

ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

УДК 622.648.24

Г.А. Солодов, А.Н. Заостровский, А.В. Папин, Т.А. Папина, М.С. Клейн

УТИЛИЗАЦИЯ УГОЛЬНЫХ ШЛАМОВ КУЗБАССА В ВИДЕ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ВОДОУГОЛЬНЫХ СУСПЕНЗИЙ

В связи с возрастающими требованиями к защите окружающей среды возникают проблемы транспортирования и использования угля с целью получения энергии. В связи с этим привлекает внимание новый вид суспензионного топлива из угля – водоугольное топливо (ВУТ), которое является смесью тонкоизмельченного угля с водой (водоугольная суспензия - ВУС) [1].

В конечном итоге, получение и применение водоугольного топлива должно обеспечить снижение стоимости вырабатываемой электрической или тепловой энергии и экологической нагрузки на окружающую среду.

Негативной особенностью водоугольного топлива является наличие инертной среды – воды, понижающей его качественные характеристики. Полностью компенсировать влияние воды на качество водоугольного топлива невозможно, однако частично снизить это влияние можно выбором наилучшего исходного угля. Исходный уголь должен обладать высокой теплотой сгорания, повышенным содержанием летучих веществ и угле-

рода. Высокая теплота сгорания повышает значение низшей теплоты сгорания водоугольного топлива. Большое содержание летучих веществ и углерода делает водоугольное топливо высокорективным для преодоления негативного воздействия влаги, что в конечном итоге сказывается на стабильности горения.

Применение антрацитов – углей (угольных шламов) с высокой теплотой сгорания малопривлекательно из-за невысокого содержания летучих веществ. С другой стороны угли ранней стадии метаморфизма, имеющие высокое содержание летучих веществ и высокую реакционную способность, также практически не применяются для приготовления водоугольного топлива из-за низкой теплоты сгорания. Существующие методы применения этих углей для технологии ВУТ (термическая, гидротермическая, барометрическая и др.) существенно дороги из-за их сложности и высокой энергоемкости и в настоящей работе не рассматриваются.

Указанным требованиям могут удовлетворять

Таблица 1

Технический и элементный анализ исходных угольных шламов

Вид анализа	Наименование показателя	Шлам марки Д	Шлам марки СС	Шлам марки Г
Технический анализ	Влага аналитическая, W^a , %	5,5	3,6	25
	Зольность, A^d , %	20,0	18,5	19,0
	Высшая теплота сгорания, Q_t^{daf} , ккал/к	7450	7250	8150
	Выход летучих веществ, V^{daf}	39,8	30,0	39,5
Элементный состав, %	Углерод, C^{daf}	76,4	79,5	82,5
	Водород, H^{daf}	4,9	5,2	5,8
	Азот, N^{daf}	2,4	2,0	2,9
	Сера, S_t^d	0,6	0,6	0,6
	Кислород, O_t^{daf}	16,3	12,7	8,1
Химический состав золы, %	SiO_2	49,5	46,5	45,5
	Al_2O_3	16,7	16,0	16,1
	Fe_2O_3	12,8	14,0	3,7
	CaO	7,3	6,8	15,0
	MgO	1,9	2,0	2,8
	TiO_2	0,6	0,4	0,2
	MnO_2	4,0	2,0	0,01
	SO_3	-----	10,0	12,0
	Na_2O+K_2O	-----	-----	-----
	P_2O_5	0,12	0,6	0,7

угли и угольные шламы марок Д, Г и СС Кузнецкого бассейна. Запасы этих углей весьма велики, кроме того, в гидроотвалах и шламоотстойниках сосредоточено большое количество тонкодисперсных угольных шламов этих марок, применение которых в качестве исходного сырья для приготовления ВУС позволит получить высокий экономический и экологический эффекты [2].

Для выяснения возможности утилизации угольных шламов в виде водоугольного топлива были взяты образцы угольных шламов марок Д (ш. «Инская»), Г (ш. «Комсомолец») и СС (ш. «Тырганская»). Технический и элементный анализ исходных углей приведен в табл. 1.

