

УДК 621.311.22:622.7.002.68:662.654

Исследование получения суспензионного угольного топлива на основе тонкодисперсных отходов углеобогащения

В.И. Мурко*, **Г.Д. Вахрушева**, **В.И. Федяев**,
В.И. Карпенко, **В.П. Мاستихина**, **Д.А. Дзюба**
*Сибирский государственный индустриальный университет
Россия 654007, Новокузнецк, ул. Кирова, 42 ¹*

Received 4.10.2011, received in revised form 11.10.2011, accepted 18.10.2011

Разработаны оптимальные варианты добавки при приготовлении водоугольного топлива (ВУТ) из фильтр-кеков исходя из условия минимальной вязкости (200-600 мПа·с) при наибольшем содержании твердой фазы (53-63 %).

Показана возможность получения суспензионного угольного топлива на основе тонкодисперсных отходов углеобогащения и фильтр-кеков с низкой теплотой сгорания от 2500 ккал/кг до 3300 ккал/кг.

Ключевые слова: тонкодисперсные углесодержащие отходы, фильтр-кек, водоугольные суспензии, реологические модели течения, гранулометрический состав, низкая теплота сгорания топлива.

Введение

Полученные результаты могут быть использованы для расчета технологических схем комплексов для приготовления и сжигания углеотходов в виде ВУТ.

Высокие требования потребителей к качеству угля способствуют развитию углеобогащения. За последние годы только в Кузбассе введено в строй более 10 углеобогатительных фабрик. Отличительными особенностями новых фабрик являются применение замкнутого водно-шламового цикла и отсутствие отделений термической сушки. Вместе с тем при обогащении образуется от 0,5 до 7 % от переработанного угля тонкодисперсных отходов с влажностью от 20 до 45 % и зольностью от 18 % до 60 %. В настоящее время данный продукт не реализуется и сбрасывается в отвалы. Количество таких отходов только в Кузбассе составляет свыше 150 млн т и продолжает непрерывно возрастать более чем на 150 т в сутки. В результате безвозвратно теряются миллионы тонн добытого угля, а также усугубляется и без того неблагоприятная экологическая обстановка в регионе. Экологический ущерб обусловлен тем, что при таянии снега и в период выпадения осадков адсорбированные на поверхности твердых

* Corresponding author E-mail address: sib_eco@kuz.ru

¹ © Siberian Federal University. All rights reserved

частиц углеотходов коагулянты, флокулянты и другие химические реагенты в растворенном виде и вместе с угольными частицами попадают в близлежащие водоемы и почву.

Учитывая, что в литературе в настоящее время практически отсутствуют сведения о реологических параметрах и теплофизических характеристиках водоугольных суспензий, получаемых из тонкодисперсных отходов углеобогащения, данные исследования актуальны для правильного выбора технологического оборудования, проведения расчетов и проектирования установок приготовления и сжигания ВУТ.

Экспериментальная часть

С учетом крупности тонкодисперсных отходов углеобогащения, как правило, не превышающей 500 мкм, и влажности, равной 30÷45 %, наиболее эффективным направлением утилизации отходов углеобогащения является их сжигание в виде водоугольных суспензий (ВУТ). В этом случае обеспечивается использование всего добытого угля по его прямому назначению, а образующаяся при сжигании зола служит хорошим строительным материалом. В результате появляется возможность существенно сократить объемы площадей, занятых гидротоулами и отстойниками, и рекультивировать нарушенные земли.

Таким образом, утилизация тонкодисперсных отходов углеобогащения – актуальная задача для решения экономических и экологических проблем угледобывающих регионов.

Элементы технологии приготовления ВУТ на основе тонкодисперсных отходов углеобогащения – фильтр-кеков – были исследованы в лабораторных условиях.

Для проведения исследований по определению возможности приготовления суспензионного угольного топлива из фильтр-кеков были отобраны и проанализированы пробы фильтр-кеков, полученных от переработки углей различных стадий метаморфизма (марки угля) и зольностей Кузнецкого угольного бассейна:

При этом решались следующие задачи:

- разработка составов комплексных пластифицирующих добавок при приготовлении водоугольного топлива из фильтр-кеков в лабораторных условиях;
- определение значений основных структурно-реологических характеристик полученного ВУТ и выбор оптимального варианта добавки;
- определение и анализ теплофизических характеристик ВУТ.

Для исследования приготовления ВУТ и выбора пластифицирующих добавок использовалась смесительная камера вибростенда СВУ-2 (вибросмеситель), в котором проводилось перемешивание исходных компонентов суспензионного угольного топлива.

