

УДК 622.794

В. Г. Самойлик, к.т.н., доцент,

В. И. Друц, магистрант

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОЛОННЫХ ФЛОТОМАШИН COALPRO

Аннотация: В статье дан анализ развития колонной флотации в последние десятилетия. Рассмотрены конструктивные особенности колонных флотомашин, их принцип действия. Проанализированы особенности эффективной эксплуатации колонных машин на примере флотомашин CoalPro. Установлено, что эффективность управления процессом флотации в колонной флотомашине определяется следующими факторами: скорость подачи и расход воздуха; уровень границы раздела между зонами пенообразования и пульпы; расход промывочной воды и флотационных реагентов.

Ключевые слова: флотация, колонная машина, аэрирование, диспергирование, аэраторы, диспергатор, воздушные пузырьки, пульпа, зона пенообразования, коллектор, форсунки, промывочная вода, флотационные реагенты, скорость подачи, расход воздуха, флотоконцентрат, эффективность

В. Г. Самойлік, к.т.н., доцент,

В.І. Друц, магістрант,

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОЛОННИХ ФЛОТОМАШИН COALPRO

Анотація: У статті подано аналіз розвитку колоною флотації в останні десятиліття. Розглянуто конструктивні особливості колонних флотомашин, їх принцип дії. Проаналізовано особливості ефективної експлуатації колонних машин на прикладі флотомашини CoalPro. Встановлено, що ефективність управління процесом флотації в колонній флотомашині визначається наступними чинниками: швидкість подачі і витрата повітря; рівень кордону розділу між зонами піноутворення і пульпи; витрати промивної води і флотаційних реагентів.

Ключові слова: флотація, колонна машина, аерування, диспергування, промивна вода, аератори, диспергатор, повітряні бульбашки, пульпа,

зона піноутворення, колектор, форсунки, реагенти флотаційні, швидкість подачі, витрата повітря, флотоконцентрат, ефективність

V. G. Samoylik, PhD, assistant professor,

V. I. Druts, masters course student

Donetsk national technical university

FEATURES OF OPERATION OF COLUMN FLOTATION MACHINES COALPRO

The article analyses the development of the column flotation in recent decades. Considered constructive by the peculiarities of flotation columns, their principle of action. The features of effective operation of vertical machines on the example of flotomashine CoalPro. It is set that efficiency of process of flotation control in columnar flotomashine is determined the followings factors: speed of serve and expense of air; level of border of section between the areas of penoobrazovaniya and mash; expense of washwater and flotacionnykh reagents.

flotation, columnar machine, aeration, dispergating, aerators, dispergator, air bubbles, mash, area of penoobrazovaniya, washwater, collector, sprayers, flotacionnye reagents, speed of serve, expense of air, flotokoncentrat, efficiency

На протяжении последних трех десятилетий конструкция аппаратов для колонной флотации активно развивалась и совершенствовалась, поскольку колонные флотомашины доказали свою эффективность и, главное, возможность получения концентратов более высокого качества, чем в классических машинах пенной флотации [1 - 5].

Главным недостатком использования механических камерных флотомашин для обогащения угля является попадание тонких глинистых частиц в концентрат. Жидкая фаза, которая окружает пену и позволяет пузырькам двигаться, несет в себе породные частицы, которые не могут прикрепиться к пузырьку воздуха. Тонкие частицы крупностью менее 40 мкм имеют тенденцию попадать в пенный концентрат в прямой пропорции от количества содержащейся в пене воды.

В отличие от механических камерных флотомашин исходная пульпа поступает в колонну и распределяется по её сечению более равномерно. Пульпа движется в противотоке восходящему потоку пузырьков, генерируемых устройством подачи воздуха внизу колонны. Частицы сталкиваются с пузырьками, закрепляются на них и выносятся вверх пузырьками в концентратный желоб. Не захваченные пузырьками частицы оседают на дно и попадают в хвосты. В отличие от традиционных флотационных машин, в колоннах не используется механическое перемешивание. Отсутствие интенсивного переме-

шивания способствует селективности и помогает извлекать очень крупные частицы. Ещё одним преимуществом флотационных колонн является возможность подачи в верхней части колонны промывочной воды. Промывочная вода, фильтруясь вниз сквозь пенный слой, смывает унесенные в него породные частицы, в результате чего снижается зольность концентрата.

