

Технология адгезионно-химического окускования угольных шламов и штыбков, бурого угля и торфа

Приведен анализ образования и накопления техногенных месторождений твердого топлива. Рассмотрена новая технология окускования каменноугольных шламов и штыбков, эффективная при разработке техногенных месторождений. Представлено оборудование, реализующее новую технологию.

Топливо-энергетический комплекс Украины нуждается в поиске новых нетрадиционных путей снижения дефицита углей. Одним из них может быть вовлечение в сырьевую базу твердых топлив такого ресурса, как забалансовые отходы углеобогащения, накопленные в последние несколько десятилетий в шламовых отстойниках и илонакопителях углеобогажительных фабрик и коксохимических заводов. Так, на углеобогажительных фабриках расположено 196 шламовых отстойников и илонакопителей, в которых складировано около 120 – 150 млн т шламовых продуктов, в том числе 51 млн т – забалансовых шламов зольностью 45 – 60 %. Но их переработка по традиционным технологиям окускования весьма затруднительна, так как требует высоких энергозатрат.

Не менее острой проблемой топливо-энергетического комплекса является переработка и использование бурых углей, что обусловлено рядом причин, а именно:

- после добычи бурые угли подвергаются деструкции с превращением в легкоразрушаемую массу, что не позволяет их транспортировать на большие расстояния;
- резкие колебания цен на мировом рынке энергоресурсов, а также высокая энергоемкость производства буроугольных брикетов обусловили повышение их реализационной стоимости, иногда превышающей стоимость высококалорийных каменных углей;
- значительное отдаление брикетных производств от потребителей приводит к повышению расходов на транспортирование (в Германии, например, тепловые электростанции, потребляющие буроугольные брикеты, расположены на расстоянии 5 – 10 км от места производства).

Возможным направлением комплексной переработки и использования ресурсов забалансового каменноугольного топлива может быть окускование, одна из разновидностей которого – брикетирование. Утилизация тонкозернистых полезных ископаемых, получение из них высококачественной продукции для бытового и промышленного потребления – главное назначение брикетирования [1].



А. А. ГАЙДАЙ,
канд. техн. наук
(Национальный горный университет)



В. И. СУЛАЕВ,
канд. техн. наук
(Национальный горный университет)

Существуют еще два способа окускования – агломерация и окатывание. Однако от брикетирования они отличаются дороговизной и сложностью процесса. Если принять показатели по себестоимости, переработке и капитальным затратам за 100 % по брикетированию, то агломерация и окатывание с обжигом будут соответственно 120 – 170, 130 – 160, 110 – 200 % и 110 – 150, 90 – 140, 120 – 180 %.

Традиционные технологии брикетирования с помощью валковых, кольцевых и штемпельных прессов достаточно энергоемки. Для осуществления традиционного брикетирования необходимо создание давления в 15 – 50 МПа при использовании связующих веществ и 80 – 120 МПа (150 – 200 МПа на коль-

цевых прессах) без связующих, а также температура в пределах 70 – 100 °С [1].

Обобщенные научные исследования [3] стали основой для разработки учеными и специалистами Национального горного университета новой технологии адгезионно-химического окускования бурого угля, торфа, угольных шламов и других материалов органического происхождения и отходов или их комбинации.

Сущность новой технологии адгезионно-химического окускования состоит в том, что при перемешивании и перетирании углистых и глинистых частиц растет электростатическая зарядность материала, что объясняется повышением удельной поверхности частиц, несущих электрические заряды. Экспериментально установлено, что электрокинетический потенциал (далее – Eh -потенциал) на поверхности частиц увеличивается в 2 – 2,5 раза, рост зарядности ведет к увеличению прочности и улучшению структурообразования полученного топлива. Механизм окускования состоит из следующих процессов: перетирания и уплотнения шламов внутри установки (реализующей технологию), вызывающих сжатие материала между частицами, а также уплотнения и деформирования самих частиц, между которыми возникает молекулярное сцепление. В результате окускования происходит переход упругих деформаций частиц в пластические, вследствие чего структура получаемых цилиндров – брикетов упрочняется и заданная форма сохраняется.

