

УДК 622.7

Л.И. СЕРАФИМОВА, канд. техн. наук
(Украина, Донецк, Государственное ВУЗ "Донецкий национальный технический университет")**АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ
ШЛАМА ФЛОТАЦИЕЙ**

В мировой практике на сегодняшний день единственным эффективным способом обогащения тонких шламов крупностью до "нуля" остается пенная флотация, основывающаяся на разнице физико-химических свойств поверхности частиц угля и породы. Другие способы обогащения шламов до "нуля" (пенная сепарация, масляная агломерация и т.д.) не получили практического распространения. Для улучшения флотационных свойств угольных частиц применяют поверхностно-активные вещества (флотореагенты): собиратели и пенообразователи. Собиратели адсорбируются на поверхности угольных частиц и повышают их гидрофобность, т.е. улучшают сродство угольных частиц с воздушными пузырьками. Пенообразователи повышают устойчивость пены, тем самым предотвращая ее разрушение и выпадение угольных частиц из пенного слоя обратно в пульпу. При низкой зольности выходных шламов (не более 18-20%) и легкой обогатимости рекомендуется простая, так называемая прямая схема. При флотации шламов более тяжелой обогатимости и большей их зольности применяют различные схемы с перечищением концентрата. Наибольшее распространение схема с перечищением концентрата последних камер в машине основной флотации. Иногда при особо высокозольных шламах применяют схемы с перечищением всего концентрата основной флотации. Перечищение концентрата может осуществляться либо в отдельной флотационной машине, или в отдельных камерах машины основной флотации. Перечищение в отдельных машинах или камерах целесообразнее, так как для этой операции требуется режим, отличный от режима основной флотации. В большинстве случаев в качестве собирателя при флотации углей в странах СНГ используются аполярные реагенты: керосин, дизельное топливо, легкий газойль и др. В качестве пенообразователей – гетерополярные: КОБС (кубовые остатки производства бутилового спирта), КЭТГОЛ и др. Наиболее универсальным методом оценки эффективности применения на практике результатов теоретических исследований являются непосредственные эксперименты в лабораторных или промышленных условиях. По многочисленным исследованиям которые проводились ранее и проводятся в настоящее время определены зависимости результатов флотационного обогащения от различных параметров. [6]. Одним из основных являются свойства объекта флотации – угольных шламов и реагентный режим заключающийся в подборе различных как аполярных так и гетерополярных веществ, способ и место их подачи в процесс, время контактирования пульпы с реагентами и время флотации. Проведены имитационные моделирования с приме-

нием компьютерных программ, анализ результатов которого позволил выделить сложный характер перемещения угольных частиц по воздушному пузырьку в зависимости от поверхностных свойств частиц и расположения фаз друг относительно друга в момент образования флотационного комплекса. При превышении критического значения угла столкновения и при снижении вязкости соединений на поверхности раздела фаз резко сокращается время существования флотационного комплекса из-за преобладания положительных ускорений частицы. Практическая полезность полученных результатов состояла в выборе сочетаний применяемых во флотации веществ, обеспечивающих необходимые свойства поверхностных соединений с целью снижения или погашения полностью положительных ускорений частицы. [5].

Методы обогащения в тяжелосредних гидроциклонах, отсадки, концентрационных столов ограничены нижней крупностью материала 0,15 мм. Методы с использованием водных циклонов, спиральных сепараторов и центрифугирования ограничены нижней крупностью 30 микрон (0,03 мм).

Фактически, альтернативных флотации способов, позволяющих обогащать ультратонкий шлам крупностью менее 0,03 мм в промышленных масштабах, не существует.

Флотацией наиболее эффективно извлекаются частицы угля крупностью 0,05-0,3 мм; ограничение сверху 0,5(0,6) мм (в зависимости от типа применяемых флотационных аппаратов) и снизу -0,02(0,03) мм. Ультратонкие частицы заметно влияют на скорость флотации, стабилизацию пены, расходы реагентов и другие факторы процесса. Флотации, как и любому разделительному процессу, присуща глубина обогащения. В связи с этим, флотация как процесс обогащения, и как способ регенерации шламовых вод не эффективна для разделения тонкодисперсных и высокозольных угольных шламов, особенно при наличии значительного количества глинистых частиц микронной и субмикронной крупности. Отрицательное влияние тонкодисперсных частиц на флотацию объясняется рядом причин, это: малая масса тонких частиц, налипание тонких частиц на более крупные частицы, бронирование поверхности воздушных пузырьков, очень высокая удельная площадь активной поверхности ультратонких частиц, пониженная скорость флотации. Малая масса тонких частиц снижает вероятность столкновения и соответственно закрепления частиц на пузырьке воздуха. Налипание тонкодисперсных шламов на поверхность угольных частиц затрудняет их прилипание к пузырькам. Тонкие частицы, обладая большой удельной поверхностью, в первую очередь адсорбируют реагенты. Низкая скорость их флотации также связана с их развитой поверхностью, поскольку требуется повышенное количество мелких воздушных пузырьков.