Возможность получения низкозольного флотоконцентрата при использовании колонных машин позволяет работать фабрике при больших плотностях разделения в схемах обогащения крупного и мелкого машинных классов. Следствием этого является повышение общего выхода концентрата по фабрике.

В мировой практике накоплен значительный опыт разработки и применения колонных флотомашин. Большая высота колонны (по отношению к её диаметру) является принципиальным конструктивным отличием колонных флотомашин. Оптимальное соотношение высоты и диаметра флотационных колонн зависит от свойств перерабатываемой руды, методов диспергирования воздуха и аэрирования пульпы. В настоящее время не установлен универсальный критерий выбора высоты колонны для всех видов флотации.

Для колонных флотационных машин, разработанных в России, наиболее характерна высота 4-7 м, для канадских и американских машин – 10 -16 м, а для флотации угля фирма Control International Inc. Использует колонны высотой до 20 м при диаметре 4 м. Флотационные колонны, производимые в Китае, имеют высоту от 5 до 9 м при диаметре от 1 до 4 м.

Подача питания в колонные машины осуществляется с применением разнообразных устройств и сводится в основном к следующим вариантам: в верхнюю часть по центру или по периметру колонны – при противоточном движении; в нижнюю часть – при прямоточном; одновременная подача сверху и снизу. Подача питания сверху является основным решением для колонн с пневматическим аэрированием. При этом скорость нисходящего движения пульпы выбирают таким образом, чтобы исключить унос тонкодисперсных пузырьков и в то же время обеспечить требуемую производительность аппарата. На практике скорость нисходящего потока в различных колонных машинах в зависимости от вида сырья колеблется в интервале 0,5 – 3,7 см/с.

Высокие скорости нисходящего потока (3 – 3,7 см/с) устанавливаются при флотации относительно крупными пузырьками воздуха (2 – 4 мм). Малые скорости нисходящего потока пульпы (0,5 – 1 см/с) создают, как правило, при флотации тонкодисперсного продукта мелкими пузырьками.

При подаче питания снизу содержание воздуха в камере флотации в 1,5 – 2 раза ниже, чем при подаче сверху, что связано с меньшим временем пребывания пузырьков в колонне, однако при этом увеличивается время пребывания в ней твердой фазы, что особенно актуально при флотации крупных частиц. Совмещение подачи в верхнюю и нижнюю части колонны целесообразно при флотации частиц широкого диапазона крупности.

Эффективность работы колонных флотомашин в немалой степени также зависит от способа диспергирования воздуха и надежности устройств для его реализации.

Самым простым способом аэрирования пульпы является пневматический - продавливание газа через отверстия диспергатора. Наиболее распространенные аэрационные устройства этого типа – перфорированные трубки, пластины, диски, в которые под давлением подается воздух. Общим недостатком пневматических аэраторов является их быстрый износ, сложность получения большого числа мелких пузырьков, малый срок службы (несколько месяцев).

При флотации тонких частиц всё большее распространение получают гидравлические способы аэрирования. Они дают возможность получать пузырьки меньшей крупности, чем при использовании пневматических аэраторов. В качестве диспергирующих устройств применяются струйные аэраторы – поверхностные и погружные, - в которых аэрирование происходит за счет захвата газовой фазы поверхностью струй жидкости. В поверхностных аэраторах водовоздушная смесь погружается в пульпу со скоростью 10 – 15 м/с при напоре 50 - 70 кПа, что обеспечивает захват оптимального количества воздуха. Более результативны погружные струйные аэраторы, которые подают струю воды при напоре до 200 кПа в воздушный колокол в придонной части флотомшины на дополнительную перегородку или в днище камеры.

В связи с появлением износостойких материалов всё большее распространение получают аэраторы пневмогидравлического (инжекторного) типа. Именно такой тип аэраторов установлен на флотационные колонны CoalPro, которые эксплуатируются на обогатительной фабрике ЗАО «Донецксталь».