В лабораторных условиях были испытаны альтернативные способы воздействия на дисперсные частицы материала, повышающие их зарядность и прочность готового продукта. В результате нормированного воздействия специально разработанным физическим раствором на различные углеродсодержащие материалы исходное топливо было окусковано с разной степенью зарядности частиц, что позволило получить готовые образцы более высокой прочности. Зависимость прочности окускованного материала (на примере антрацитового шлама) от Eh -потенциала представлена на рис. 1.

Установленные закономерности взаимодействия угольных шламов с физическими растворами различной степени кислотности были положены в основу новой технологии окускования.

Наряду с вопросами дисперсности, зарядности и степени кислотности частиц исходных углеродсодержащих материалов, адгезионно-химическое окускование полезных ископаемых представ-

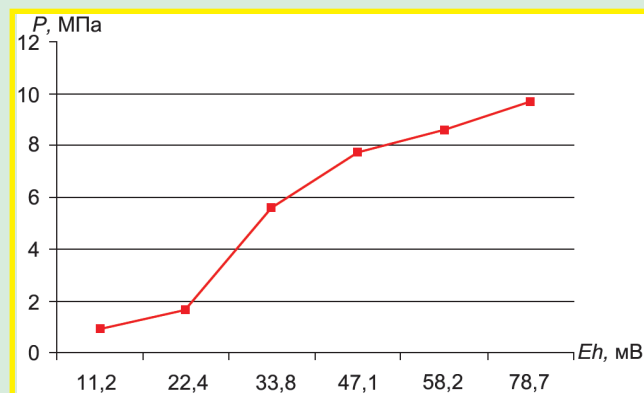


Рис. 1. Зависимость прочности на одноосное сжатие P окускованного материала от Eh -потенциала зарядности частиц.

ляет собой сложный физико-химический процесс взаимодействия разобщенных твердой и жидкой фаз частиц. Структура кусков образуется путем непосредственных контактов частиц между собой или через прослойки связующих и воды за счет прилагаемых усилий шнекового прессования установкой. Прочность любой многофазной системы, образованной в результате прилипания и склеивания адгезива и субстрата, характеризуется адгезией, аутогезией и когезией [1].

Энергетический баланс сил в межфазной зоне описывается уравнением

$$E_{см} = E_{тв} + E_{ж} + E_{тв-ж}'$$

где $E_{см}$ – энергия смачивания;

$E_{тв}$ – энергия поверхности субстрата (твердая фаза);

$E_{ж}$ – энергия поверхности адгезива (жидкая фаза);

$E_{тв-ж}'$ – энергия поверхности раздела субстрат – адгезив.

Для практического количественного определения смачиваемости жидкости твердого тела принято пользоваться значениями поверхностного натяжения и краевого угла смачивания. Краевой угол смачивания определяет энергию на поверхности раздела, т. е. энергию адгезии.

Академик П. А. Ребиндер показал, что адгезив пересекает поверхность субстрата по некоторой линии, названной им периметром смачивания.

Учитывая сказанное и условия равновесия, краевой угол смачивания

$$\cos\theta = (\sigma_{тв} - \sigma_{тв-ж}') / \sigma_{ж} + f / \sigma_{ж}'$$

где f – коэффициент, учитывающий силу трения о шероховатую поверхность субстрата;

ОБОГАЩЕНИЕ И КАЧЕСТВО УГЛЯ

$\sigma_{ТВ}$ и $\sigma_{Ж}$ – удельная свободная поверхностная энергия твердой и жидкой фаз;

$\sigma_{ТВ-Ж}$ – удельная свободная поверхностная энергия на границе твердой и жидкой фаз.

Уменьшение свободной энергии системы, которое характерно при растекании адгезива, выражается коэффициентом растекания

$$K = \sigma_{ТВ} - \sigma_{Ж} - \sigma_{ТВ-Ж}.$$

Коэффициент растекания представляет собой разность энергии адгезии клея к субстрату и энергии когезии самого клея.

Частный случай адгезии – аутогезия, представляющая собой самослипание поверхностей одного и того же вещества, препятствующее их разделению по месту контакта. Необходимым условием аутогезионных взаимодействий является самопроизвольное слияние пленок адгезива.

