

УДК 622.648.24

А.В. Папин, Г.А. Солодов, А.Н. Заостровский, Т.А. Папина

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ВОДОУГОЛЬНЫХ СУСПЕНЗИЙ В ПРОЦЕССЕ ИХ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ИЗ ОБОГАЩЕННЫХ УГОЛЬНЫХ ШЛАМОВ

Один из перспективных путей улучшения качества твердого топлива – приготовление на базе углей и шламов различных видов суспензионных водоугольных топлив. Современное суспензионное топливо представляет собой смесь измельченного угля (60-70% массовые доли) и воды, получаемого в результате мокрого измельчения в присутствии химических добавок. Использование такого топлива весьма перспективно с экологической точки зрения и не снижает основного свойства угля – быть полноценным источником энергии. Этот вид топлива имеет большую полноту сгорания, что является значительным преимуществом по сравнению со слоевым и пылевидным сжиганием. При сжигании суспензионного топлива вместо пылевидного угля выбросы оксидов серы, оксидов азота и канцерогенных веществ

значительно снижаются благодаря связыванию этих соединений минеральной компонентой угля. Выбросы монооксида углерода устраняются практически полностью, что приводит к улучшению экологической обстановки в районах размещения промышленных и коммунальных котельных [1].

С экономической точки зрения сжигание тонкодисперсных угольных шламов в виде водоугольных суспензионных топлив позволит использовать огромные запасы ранее добывого угля и одновременно сберечь потенциальные ресурсы угольных шахт [2].

Для исследования процесса получения водоугольных суспензий из угольных шламов были использованы образцы угольных шламов марок Д (ш. «Инская»), Г (ш. «Комсомолец») и СС (ш. «Тырганская»). Технический и элементный ана-

лиз исходных углей приведен в табл.1.

Поскольку угольные шламы содержат повышенное количество минеральных примесей, то необходимым условием использования их в водоугольных суспензиях является уменьшение содержания минеральной составляющей.

Деминерализацию угольного шлама проводили методом масляной агломерации. Использование процесса масляной агломерации в технологии приготовления ВУТ обусловлено следующими причинами:

- 1) высокая селективность разделения угольных и породных частиц по смачиваемости;

- 2) высокая эффективность агломерации тонкодисперсных угольных частиц,

практически полное извлечение (> 90%) в угольный концентрат органической части угля.

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/кг	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 ₂ O ₃	16,7	16,0	16,1
	Fe ₂ O 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 ₂ O+K ₂ O	-----	-----	-----
	P ₂ O ₅	0,12	0,6	0,7

Из угольных шламов в процессе масляной агломерации при расходе связующего (топочного мазута) 15% (об.) от массы исходного угля получали углемасляный концентрат (рис.1). Расход связующего был определен потребностью для формирования агломерированного концентрата с минимально возможной зольностью ($A^d = 5,0\%$). Выход угольной составляющей в концентрат 85,0 %. Зольность отходов составляла $A^d = 70-80\%$. При этом сохраняются условия для возможной утилизации минеральной части отходов в качестве компонента строительного материала [3].

Обогащенные угольные шламы направляли на мокрый помол в присутствии реагента –



Рис. 1. Углемасляные гранулы (увеличение 100^X)

пластификатора суспензии (гумата натрия) и затем подвергали классификации.

Применение гуминового реагента-пластификатора позволяет получать водоугольные суспензии с легко управляемыми и приемлемыми стабилизационно-реологическими характеристиками [4].

Использование гумата натрия в технологии водоугольных суспензий выгодно и с экологической точки зрения, так как при наличии в топливе натриевых, кальциевых или магниевых солей гуминовых кислот в начальный период горения происходит спад гуматов с образованием окисей металлов, которые активно реагируют с окислами серы, образующимися при горении пирита и сернистых органических соединений. При благоприятных количественных соотношениях в топливе гуматов и горючих сер-

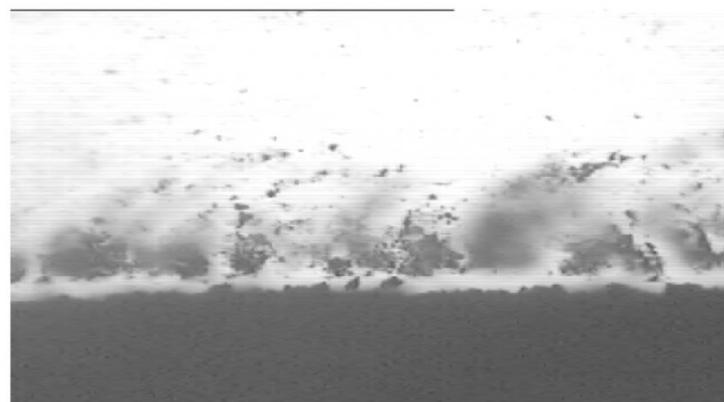


Рис. 2. Граница капли суспензии (увеличение 100^X)

нистых соединений выделение окислов серы с дымовыми газами может отсутствовать даже при высоком содержании в угле горючих сернистых веществ [5].

Измельчение обогащенных угольных шламов производили в шаровой мельнице. Число оборотов мельницы 46 об./мин. Время измельчения составляло 30 мин. Контакт угля с водой и реагентом – пластификатором при мокром помоле приводит к существенным изменениям поверхностных свойств углей. Интенсивные ионообменные процессы, сопровождающиеся образованием на угольной поверхности двойного электрического слоя ионов, приводят к усилению взаимодействия угольной фазы суспензии с водой при помощи гумата натрия.

Исследованиями установлено, что эффективность разжижающего и стабилизирующего действия реагента-пластификатора на высококонцентрированные водоугольные суспензии связана с адсорбцией реагента на поверхности частиц твердой фазы. Величина адсорбции, а также характер взаимодействия адсорбент-адсорбат зависят в первую очередь, от природы поверхности частиц дисперсной фазы [6].