Принцип действия колонных флотационных машин CoalPro следующий: загружаемая пульпа подаётся в колонну через загрузочный коллектор, расположенный в верхней трети корпуса колонны, и смешивается с поднимающимися мелкими пузырьками, которые генерирует воздушно-барботажная система. Частицы, которые образовали флотационный комплекс, поднимаются в верхнюю часть колонны, достигая, в конечном счёте, границы раздела между пульпой (зона улавливания) и пеной (зона очистки). Расположение границы раздела, которое может регулировать оператор,

поддерживается неизменным при помощи контура автоматического регулирования, который управляет клапаном в линии отвода из колонны хвостов. Меняя расположение границы раздела, можно увеличивать или уменьшать высоту зоны пенообразования. Флотационный воздух подаётся во внешний коллектор и вдувается через ряд воздушных форсунок (16 барботажных трубок), расположенных у днища колонны (Рис.1).

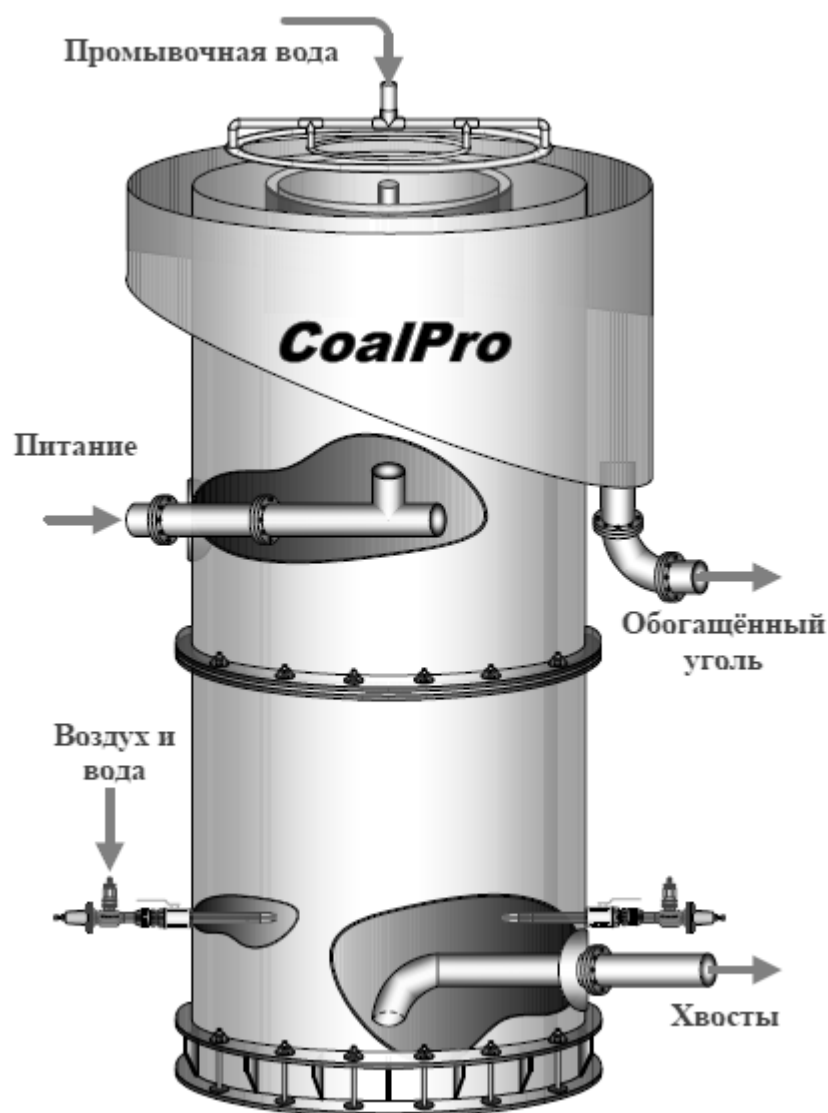


