

УДК 504.064.4: 622.7

М.С. Клейн, Т.Е. Вахонина

ПОДГОТОВКА ПУЛЬПЫ ПЕРЕД ФЛОТАЦИЕЙ МЕТОДОМ МАСЛЯНОЙ АЭРОАГЛОМЕРАЦИИ УГОЛЬНЫХ ЧАСТИЦ

Одна из основных проблем недостаточной эффективности углеобогащения связана с существенными недостатками технологий переработки тонких угольных шламов, которые, с одной стороны, нельзя сбрасывать без обогащения с отходами из-за роста потерь угля и загрязнения окружающей среды, а с другой стороны, нельзя добавлять необогащенный шлам к угольному концентрату из-за увеличения его зольности и влажности и снижения при этом ценности и конкурентоспособности товарного продукта. Поэтому, высокие требования к качеству концентрата коксующихся углей вызывают необходимость обогащения угольных шламов.

Практически единственным способом обогащения шламов является разделение угольных и породных частиц по смачиваемости флотационным методом с использованием масляных реагентов, что обусловлено естественной гидрофобностью угольной поверхности и хорошей смачиваемостью угля маслом. Основная трудность селективной сепарации угольных шламов связана с высоким содержанием в них тонкодисперсных частиц. Результаты гранулометрического анализа шламов некоторых углеобогащительных фабрик (УОФ) показывают, что среднее содержание частиц размером меньше 30 мкм составляет 30-40 % и может доходить до 50 %. Высокая сложность разделения угольно-глинистых дисперсий, содержащих большое количество разнообразных по своей химической природе и физико-химическим свойствам тонкодисперсных частиц, объясняет недостаточную эффективность флотации угольных шламов.

К недостаткам флотационного метода можно отнести потери самых мелких и крупных частиц угля с отходами флотации, низкую скорость и селективность процесса при повышенном содержании тонких шламов. Для изыскания способов интенсификации флотации угольных шламов изучены статистические закономерности отдельных этапов элементарного акта флотации. Установленные зависимости вероятностей отдельных стадий процесса и константы скорости флотации от крупности частиц угля, размеров пузырьков воздуха и гидродинамических условий в камере флотомашин позволили выявить основные причины малоэффективной флотации частиц угля крайних размеров [2].

Низкая скорость флотации микрочастиц угля вызвана малой вероятностью их безинерционного столкновения с пузырьками воздуха и близкой к нулю вероятностью закрепления на пузырьках, а значительные потери крупных частиц угля с отхо-

дами флотации происходят в результате малой вероятности удержания их на пузырьке при попадании в турбулентные вихри перемешиваемой пульпы.

Результаты исследований эффективности флотации частиц угля разной крупности показали, что для интенсификации флотации угля необходимо снижение негативного влияния тонких шламов, повышение степени омасливания угольной поверхности крупных частиц, которая обычно не превышает 5-10 %, создание оптимальных гидродинамических условий для взаимодействия капель масляных реагентов с частицами угля разной крупности. Одним из действенных способов решения указанных задач является эффективная подготовка пульпы перед флотацией, в ходе которой достигается гидрофобная агрегация мельчайших частиц угля масляными реагентами. При этом основная сложность заключается в разработке условий, обеспечивающих высокую эффективность образования агрегатов малым количеством масла, не превышающим флотационные расходы. Известные способы подготовки пульпы перед флотацией не обеспечивают выполнение необходимых условий [1].

Изучение механизма и кинетики отдельных стадий образования углемасляных агрегатов с помощью кинетической модели [3] и по результатам экспериментального определения степени агрегации мелких частиц угля позволило сделать вывод, что для достижения высокой степени агрегации микрочастиц угля небольшим количеством масла необходимо интенсивное перемешивание суспензии в течение некоторого времени и достаточная площадь поверхности раздела масло-вода. Обеспечить необходимые интенсивность и время перемешивания суспензии не сложно, а для увеличения поверхности раздела масло-вода без увеличения расхода масла предложено использовать дополнительные центры агрегации мелких частиц в виде омасленных пузырьков воздуха. Толщина масляной пленки на пузырьках примерно на 2 порядка меньше ее толщины на угольной поверхности, что обеспечивает многократное увеличение поверхности раздела масло-вода. В процессе масляной аэроагломерации (МАО) угольных шламов на поверхности мелких омасленных пузырьков с высокой скоростью закрепляются частицы угля, образуя устойчивые углемасляные аэрокомплексы, которые легко отделяются от минеральной пульпы последующей флотацией [4].