При обогащении угольных шламов, применяющийся топочный мазут, частично адсорбировался на угольных частицах, в связи с этим катионы гумата натрия могли адсорбироваться лишь на оставшихся свободных центрах поверхности

угольных частиц. В этом случае адсорбция молекул гумата натрия в определенной степени затруднена предварительной адсорбцией топочного мазута.

Вследствие этого, связывание гуматов натрия с поверхностью угольных частиц в присутствии топочного мазута уменьшается. Таким образом, гумат натрия адсорбируется на частицах угля в определенных центрах. Из этого следует, что при получении водоугольной суспензии происходит неполная стабилизация дисперсной системы гуматом натрия.

При неполной стабилизации дисперсной системы двойной электрический слой и сольватная оболочка более крупных частиц нарушается лишь частично, происходит слипание частиц в определенных местах, на участках поверхности не имеющих фактора устойчивости после стабилизации. Образуется пространственная сетка, в петлях которой сохраняется дисперсионная среда. Возникающая жидкостная прослойка между частицами, хотя и уменьшает прочность структуры, но придает ей некоторую пластичность и эластичность [7].

В свою очередь, предположительно, наиболее мелкие частицы угля стабилизируются практически полностью. Это объясняется наличием более плотных адсорбционных слоев гуматов на мелких частицах угля, что обуславливает их отталкивание и препятствует агрегации; частицы как бы скользят

одна по другой и занимают наиболее выгодное положение около частично спущихся крупных угольных частиц, которое характеризуется минимальной потенциальной энергией.

Эти предположения подтверждает фотография границы капли суспензии (рис. 2). На фотографии видно, что более крупные частицы угля находятся в “слепленном состоянии” между собой по участкам поверхности не имеющим фактора устойчивости после стабилизации, образуя микропетли сдерживающие внутри дисперсионную среду. Наиболее мелкие частицы угля находятся в “не слепленном состоянии” и присутствуют как внутри микропетель так и в свободном состоянии и занимают наиболее “выгодное” для себя положение.

Таким образом, можно представить модель пространственной структуры данных водоугольных суспензий (рис. 3).

При продолжительном хранении (более 30 суток) водо-

угольные суспензии постепенно сжимались с образованием рыхлых осадков, выделяя жидкую фазу, содержащуюся в их структуре. Предположительно, это результат коагуляционной перегруппировки частиц, число контактов которых очевидно увеличивается, что и приводит к сжатию водоугольных суспензий и “выжиманию” из них дисперсионной среды. При применении механического воздействия (перемешивания) происходило восстановление первоначальной структуры суспензий. Это явление объясняется тем, что в определенной степени данные водоугольные суспензии сохраняют существовавшую при их образовании внутреннюю структуру.

Восстановление структур после их разрушения под действием механического воздействия свойственно тиксотропным системам. Явление тиксотропии связано с восстановлением нарушенных при ударах частиц связей (благодаря броуновскому движению). Такое явление

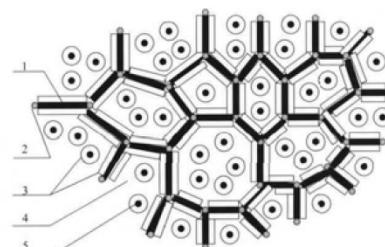


Рис. 3. Модель пространственной структуры водоугольной суспензии (плоскостная проекция): 1 – крупные частицы угля; 2 – участки поверхности частиц, не имеющих фактора устойчивости; 3 – участки поверхности частиц, имеющие фактор устойчивости; 4 – петли структуры, заполненные дисперсионной средой; 5 – мелкие частицы угля

встречается у золей, гелей, студней и носит название “память студня” [8].

Следовательно, можно предположить, что водоугольные суспензии приготовленные с добавкой гумата натрия по своей структурированной системе является гелеподобными или гелеобразными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дроздник И.Д., Кафтан Ю.С., Должанская Ю.Б. Новые направления использования углей // Кокс и химия. 1999. № 1. С. 11-16.
2. Папин А.В. Угольные шламы – потенциальные ресурсы Кузбасса // Материалы Межрегион. научно-практич. конф. “Финансово-экономическая самодостаточность регионов”, Кемерово, 2003. - С. 214.
3. Мурко В.И., Заостровский А.Н., Клейн М.С., Папина Т.А. Повышение качества угля для приготовления водоугольного топлива // Материалы Междунар. научно-практической конф. “Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности”, Кемерово, 2002. – С. 84.
4. 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.
5. Титов Н.Г., Бороздина Л.А. К вопросу о борьбе с загрязнением воздуха сернистым газом в результате сжигания сернистых углей // Реф. сборник законч. научно-исследовательских работ ИГИ, Москва, 1968. – С.10.
6. Папин А.В. Адсорбция гуматов натрия и ее роль на поверхности частиц твердой фазы высококонцентрированных водоугольных суспензий // “Молодые ученые Кузбасса”, Матер. втор. обл. конф. Кемерово. 2003. - С. 188.
7. Круглицкий Н.Н. Основы физико-химической механики. - Киев.: Выща школа, 1975. Т. 1. 268 с.
8. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. – М.: Наука, 1964. 243 с.

□ Авторы статьи:

Папин

Андрей Владимирович
- м.н.с. Института угля и
углемеханики СО РАН (ИУУ
СО РАН)

Солодов

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

Заостровский

Анатолий Николаевич
- канд. техн. наук, доц. каф.
химической технологии твёр-
дого топлива и экологии, ст.
науч. сотр. ИУУ СО РАН

Папина

Татьяна Александровна
- аспирант Института
угля и углемеханики СО
РАН