Рис. 1. Колонная флотомашина CoalPro

Одним из основных элементов колонной флотомашины CoalPro является воздушно-барботажная система SlamJet® модели SLJ-75, которая включает в себя воздушный и водяной коллекторы, окружающие колонную камеру и обеспечивающие подачу смеси воздуха с небольшим количеством воды в ряд барботеров SlamJet® (Рис.2). В верхней части коллектора предусмотрены соединения для подачи воздуха, для установки манометра и датчика давления. Сбоку на коллекторе имеется ряд соединительных муфт, предназначенных для подсоединения водяного коллектора к воздушному коллектору. В нижней части коллектора предусмотрен ряд утопленных соединительных муфт, предназначенных для подсоединения барботажных трубок.

SlamJet®

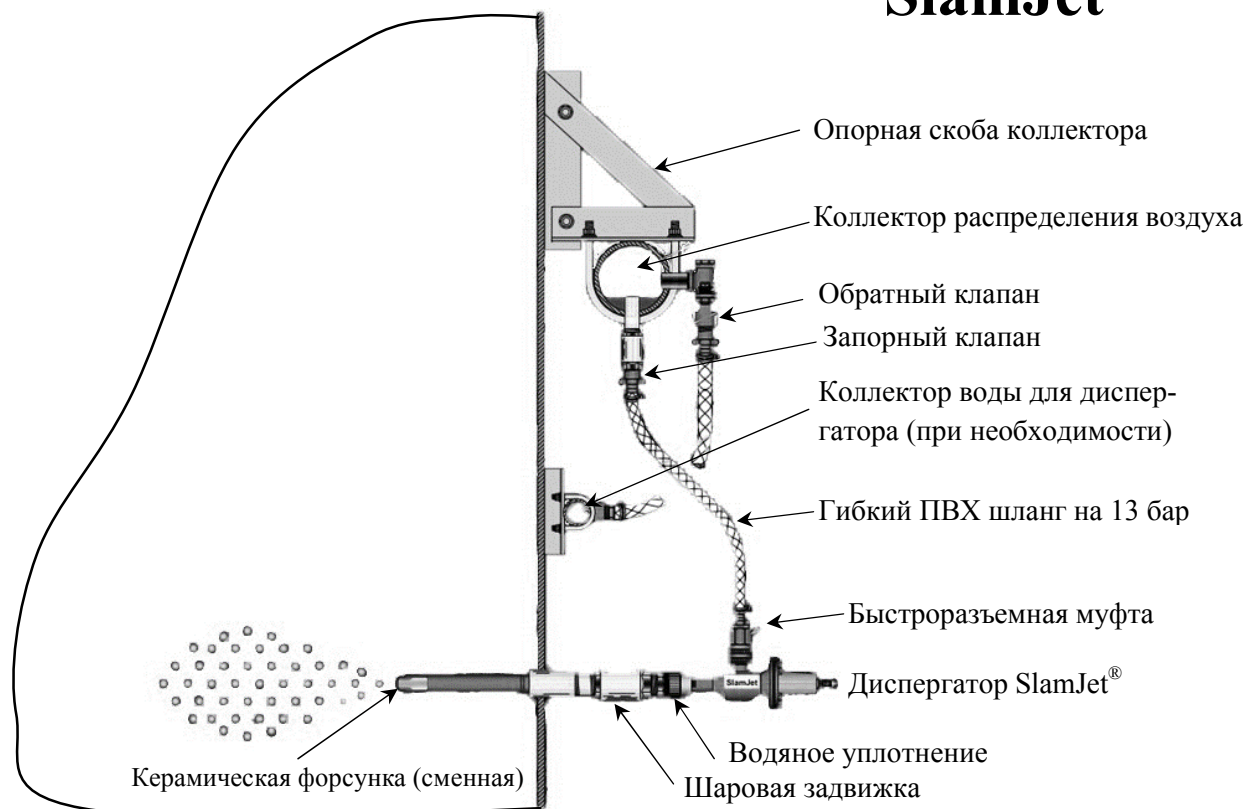


Рис. 2. Воздушно-барботажная система SlamJet®

Водяной коллектор соединён в четырёх местах с воздушным коллектором с целью обеспечения равномерного распределения воды внутри воздушного коллектора.

