается тенденция на увеличение площади поверхности и объема пор при увеличении размера фракции, что может быть вызвано меньшей площадью контакта материала в процессе пиролиза, что обеспечивает большую площадь взаимодействия с инертным агентом и более полный выход летучих соединений.

Исследование выполнено за счет средств проекта Государственное задание высшим учебным заведениям РФ FSWW-2022-0018.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Insights into biochar and hydrochar production and applications: A review / Z. Zhang, Z. Zhu, B. Shen, L. Liu // Energy. – 2019. – V. 171. – P. 581–598.
2. Insight into the co-pyrolysis of different blended feedstocks to biochar for the adsorption of organic and inorganic pollutants: A review / M.J. Ahmed, B.H. Hameed // Journal of Cleaner Production. – 2020. – V. 265. – P. 121762.
3. Kinetic Analysis of Complex Solid-State Reactions. A New Deconvolution Procedure / A. Perejón, P.E. Sánchez-Jiménez, J.M. Criado, L.A. Pérez-Maqueda // The Journal of Physical Chemistry B. – 2011. – V. 115 (8). – P. 1780–1791.
4. A theoretical method for resolving overlapping peaks in differential scanning calorimetry / C. Wagner, J. Vázquez, P. Villares, R. Jiménez-Garay // Materials Letters. – 1994. – V. 18 (5–6). – P. 280–285.
5. Kinetic and Kinetic Model Study of Epoxidized Natural Rubber / I.M. Alwaan, A. Hassan // Progress in Rubber, Plastics and Recycling Technology. – 2014. – V. 30 (3). – P. 153–168.

УТИЛИЗАЦИЯ ПИРОГЕНЕТИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТИ В СОСТАВЕ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

А.Ж. Калтаев, К.Б. Ларионов, В.Е. Губин

*Томский политехнический университет,
ИШЭ, НОЦ И.Н. Бутакова, гр. А1-46*

Научный руководитель: В.Е. Губин, к.т.н., доцент НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ ТПУ

Проблема утилизация отходов углеобогажительных фабрик (фильтр-кек) возникла в восьмидесятых годах прошлого века и усугублялась ввиду активной электро- и теплофикации регионов. Фильтр-кек имеет консистенцию тяжелой глины с высокой влажностью (до 40 %) и высокой зольностью (до 45 %). По различным оценкам объем фильтр-кека составляет порядка 120 млн т [1]. Такое количество отходов занимает большое количество территории и

требует его утилизации. Ввиду приведенных выше особенностей наибольшее распространение получила технология водоугольного топлива (ВУТ) [2]. Данная технология не получила широкого применения в связи с переходом на экологически более чистое топливо – природный газ [3]. Однако мировое потребление угля остается на высоком уровне [4].

С другой стороны, существует проблема утилизации твердых бытовых отходов, в частности опилок, щепок, древесной пыли, коры и т. д. [5]. Учитывая объемы таких отходов и тенденцию к переходу на возобновляемые источники энергии [6] применение отходов пиломатериалов в качестве топлива является перспективным решением. Однако применение таких отходов в регионах с высокой влажностью и низкой среднегодовой температурой затрудняется по ряду причин. Отходы пиломатериалов, как и любая другая биомасса подвержена гниению, имеет низкую насыпную и энергетическую плотность [7]. По этим причинам, прямое сжигание биомассы в больших масштабах не применяется. Альтернативные методы термической конверсии позволяют получить продукты, применение которых лишено данных недостатков. К таким методам можно отнести пиролиз, газификацию и гидротермальное сжижение [8]. Ввиду особенностей биомассы, наиболее привлекательным методом является низкотемпературный пиролиз [9]. Основными продуктами этого метода являются жидкие углеводороды, полукокс и неконденсируемый газ. Неконденсируемый газ как правило дожигается, и полученная теплота используется на собственные нужды. Полукокс имеет широкий спектр применения, он может быть использован, как печное топливо, для синтеза различных материалов, в качестве сорбента и т. п. Жидкие углеводороды состоят из воды, спиртов, фенолов, кислот и других органических соединений [10]. Ввиду наличия веществ с различной плотностью происходит расслоение на два типа жидкостей: водную и органическую. Органическая жидкость имеет относительно высокую теплоту сгорания и является ценным продуктом [11]. Водная жидкость или пирогазетическая жидкость является балластовой компонентой и требует утилизации [12]. Однако сложный состав жидких углеводородов требует дальнейшего обращения. Технология ВУТ, описанная выше, также подходит для утилизации пирогазетической жидкости.

В настоящее время технология ВУТ широко изучена в различные направления. В частности, изучено влияние различных добавок на реологические свойства [13], горение топлива [14], изучено влияние фракционного состава на вязкость топлива [15] и т. п. ВУТ является многокомпонентным топливом, что позволяет варьировать состав для улучшения необходимых параметров. В частности, возможно частичная замена технической воды на пирогазетическую жидкость. Также можно отметить, пирогазетическую жидкость можно использовать как поверхностно-активное вещество (ПАВ), ввиду наличия полярных и неполярных соединений [16]. ПАВ улучшает смачивание, диспергирование и эмульгирование ВУТ, что является одними из ключевых характеристик для такого вида топлива.