В процессе структурообразования большую роль играет давление прессования. С приложением давления прессования рыхлая брикетная смесь превращается в прочный кусковой продукт. Деформируемость брикетной смеси в период прессования – функция пластичности [1].

Пластическую деформацию можно описать уравнением

$$F/S - N = \eta(dv/dh),$$

где F – деформирующая сила, H ;

S – поверхность сдвига, на которую она действует, см^2 ;

N – предельное напряжение сдвига, Па;

η – вязкость, Па·с;

dv – разность скоростей двух частиц материала, находящегося на расстоянии dh по перпендикуляру к направлению движения;

dv/dh – градиент скорости.

В случае необходимости при изготовлении твердого топлива могут быть добавлены связующие, которые делают готовое топливо композиционным. Связующие органического и неорганического происхождения должны удовлетворять следующим требованиям:

иметь высокую поверхностную активность, максимально смачивать твердую поверхность материала, обеспечивая прочную связь;

быть устойчивыми к атмосферным осадкам, температуре, действию солнечных лучей, окислению и т. п.;

не разрушать структуру субстрата в готовом брикете;

иметь эластические и пластические свойства; обладать высокой прочностью, но не быть жестче склеиваемого материала;

иметь высокую скорость отверждения;

не содержать летучих соединений, токсически действующих на организм человека;

содержать достаточную долю спекающихся компонентов, обеспечивающих термическую стойкость брикетов при горении;

быть недефицитными и дешевыми;

отличаться стойкостью при хранении, хорошо транспортироваться.

Реологические свойства связующих зависят от молекулярных взаимодействий, строения и теплового движения макромолекул. Основные реологические константы связующих – пластическая вяз-



а



б

Рис. 2. Установки ХОТ-3 (а) и ХОТ-31 (б).



Рис. 3. Готовое окускованное топливо: *а* – антрацитовый шлам; *б* – торф; *в* – бурый уголь.

кость $\eta_{пл}$ и предельное напряжение сдвига f' . Взаимосвязь этих величин, проявляемая с приложением внешних усилий, выражается формулой

$$F = \eta_{пл} \frac{dv}{dr} + f',$$

где F – сила, необходимая для сообщения поверхности определенной площади градиента скорости dv/dr относительно смежной поверхности [1].

Созданы промышленные установки, реализующие технологию холодного окускования топлива ХОТ-3 и ХОТ-31 [4] (рис. 2, *а, б*). Установки включают три ступени, которые расположены последовательно вертикально и горизонтально соответственно. В каждой из них происходит раздавливание комков компонентов шихты, необходимой для производства готового топлива, их перемешивание, в том числе и с добавками других различных видов углеродсодержащих материалов. Обработанная таким образом шихта в каждой ступени продавливается через фильтры с круглыми отверстиями. От ступени к ступени она приобретает все большую пластичность и однородность.

Готовый продукт имеет вид цилиндрических стержней диаметром 30 мм и длиной 50 – 200 мм. Куски (даже в сыром виде) обладают достаточной прочностью и не слипаются. Некоторые из исследуемых углеродсодержащих материалов показаны на рис. 3. Сушка осуществляется за счет принудительной вентиляции в течение 1 ч либо в условиях естественной вентиляции 2 – 3 сут.

Окускованное топливо обладает высокими теплоэнергетическими и физико-механическими свойствами, в частности, достаточной механической прочностью, водо- и термостойкостью. Так, готовое топливо, даже при использовании высокозольных каменноугольных шламов, имеет теплотворную способность не менее 10,46 МДж/кг, а при окусковании низкозольного угля может достигать

18,84 МДж/кг, антрацитовых шламов и штыбов – 25,11 МДж/кг.

Слой такого топлива при сжигании хорошо газопроницаем, что обеспечивает полную степень сгорания и при относительно высокой зольности.

Брикеты – высококалорийное и удобное в применении топливо. Область применения конечного продукта: на тепловых электростанциях, сжигание в котельных местного и районного значения, обогревание помещений печами бытового назначения, сжигание в кипящем слое, использование в сушильных печах, отопление железнодорожных поездов, оранжерей и теплиц.