Исследование технологических закономерностей процесса МАО проведены с использованием специальной камеры агломерации, оборудованной

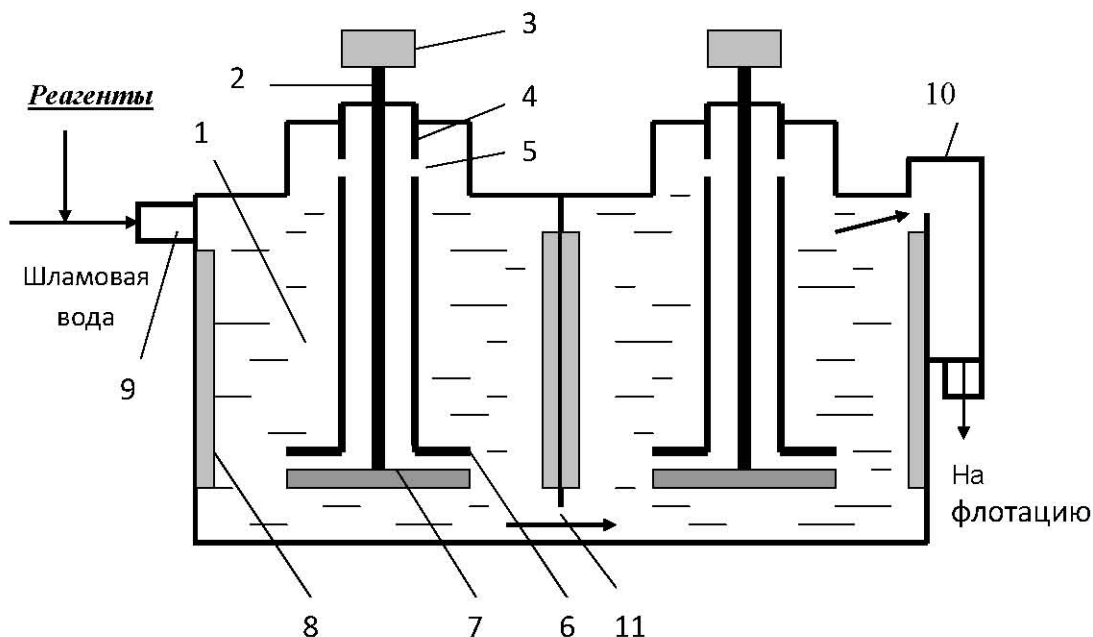


Рис.1. Принципиальная схема 2-х камерной установки масляной аэроагломерации
 1 – камера аэроагломерации; 2 – вал мешалки; 3 – приводной шкив; 4 – аэрационная труба; 5 – отверстие для засасывания воздуха и пены; 6 – надимпеллерный диск; 7 – турбинная мешалка; 8 – отражательная перегородка; 9 – титающая труба; 10 – разгрузочный карман, 11 – разгрузочная щель.

гидрозатвором, а также на стендовой установке, смонтированной в отделении флотации ЦОФ «Сибирь». Установлено, что основными технологическими факторами, влияющими на эффективность процесса МАА, являются интенсивность и продолжительность перемешивания пульпы, расход и тип масляных реагентов, количество добавляемого воздуха.

Интенсивность перемешивания пульпы является наиболее важным фактором, при недостаточной величине которого эффективность процесса агрегации частиц крайне мала. Интенсивность перемешивания оценивается по величине диссипации энергии, затрачиваемой на перемешивание пульпы. Диссипация энергии учитывает большинство факторов, влияющих на процесс агрегации: скорость вращения мешалки, ее тип и диаметр; количество перемешиваемой пульпы, ее плотность и вязкость; степень аэрации пульпы. Увеличение диссипации энергии при перемешивании аэрированной пульпы в процессе МАА оказывает заметное положительное влияние на эффективность последующей флотации как мелких, так и крупных частиц угля.

Улучшение флотации мелких частиц угля связано с повышением скорости и степени их агрегации. С увеличением диссипации энергии повышаются скорость турбулентных пульсаций и скорость движения частиц в пульпе, уменьшается размер пузырьков воздуха, а газосодержание увеличивается. Все это приводит к повышению вероятности эффективных столкновений и степени агрегации мелких частиц, что увеличивает скорость их флотации и устраняет вредное влияние

мелких частиц на флотацию крупных.

Улучшение показателей флотации крупных частиц угля объясняется закреплением в процессе МАА на их поверхности микропузырьков воздуха, которые обеспечивают эффективную флотацию крупных частиц по коалесцентному механизму. Увеличение числа микропузырьков в пульпе с повышением скорости ее перемешивания способствует этому процессу.

Расход и тип масляных реагентов. В качестве масляных реагентов в процессе МАА используются обычные собиратели для флотации угля, например, керосин, термогазойль и др., при этом за счет интенсивной турбулизации пульпы появляется возможность применения более вязких реагентов, например комплексного реагента собирателя на основе отработанных минеральных масел [5].

Увеличение расхода масляных реагентов, подаваемых в процесс МАА, положительно сказывается на результатах флотационного разделения продуктов масляной аэроагрегации: увеличиваются скорость флотации, зольность отходов, выход концентрата, содержание твердого в пенном продукте.

Оптимальная продолжительность перемешивания пульпы в процессе МАА находится в диапазоне от 1 до 3 минут и зависит от granulометрической характеристики шлама и интенсивности перемешивания пульпы:

- чем мельче угольный шлам, тем больше необходимое время процесса аэроагломерации для полного извлечения мелких угольных частиц в углемасляные аэрокомплексы;
- при недостаточной интенсивности переме-

плавания пульпы увеличение продолжительности МАА до 5 минут и более не позволяет добиться необходимой степени агрегации частиц и практически не влияет на показатели процесса флотации.