В данной работе представлена возможность утилизации пирогазетической жидкости в составе ВУТ. Рассмотрены характеристики зажигания и горения ВУТ на основе пирогазетической жидкости. Также исследовано влияние пирогазетической жидкости на характеристики распыления ВУТ.

Исследование выполнено за счет средств проекта Государственное задание высшим учебным заведениям РФ FSWW-2022-0018.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Изучение распределения макро- и микроэлементов в отходах обогащения углей Кузнецкого угольного бассейна / Н.В. Журавлева, Р.Р. Потокина, Р. Исмагилов, Н.В. Нагайцева // Химия В Интерессах Устойчивого Развития. – 2016. – № 6. – С. 761–767.
2. О возможности использования тонкодисперсных отходов углеобогащения ОФ «Энергетическая» в качестве основы для котельного топлива / В.И. Мурко, В.И. Федяев, В.И. Карпенко, А.Е. Шаньшин, А.Т. Мухтаров // Журнал СФУ. Техника и технологии. – 2020. – Р. 657–668.

3. Sönnichsen N. Natural gas consumption worldwide from 1998 to 2021 // Statista. 2023. URL: <https://www.statista.com/statistics/282717/global-natural-gas-consumption/> (Дата обращения: 13.11.2023).
4. World coal consumption 1978-2020. IEA 2023. URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/world-coal-consumption-1978-2020> (Дата обращения: 13.11.2023).
5. FAO. The State of the World's Forests 2022 // Rome: Food and Agriculture Organization of United Nations, 2022. – 166 p.
6. Bouckaert S. Net Zero by 2050 // Paris: International Energy Agency, 2021. – 224 p.
7. Anerud E., Krigstin S., Routa J., Brännström H., Arshadi M., Helmeeste C., Bergström D., Egnell G. Dry matter losses during biomass storage Measures to minimize feedstock degradation // IEA Bioenergy, 2019. – 45 p.
8. Lewandowski W.M., Ryms M., Kosakowski W. Thermal Biomass Conversion: A Review // Processes. – 2020. – V. 8. – № 5. – P. 516.
9. Wu Y., Zhao Z., Li H., He F. Low temperature pyrolysis characteristics of major components of biomass // J. Fuel Chem. Technol. – 2009. – V. 37. – № 4. – P. 427–432.
10. Hoang Pham L.K., Vi Tran T.T., Kongparakul S. et al. Data-driven prediction of biomass pyrolysis pathways toward phenolic and aromatic products // J. Environ. Chem. Eng. – 2021. – V. 9. – № 2. – P. 104836.
11. Parihar M.F., Kamil M., Goyal H.B., Gupta A.K., Bhatnagar A.K. An Experimental Study on Pyrolysis of Biomass // Process Saf. Environ. Prot. – 2007. – V. 85 – № 5. – P. 458–465.
12. Showaya A. Decomposition and characterization of Aqueous Pyrolysis Liquid: MS thesis. – South-Eastern Norway, 2022. – 54 p.
13. Borole A.P., Tsouris C., Pavlostathis S.G. et al. Efficient Conversion of Aqueous-Waste-Carbon Compounds Into Electrons, Hydrogen, and Chemicals via Separations and Microbial Electrocatalysis // Front. Energy Res. – 2018. – V. 6. – P. 94.
14. Nyashina G.S., Kuznetsov G.V., Strizhak P.A. Energy efficiency and environmental aspects of the combustion of coal-water slurries with and without petrochemicals // J. Clean. Prod. – 2018. – V. 172. – P. 1730–1738.
15. Boylu F., Dinçer H., Ateşok G. Effect of coal particle size distribution, volume fraction and rank on the rheology of coal-water slurries // Fuel Process. Technol. – 2004. – V. 85. – № 4. – P. 241–250.
16. Oasmaa A., Fonts I., Pelaez-Samaniego M.R., Garcia-Perez M.E., Garcia-Perez M. Pyrolysis Oil Multiphase Behavior and Phase Stability: A Review // Energy & Fuels. – 2016. – V. 30. – № 8. – P. 6179–6200.

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УГЛЕРОДА, ПОЛУЧЕННОГО ИЗ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПОКРЫШЕК, В ПРОЦЕССЕ ПЛАЗМЕННОГО СИНТЕЗА КАРБИДА БОРА

Ж.С. Болатова¹, Р.Д. Герасимов², Ю.З. Васильева³

Томский политехнический университет,

¹ИШЭ, ОЭЭ, гр. А0-08,

²ИШЭ, ОЭЭ, гр. А1-36,

³ИШЭ, ЛПМЭО, научный сотрудник

Научный руководитель: А.Я. Пак, д.т.н., профессор ОЭЭ ИШЭ ТПУ

В последнее время существует спрос на материалы, обладающие уникальными свойствами, в том числе на карбиды металлов и неметаллов. Среди таких материалов можно выделить карбид бора B_4C , характеризующийся следующими свойствами: высокая температура плавления, низкий удельный вес, превосходная твердость, химическая стабильность и жаростойкость [1]. За счёт вышеупомянутых свойств карбид бора является перспективным материалом, который применяется в различных отраслях: для улучшения абляционной и температурной стойкости композитов, для добавления в качестве присадки к ракетному топливу; при создании легких средств индивидуальной бронезащиты и бронетехники; в качестве высокотемпературных полупроводников или диэлектриков, высокотемпературных термопар и тиристоров; благодаря активному поглощению нейтронов из карбида бора изготавливают