Согласно методике в вибросмеситель загружался исходный материал, комплексная добавка и при необходимости водопроводная вода. Для определения оптимальной добавки при приготовлении ВУТ из фильтр-кеков использовалось несколько видов комплексных добавок. Добавки состояли как из одного, так и из двух компонентов: разжижающего и стабилизирующего. Количество добавки от твердой фазы менялось в зависимости от вида добавки и полученного результата эксперимента. Также изменялось соотношение компонентов в составе комплексных добавок.

Оптимальный вариант добавки определялся из условия минимальной вязкости при наибольшем содержании твердой фазы в ВУТ. Кроме того, устанавливалась статическая стабильность, которая должна быть не менее 20 суток.

Результаты и их обсуждение

Технический анализ проб фильтр-кеков показал, что их зольность изменялась в широком диапазоне: от 18,7 % фильтр-кек ОФ «Северная» до 52,3 % (фильтр-кек марки «КС» ОФ «Междуреченская»). Влажность фильтр-кеков анализируемых проб варьировалась в интервале значений от 31,5 (фильтр-кек ЦОФ «Абашевская») до 47,4 % (фильтр-кек ОФ «Северная»).

Таким образом, наиболее влажные – пробы фильтр-кека с ОФ «Северная», а наиболее зольные – с ОФ «Междуреченская». Пробы фильтр-кеков с ЦОФ «Абашевская», ОФ «Щедрухинская», ЦОФ «Кузбасская», ОФ «Красногорская» и ОФ «Спутник» имели срединные значения как по влажности, так и по зольности.

Гранулометрический состав исследуемых проб фильтр-кека также неоднороден по крупности. Наиболее тонкодисперсную структуру имели шламы ОФ «Северная», в отдельных пробах которых выход класса менее 0,071 мм достигал 93,7 %. Наиболее крупными по гранулометрическому составу являлись шламы (отходы) ЦОФ «Абашевская», в пробах которых присутствовал класс +3,0 мм в количестве 1,5±1,9 % от исходного, выход класса менее 0,071 мм – 45,0 %.

Гранулометрический состав проб фильтр-кеков с остальных анализируемых предприятий имел приблизительно одинаковое распределение выходов по классам крупности.

Обработка гранулометрического состава твердых частиц в ВУТ по уравнению Розина-Раммлера показала, что полученные зависимости хорошо описывают экспериментальные значения (рис. 1) [1].

Учитывая, что водоугольные суспензии с массовой долей твердой фазы более 50 % являются неньютоновскими жидкостями, для каждой из исследуемых проб ВУТ по результатам измерений напряжений сдвига на различных скоростях сдвига определялись соответствующие коэффициенты реологических уравнений.

Для наилучших по реологическим свойствам проб построены кривые течения, для двух моделей определялись соответствующие коэффициенты реологических уравнений.

Для наилучших по реологическим свойствам проб построены кривые течения для двух моделей: степенной $\tau = k \cdot \dot{\gamma}^n$ и бингамовской $\tau = \tau_0 + \mu_0 \cdot \dot{\gamma}$,

где τ – напряжение сдвига, Па; k – коэффициент консистентности, Па·сⁿ; $\dot{\gamma}$ – скорость сдвига, с⁻¹; n – показатель степени; τ_0 – начальное напряжение сдвига, Па; μ_0 – структурная вязкость, Па·с.

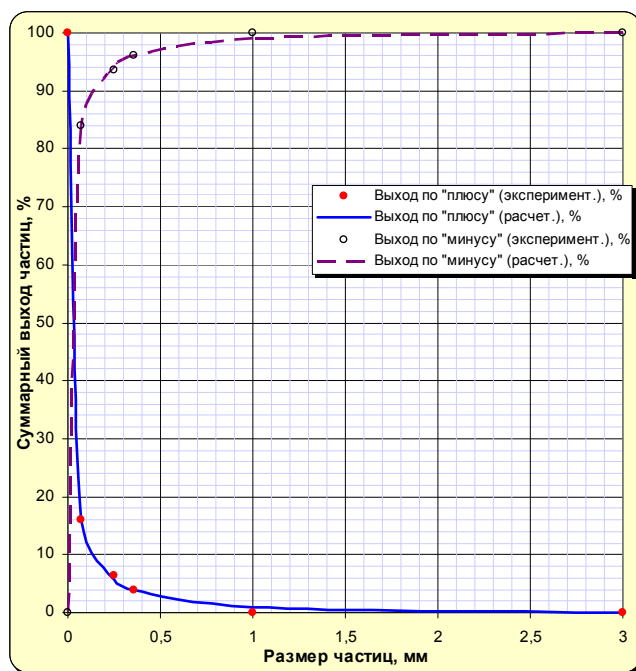
На рис. 2 представлены реологические кривые ВУТ из фильтр-кека ОФ «Щедрухинская» и из фильтр-кека ЦОФ «Кузбасская».

Важнейшим параметром, характеризующим суспензионное угольное топливо, служит его низшая теплота сгорания.