Топливо при переработке отходов с использованием новой технологии обладает достаточной прочностью и теплотворной способностью в зависимости от физико-механических и физико-химических свойств исходного материала, которые используются потребителями при транспортировании и сжигании. Для твердого топлива эти свойства напрямую зависят от углефикации и степени метаморфизма.

Все виды твердых горючих ископаемых объединяют две составляющие: органическое вещество и минеральную компоненту. Для оценки возможностей и необходимых параметров окускования выполняются исследования проб исходного горючего материала, количество результатов которых растет в связи с увеличением числа композиций исходного материала. Для выбора режимов и параметров процесса окускования топлива выполняются термический, рентгеноструктурный, технический (определение зольности, влажности, калорийности при сжигании и выхода летучих веществ) и химический анализы, на основании которых прогнозируется прочность топлива, необходимая для транспортирования и хранения.

ЛИТЕРАТУРА

Повышение прочности связано с особенностями протекания адсорбционных процессов при взаимодействии твердой фазы с дисперсной средой. Прочность при структурообразовании обуславливается процессами взаимного расположения и взаимосвязи между компонентами шихты и достаточно полно может быть охарактеризована адгезией. Последняя зависит от изменения конформации макромолекул структур связующих на границе раздела фаз: от шероховатости, пористости и влажности топлива.

Выводы. Разработана эффективная технология окускования угольных шламов и штыбов, не требующая высоких энергозатрат и доступная для широкого внедрения в производство. Установлено, что увеличение заряженности частиц топлива повышает прочность при окусковании в 2 – 2,5 раза.

1. *Елишевич А. Т.* Брикетирование полезных ископаемых / А. Т. Елишевич. – М.: Недра, 1989. – 300 с.
2. *Бедрань Н. Г., Скоробогатова Л. М.* Переработка и качество полезных ископаемых. – К.: Донецк: Вища шк. Головное изд-во, 1984. – 189 с.
3. *Гайдай А. А.* Исследования прочностных свойств брикетов из угольных шламов и штыбов, полученных способом холодного окускования / А. А. Гайдай, В. И. Мальченко / II Міжнар. наук.-практ. конф., 5 – 12 жовтня 2008 р. – Дніпропетровськ-Ялта. – С. 268 – 272.
4. *Пат. 65923А України МПК7 C10L5.* Спосіб згрудкування твердого палива органічного походження та шихта / П. І. Пілов, В. І. Бондаренко, Г. О. Куденко, Н. В. Канарська. – Заявник і патентовласник ПП «Спецтехнологія». – № 2003076167; заявл. 03.07.03, опубл. 15.04.04, Бюл. № 4.



15 січня ц. р. відбулась робоча зустріч Міністра енергетики та вугільної промисловості України Е. А. Ставицького з делегацією Китайської Народної Республіки у складі представників Міністерства закордонних справ Китаю, Посольства КНР в Україні та Державного банку розвитку Китайської Народної Республіки на чолі з Мей Чжаожун – членом комітету консалтингу зовнішньої політики МЗС Китаю та Чжа Пейсинь – заступником голови Комітету закордонних справ Народних зборів КНР.

Під час зустрічі сторони обговорили стан реалізації двосторонніх проектів, зокрема – модернізацію шахти ім. Д. Ф. Мельникова ПАТ «Лисичанськвугілля» та щойно започаткованого проекту заміщення споживання природного газу українським вугіллям.

Міністр Е. А. Ставицький наголосив, що завдяки візиту Президента України В. Ф. Януковича до КНР у 2010 р. відбулося значне прискорення розвитку нашого співробітництва, започатковано нові українсько-китайські проекти і сьогодні спільно з китайськими партнерами в Україні створюється нова гаульз – газифікація кам'яного вугілля.

Зі свого боку пан Мей Чжаожун висловив упевненість, що спільними зусиллями сторін створено всі умови для подальшого поглиблення двосторонніх відносин. Чжа Пейсинь також засвідчив готовність Державного банку розвитку КНР для співробітництва з Україною та запровадження нових спільних проектів.