Подача воздуха в процесс МАА значительно повышает эффективность масляной агломерации при одновременном снижении энергозатрат на турбулизацию пульпы. Положительный эффект от аэрации пульпы возрастает с увеличением интенсивности перемешивания. При определении оптимального количества добавляемого воздуха необходимо учитывать влияние аэрации пульпы на следующие факторы: эффективность процесса МАА; технологические свойства пенного продукта флотации; нежелательность избыточного пенообразования в камерах агломерации.

Для практической реализации технологии МАА разработана конструкция промышленной установки, принципиальная схема которой показана на рисунке. Установка МАА состоит из нескольких последовательно соединенных камер аэроагломерации 1 прямоугольной или цилиндрической формы при примерно равных высоте и диаметре камеры. Реагенты собиратель и вспениватель подаются в виде смеси или раздельно в питающую трубу 9 или в 1-ю камеру аэроагломерации. Шламовая вода вместе с реагентами поступает в верхнюю часть 1-ой камеры, где насыщенная мелкими пузырьками воздуха пульпа интенсивно перемешивается и переходит через разгрузочную щель 11 в нижней части камеры в следующую камеру аэроагломерации. Поочередное нижнее и верхнее расположение разгрузочных щелей в камерах обеспечивает вертикальное перемещение и прохождение всей перемешиваемой пульпы через зону максимальной турбулизации в районе мешалки. После аэроагломерации в последней камере подготовленная к флотации пульпа из разгрузочного кармана 10 распределяется по флотомашинам.

Общий объем камер агломерации должен обеспечить необходимую продолжительность процесса МАА, например установка с объемом камер 12 м³ позволяет подготовить к флотации до 450 м³/ч пульпы. Перемешивание пульпы в каждой камере осуществляется мешалкой 7 турбинного типа, при этом размеры и скорость вращения мешалки должны обеспечивать диссипацию энергии на турбулизацию пульпы не менее 5 кВт на 1 м³ полезного объема камеры. Для усиления турбулентных пульсаций в каждой камере устанавливаются отражательные перегородки 8.

Воздух в камеры засасывается вращающейся мешалкой через отверстия 5 в аэрационной трубе 4, расположенные выше уровня пульпы. При определенном размере отверстий исключается накопление пены на поверхности пульпы. При избытке воздуха образующаяся пена перекрывает часть площади аэрационных отверстий, за счет чего снижается подача воздуха и скорость образования пены, т.е. происходит автоматическая регулировка количества засасываемого воздуха на оптимальном уровне.

Технология подготовки пульпы перед флотацией с использованием процесса МАА внедрена на трех углеобогажительных фабриках Кузбасса: на двух секциях ЦОФ «Сибирь», на ГОФ «Томусинская» и на ОФ «Анжерская». Сравнительная оценка результатов работы фабрик до и после внедрения новой технологии показала, что применение МАА позволило уменьшить загрязненность оборотной воды и обеспечило повышение технологической и экономической эффективности работы фабрик: увеличилась производительность флотомашин в 1,5-2 раза, уменьшился расход собирателя на 20-30 %, сократились потери угля и количество сбрасываемых шламовых отходов на 40-50 %, увеличился выход концентрата на 2-5 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абрамов А. А.* Флотационные методы обогащения: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Обогащение полезных ископаемых» направления подготовки «Горное дело» / А. А. Абрамов. – М.: МГГУ: Горная книга: Мир горной книги, 2008. – Т. 4. – 710 с.
2. *Клейн, М. С.* Очистка шламовых вод углеобогащения с использованием селективной сепарации шламов масляными реагентами / М. С. Клейн // Уголь, 2005. – № 9. – С. 43–45.
3. *Клейн, М. С.* Оценка эффективности процесса масляной агломерации мелких угольных частиц / М. С. Клейн // Вест. Кузбасс. гос. техн. ун-та. – Кемерово, 2003. – № 5. – С. 82–85.
4. Пат. № 2223828 РФ, МПК⁷ В 03 D 1/02. Способ обогащения угольных шламов / ЗАО ЦОФ «Сибирь»; Клейн М. С. Оpubл. 20.02.2004. Бюл. № 5.
5. *Вахонина Т. Е.* Использование отработанных моторных масел для флотации угольных шламов / Т. Е. Вахонина, М. С. Клейн, И. А. Горбунков // Вестник. КузГТУ, 2009, № 1. С. 15 – 17.

□ Авторы статьи

Клейн
Михаил Симхович,
докт.техн.наук., проф. каф. «Обогащение
полезных ископаемых». КузГТУ.
Email: to:kms.opi@kuzstu.ru

Вахонина
Татьяна Евгеньевна,
ст. препод. каф. «Обогащение
полезных ископаемых» КузГТУ
Тел.8 -3842-39-69-31