Низшая теплота сгорания анализируемых проб фильтр-кеков изменялась в основном в интервале от 11,5 МДж/кг (2758 ккал/кг) (фильтр-кек марки «Т» ОФ «Междуреченская») до 14,7 МДж/кг (3518 ккал/кг) (фильтр-кек ОФ «Красногорская»).

Исключением является проба фильтр-кека марки «КС» ОФ «Междуреченская», низшая теплота сгорания которой составляла 10,0 МДж/кг (2390 ккал/кг).

Приготовление суспензионного угольного топлива влечет за собой лишь незначительное относительное уменьшение низшей теплоты сгорания по сравнению с исходным фильтр-



$$W(x) = 100(e^{-4.685x^{0.355}}) \text{ (по «плюсу»)}$$

$$W(x) = 100(1 - e^{-4.685x^{0.355}}) \text{ (по «минусу»)}$$

Рис. 1. Характеристики гранулометрического состава ВУТ ОФ «Северная»

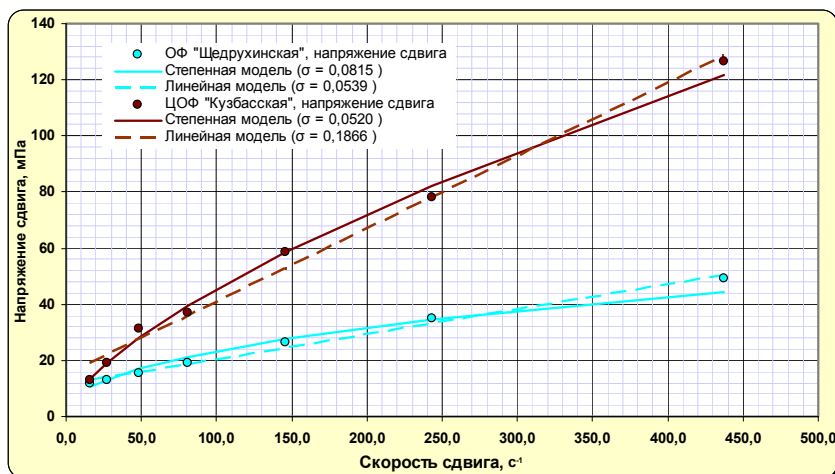


Рис. 2. Реологические кривые течения ВУТ (для фильтр-кека ОФ «Щедрухинская» и фильтр-кека ЦОФ «Кузбасская»)

кеком (на 1,5 – 15,2 %). В результате получается жидкое топливо, которое можно транспортировать по трубопроводам, в авто- и железнодорожных цистернах, танкерах и т.д., хранить в емкостях и эффективно сжигать, используя технологию сжигания путем его распыления через форсунки.

Заключение

Выполненные исследования показали возможность получения суспензионного угольного топлива на основе тонкодисперсных отходов углеобогащения и фильтр-кеков с необходимыми структурно-реологическими и теплофизическими характеристиками:

- массовая доля твердой фазы от 53,0 до 63,0 %;
- зольность от 18,0 до 40,0 %;
- эффективная вязкость при скорости сдвига 81 c^{-1} при температуре, равной $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ от 200 до 600 мПа·с;
- низшая теплота сгорания ВУТ от 2500 до 3300 ккал/кг;
- гранулометрический состав:
 - 0-250 мкм – до 5,0 %,
 - 0,071 мкм – 60,0 – 80,0 %;
- статическая стабильность от 10 до 30 сут.

Материалы статьи подготовлены в процессе реализации проекта в рамках частно-государственного партнерства в сфере реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства при финансовой поддержке правительства Российской Федерации (шифр 2010-218-02-174 «Разработка технологии и создание пилотного образца автоматизированного энергогенерирующего комплекса, работающего на отходах углеобогащения»).

Список литературы

1. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых / С.Е. Андреев, В.А. Перов, В.В. Зверевич. М.: Недра, 1980. С. 415.

Research of Reception Suspension of Coal Fuel on the Basis of Fine-Dispersed Waste Enrichment Coal

**Vasily I. Murko, Galina D. Vakhrusheva,
Vladimir I. Fedjaev, Victor I. Karpenok,
Vera P. Mastihina and Dmitry A. Dzjuba**

Optimum variants of the additive are developed at preparation water coal that (WCF) from the filter-cake, Proceeding from a condition of the minimum viscosity (200-600 мПа·с) at the greatest maintenance of a firm phase (53-63 %).

Reception possibility suspension coal fuel on a basis fine-dispersed a waste is shown enrichment of coal and the filter-cake with the lowest warmth of combustion from 2500 kcal/kg to 3300 kcal/kg.

Keywords: fine-dispersed carboniferous waste products, filter-cakes, water-coal suspension, rheological flow models, granulometric composition, low heat value of fuel.