В свою очередь, современные технологии производства и использования водоугольного топлива ориентированы под конкретные котлы и печи, при этом обязательным условием экономической и экологической эффективности, предъявляемым к водоугольному топливу (ВУТ), является глубокая деминерализация угля [1-3].

Минимально возможная зольность исходного угля обеспечит, прежде всего, повышение теплотворной способности водоугольного топлива, снижение вредных выбросов в атмосферу, сокращение объемов золо- и шлакоудаления, уменьшается износ и потому увеличивается срок службы переводимых на водоугольное топливо котлоагрегатов [4].

При исследовании распределения зольности по классам крупности в исходных угольных шламах были получены данные, подтверждающие зависимость перехода зольности углей в более мелкие классы. В связи с этим был выбран метод обогащения угольных шламов – масляная агломерация, т.к. другие методы обогащения (флотация, гравитационное обогащение и др.) не позволяют получать приемлемый угольный концентрат из-за невысокой селективности этих процессов при обогащении тонких классов [5].

В качестве связующего реагента использовался топочный мазут. Расход связующего определен потребностью для формирования агломерированного концентрата с минимально возможной зольностью. Зольность полученных концентратов составила 5-7%. Выход угольной составляющей в концентрат - 80-85%. Зольность отходов составляла $A^d=75-80\%$. При этом сохраняются условия для возможной утилизации минеральной части отходов в качестве компонента строительного материала.

Подготовленные угольные шламы направлялись на одностадийный мокрый помол в лабораторную шаровую мельницу в присутствии реагента-пластификатора, в качестве которого использовался гумат натрия, полученный из бурого угля. Реагент-пластификатор добавлялся в шаровую мельницу в количестве от 0,5–2,0 % к весу сухого угольного шлама. Через заданные промежутки времени производился отбор проб, в которых оп-

ределялся гранулометрический состав путем мокрого отсева на ситах 32, 63, 125, 250, 500 мкм и зольность угольных частиц. В табл. 2 приведено процентное содержание фракций угля в ВУС.

Таблица 2
Процентное содержание фракций угля в ВУС

Класс угля, мкм	Содержание, %
500	0,46
250	0,07
125	0,03
63	3,64
32	6,23
<32	89,57
Концентрация угля в суспензиях, %	62,0

Применение в качестве стабилизатора гуминового препарата (гумата натрия) позволило получить стабильную водоугольную суспензию с практически неизменными во времени реологиче-

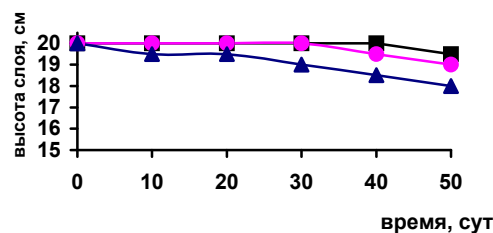


Рис.1. Зависимость слоя дисперсной фазы от времени (суспензии с добавками гумата натрия различного количества): 1 – 0,5 % к массе угля; 2 – 1,0 % к массе угля; 3 – 2,0 % к массе угля

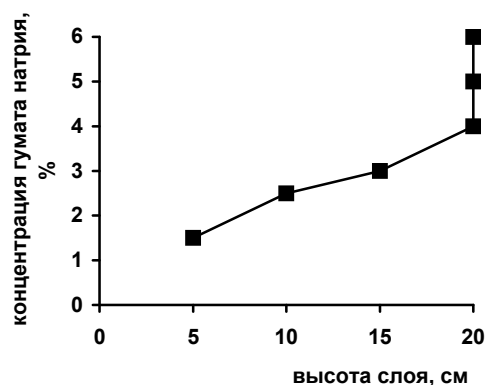


Рис. 2. Зависимость высоты осаждающегося слоя твердой фазы от концентрации гумата натрия (после 30 дней статического состояния суспензии)

скими характеристиками. О стабильности водоугольных суспензий судили по высоте слоя осаждающейся дисперсной фазы и изменении технологических характеристик с течением времени. Снижение высоты слоя твердой фазы свидетельствовало о дестабилизации дисперсной системы, что приводило к постепенному осаждению и сгущению угольных частиц.