Ввиду низкой селективности флотационного обогащения наиболее тонких частиц (крупностью менее 0,04-0,05 мм) в последние годы на ряде ОФ, построенных по технологии СЕТСО (ОФ "Северная" г. Березовский, ОФ "Бочатская-Коксовая" г. Белово, ОФ "Краснобродская" – все в Кемеровской обл., ОФ "Свято-Варваринская" в Украине), предусматривается классификация необогащен-

ного шлама перед флотацией в гидроциклонах малого диаметра с целью выделения тонких частиц [3]. Такой подход может способствовать улучшению показателей флотации, однако, создаёт проблему переработки шламовой воды, содержащей тонкие частицы, и увеличивает потери угля. Есть опыт раздельной флотации песков и шламов после классификации. Так, на ОФ "Северная" и ОФ "Свято-Варваринская" применены схемы раздельной колонной флотации крупных и тонких шламов. На ОФ установлены колонные аппараты для тонких (-0,04 мм) и крупных частиц (0,04-0,15 мм), что позволяет подбирать соответствующие оптимальные расходы флотореагентов и аэрогидродинамические режимы для частиц различной крупности. Тем не менее, полученные результаты не обнадеживают: эффективность разделения частиц тонкого класса 0-0,04 мм низкая. При этом нельзя не отметить, что проблеме совершенствования колонных аппаратов и в частности аэраторов для них посвящено значительное число исследований. Именно колонные аппараты более эффективны, чем механические и пневмомеханические флотационные машины для селекции тонких шламов. Тем не менее, полностью проблема обогащения угольных шламов, по крайней мере, с размером частиц -0,05 мм, все еще требует решения. В этом ключе следует выделить метод, получивший название "турбулентная микрофлотация". Метод микрофлотации был впервые предложен и теоретически обоснован применительно к ультрадисперсным рудным минералам. Более 10 лет этот метод в комбинации с флокуляцией используется для очистки промышленных стоков от тонкодисперсных загрязнений. Недавно в лабораториях компаний "Англоплатинум" (ЮАР), "Рио Тинто" (Австралия) и "Коминко" (Канада) экспериментально было подтверждено, что "турбулентная микрофлотация" позволяет достигать не только высокой степени извлечения (до 90%) полезного компонента тонкодисперсных рудных минералов (-15 мкм), но и высокого качества концентрата. Результаты пилотных испытаний турбулентной микрофлотации при обогащении тонкодисперсных угольных суспензий (крупностью -0,2 и -0,045 мм) на ОФ "Свято-Варваринская" (Украина) свидетельствуют об относительной эффективности метода. Следует особо отметить, что, поскольку микропузырьки обладают эффективностью захвата ультратонких частиц на несколько порядков более высокой, чем пузырьки в обычных флотационных машинах, расход воздуха на единицу объема пульпы при турбулентной микрофлотации уменьшается на порядок по сравнению с обычной флотацией. Это позволяет, повысить извлечение угольных частиц в пенный продукт. Известны схема и оборудование фирмы Iris (США) для микрофлотации углей в промышленных масштабах на колоннах большого диаметра. Проблему генерации микропузырьков в необходимых объемах также решили специалисты СЕТСО, разработав устройство, устанавливаемое непосредственно на трубе питания флотомашин любого типа. Частично проблемы генерации микропузырьков решили во флотомашинах Pneufлот (ФРГ) и во флотационных системах Jameson Cell (Австралия). Но практика эксплуатации этих систем показала, что расход флотореагентов превышает в 2-3 раза расходы флотореагентов в обыч-

ной флотации. Это приводит к "запениванию" всего водно-шламового хозяйства, и вынуждает значительно снижать нагрузку на фабрику, что не приемлемо с экономической точки зрения. Известны работы по применению вакуумной флотации, электрофлотации, флотации с носителем, где в роли носителя применяются более крупные частицы. Однако применительно к флотации тонкодисперсных угольных шламов эти методы не нашли применения. Одним из способов предотвращения отрицательного действия тонких высокозольных шламов при флотации угля является применение специальных реагентов-пептизаторов, повышающих гидратированность поверхности тонких частиц, изменяя в нужном направлении их заряд, предотвращая тем самым налипание шламов на угольные частицы, пузырьки воздуха и капли эмульсии аполярных реагентов. Флотация в разбавленных пульпах, дробная подача реагентов несколько снижает загрязнение концентрата тонкодисперсными минеральными частицами. На ОФ "Распадская" (Южный Кузбасс, г. Междуреченск) была решена проблема экономичного обогащения угольных шламов до "нуля" применением нового для углеобогащения метода избирательного осаждения угольных частиц с помощью метода их селективной флокуляции [4]. Себестоимость обогащения угольных шламов способом избирательного осаждения угля и обезвоживание продуктов в 2-3 раза ниже, чем при флотации угля. В настоящее время изучается возможность применения этого метода обогащения угольных шламов в проектах новых углеобогатительных фабрик.

Список литературы

1. Обогащение углей: Справочник / Под ред. Благова И.С. и др. – М.: Недра, 1984.
2. Козлов В.А, Новак В.И. Развитие метода качающейся постели в обогащении угольных шламов // ГИАБ. – МГГУ, 2010. – № 6.
3. Козлов В.А, Новак В.И. Применение колонной флотации в угольной промышленности // ГИАБ. – МГГУ, 2011. – № 4.
4. Новак В.И. Обоснование и разработка рациональной технологии флокуляционного разделения тонкодисперсных угольных шламов: Автореф. дисс. ... к.т.н. – М.: ИОТТ-МГГУ, 2012. – 28 с.
5. Серафимова Л.І. Обґрунтування параметрів, які визначають утворення флотаційного комплексу при флотації вугілля: Автореф. дис. ... к.т.н. – Кривий Ріг, 2011. – 28 с.
6. Назимко Е.И. Исследование процессов взаимодействия фаз в динамических условиях при обогащении полезных ископаемых // Матеріали міжнар. конференції "Форум гірників – 2005". – Дніпропетровськ, 2005.

© Серафимова Л.И., 2016

*Надійшла до редколегії 25.02.2016 р.
Рекомендовано до публікації к.т.н. О.М. Корчевським*