Стабильность водоугольных суспензий была максимальной (минимум 30 дней) при использовании от 1,0 % гумата натрия к массе угля (рис.1) и концентрации гуматов натрия 4 г/л (рис. 2).

Добавление больше 2% гуматов натрия существенного влияния на стабильность не оказывало.

Вязкость полученных водоугольных суспензий измеряли на ротационном вискозиметре “Реотест-2”. Определены зависимости вязкости водоугольных суспензий (при скорости сдвига 100 с^{-1}) от количества вводимого гумата натрия и его концентрации (рис. 3 , 4).

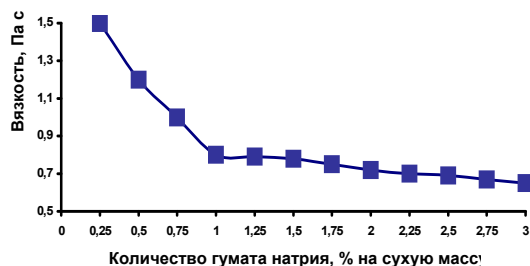


Рис. 3. Зависимость вязкости водоугольных суспензий от количества введенных добавок гумата натрия

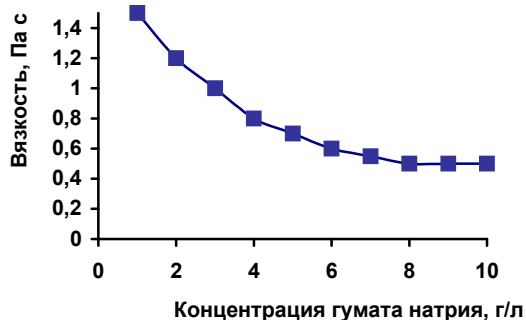


Рис. 4. Зависимость вязкости водоугольных суспензий от концентрации гумата натрия

Из представленных графиков видно, что вязкость, удовлетворяющая требованиям ($0,8 \text{ Па} \cdot \text{с}$ при 100 с^{-1}) достигается при введении от 1,0 % добавки к массе угля, добавление больше 1,0 % гумата натрия хотя и улучшает значения вязкости, но незначительно.

Зависимость вязкости водоугольных суспензий от концентрации реагента гумата натрия показывает, что вязкость, необходимая по требованиям к ВУТ, достигается при концентрации данных гуматов натрия от 4 г/л, дальнейшее увеличение

Таблица 3
Характеристики полученного водоугольного топлива

Наименование показателя	Значение	
Гранулометрический состав, класс, мкм	Содержание, %	
500	0,46	
250	0,07	
125	0,03	
63	3,64	
32	6,23	
- 32	89,57	
Концентрация угля, %	62,0	
Влагосодержание, %	38,0	
Теплотворная способность, ккал/кг	7600	
Вязкость, Па с, при 100 с^{-1}	0,8	
Зольность, %	5,0	
Элементное содержание, %	C	83,34
	H	6,0
	N	2,3
	O	7,9
	S	0,53

концентрации существенного влияния на вязкость водоугольных суспензий не оказывает (особенно наибольшие концентрации).

Существенное влияние на вязкость водоугольных суспензий оказывает влияние массовой доли твердой фазы (рис. 5).

Из данного графика видно, что при увеличении массовой доли твердой фазы вязкость полученных суспензий увеличивается.

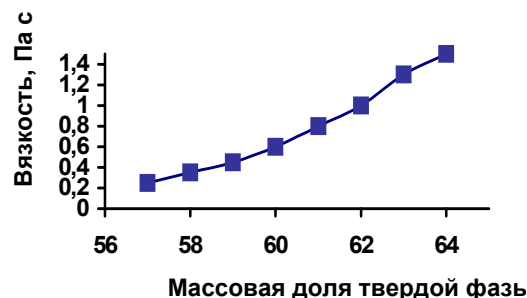


Рис. 5. Зависимость вязкости водоугольных суспензий от массовой доли твердой фазы (суспензии с $A^d = 5,0 \%$)

Таблица 4
Нормы технологических характеристик водоугольного топлива для трубопровода Белово-Новосибирск

Наименование показателя	Значение
Зольность, %	14-16
Концентрация твердой фазы, %	57-58
Вязкость, Па \cdot с при 100 с^{-1}	0,8

Теплотворную способность водоугольных суспензий определяли на калориметре В – 08. Она составила для водоугольного топлива из подготовленного шлама марки Д (сухая масса угля) – 7600 ккал/кг; СС – 7600 ккал/кг; Г – 8200 ккал/кг.

Полученные характеристики водоугольного топлива (угольный шлам марки Д) представлены в табл. 3.

Сравнивая данные технологических характеристик полученных суспензий (табл. 3) и норм технологических характеристик водоугольных

суспензий, заложенных в технологический регламент комплекса трубопровода Белово – Новосибирск (табл. 4), можно сделать вывод, что полученные водоугольные суспензии приемлемы для прямого сжигания в топках котлоагрегатов.

Проведенные исследования и полученные данные, показывают возможность получения высококонцентрированных водоугольных суспензий из угольных шламов Кузбасса, приемлемых для прямого сжигания в вихревых топках котлоагрегатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мурко В.И. // Химия твердого топлива. 2001. № 2. С. 62-72.
2. Зайденварг В.Е., Трубецкой К.Н., Мурко В.И., Нехороший И.Х. Производство водоугольного топлива. –М.: Издательство Академии горных наук, 2001. 176 с.
3. Мурко В.И., Заостровский А.Н., Клейн М.С., Папина Т.А. Повышение качества угля для приготовления водоугольного топлива // Материалы Международной научно-практической конф. “Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности”, Кемерово, 2002. – С. 84.
4. Мурко В.И., Заостровский А.Н. Выбор углей для приготовления водоугольных суспензий и закономерности формирования их структурно-реологических характеристик // Вестн. КузГТУ. 2001. № 5. С.49 - 54.
5. Папин А.В., Солодов Г.А., Заостровский А.Н., Папина Т.А. Процесс формирования структуры высококонцентрированных водоугольных суспензий приготовленных из обогащенных угольных шламов методом масляной агломерации // Вестн. КузГТУ. 2003. № 4. С. 96-99.

□ Авторы статьи:

Солодов
Геннадий
Афанасьевич
- докт. техн. наук,
проф., зав. каф. химической
технологии твёрдого топлива
и экологии

Заостровский
Анатолий
Николаевич
- канд. техн. наук,
доц. каф. химической
технологии твёрдого топлива
и экологии КузГТУ,
ст. науч. сотр. Института
угля и углехимии СО РАН

Папин
Андрей
Владимирович
- вед. инженер Института
угля и углехимии СО РАН

Папина
Татьяна
Александровна
- аспирант Института
угля и углехимии СО РАН

Клейн
Михаил
Симхович
- канд. техн. наук,
доц. кафедры обогащения
полезных ископаемых

УДК 622.765.06

М.С. Клейн

КИНЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА МАСЛЯНОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

Метод масляной агломерации угольных шламов может использоваться перед пенной флотацией как первая стадия обогащения мелкого угля, в результате которой происходит селективное образование углемасляных комплексов с высоким извлечением в них микрочастиц угля. При последующей флотации агломерированного угля увеличивается скорость процесса снижается расход реагентов, повышается селективность разделения угольных и минеральных частиц [1-3].

Одной из причин ограниченного практического применения этого метода является недостаточная, по сравнению с флотацией, изученность механизма образования углемасляных комплексов,

что не позволяет разработать и использовать научно обоснованные оптимальные условия агломерации частиц угля и масла. В данной работе рассматривается первый этап создания модели процесса, включающий разработку алгоритма расчета и математическое описание переходов угольных частиц в масляную фазу. В дальнейшем необходимо установить физико-химические закономерности и константы скоростей отдельных стадий процесса, провести экспериментальную проверку модели. Полная кинетическая модель процесса масляной агломерации позволит изучить механизм взаимодействия частиц мелкого угля с масляной фазой, выявить наиболее значимые техно-