Воздух поступает в коллектор через соединения, расположенные в верхней части коллектора, и выходит через ряд соединительных муфт, расположенных на нижней части коллектора.

Смесь воздуха с водой проходит по соединительному рукаву в барботажную трубку и впрыскивается в колонну через одиночные сопла с керамическими вкладышами барботеров.

Каждый барботер присоединяется к коллектору при помощи одного гибкого рукава, снабжённого быстроразъёмной соединительной муфтой, что позволяет без особого труда снять его с целью проведения осмотра или технического обслуживания.

Барботерные элементы сконструированы таким образом, чтобы их можно было без особого труда снять с колонны. Сборочный узел, состоящий из полнопроходного шарового клапана и жидкостенепроницаемого уплотнения, включает в себя отверстие для вставки барботера и не даёт возможности технологическим пульпам покидать колонну в то время, когда барботер снят. Каждый барботер, кроме того, укомплектован установленным в форсунке игольчатым клапаном, который обеспечивает регулирование расхода воздуха, а также обеспечивает автоматическую герметизацию форсунки перед снятием.

Эффективность управления процессом флотации в колонной флотомашине CoalPro определяется следующими факторами: скорость подачи и расход воздуха; уровень границы раздела между зонами пенообразования и пульпы; расход промывочной воды и флотационных реагентов.

Скорость подачи и расход воздуха.

Скорость потока воздуха в колонне представляет собой наиболее часто регулируемую и наиболее эффективную управляющую переменную. Реакция на изменения скорости потока воздуха будет очень быстрой (от секунд до минут). Стандартные рабочие уровни для скоростей потока вводимого воздуха для колонных камер колеблются от 0,5 см/с до 2,0 см/с в зависимости от конкретного случая применения. Оптимальная скорость потока будет меняться в зависимости от размера пузырьков, нагрузки на пузырьки и скоростей пульпы и должна определяться в ходе стандартной эксплуатации.

Приведенные скорости газа (см/с) в колонне диаметром 4,27 м можно преобразовать в расходы свободного воздуха следующим образом:

$$\text{площадь колонны} = \pi D^2 / 4 = 14,3 \text{ м}^2,$$

$$\text{скорость газа} = 2,0 \text{ см/с} = 72,0 \text{ м/ч},$$

$$\text{расход газа} = 14,3 \text{ м}^2 \times 72,0 \text{ м/ч} = 1\,029,7 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Увеличение расхода воздуха, как правило, будет иметь следующие последствия:

- качество пенного продукта снизится (большой захват золы);
- плотность (процентное содержание сухого вещества) в концентрате снизится (большее извлечение воды);
- извлечение твердого в верхний продукт колонны увеличится.

Эти последствия справедливы только в пределах определённого диапазона расхода. Продолжающееся повышение скорости потока воздуха приведёт к возникновению коалесценции пузырьков, которое окажет крайне неблагоприятное воздействие на качество работы. Определёнными указаниями на чрезмерно высокие скорости потока воздуха является исчезновение чётко определяемой границы раздела или чрезмерная турбулентность в зоне пенообразования. Увеличения количества воздуха приведут к увеличению выхода верхнего продукта (слива) и потребуют соответствующего увеличения

скоростей потока промывочной воды, чтобы поддерживалось положительное отклонение.

Объёмные скорости потока воздуха ниже 0,5 см/с могут стать причиной разрушения пенной постели. В таком случае глубина зоны пенообразования уменьшится.

Уровень границы раздела.

Местонахождение уровня границы раздела между зонами пенообразования и пульпы может влиять как на качество концентрата, так и на извлечение обогащённого угля в верхний продукт. Если пенный слой будет глубже, то следствием этого станет повышение степени чистоты пены за счёт предоставления большего времени на то, чтобы захваченные загрязняющие примеси могли покинуть пену. Однако это, кроме всего прочего, приведёт к уменьшению извлечения обогащённого угля вследствие увеличения "обратного сброса".

Уровень в колонне обычно должен регулироваться в диапазоне от 0,5 м до 1,5 м, но он может колебаться в зависимости от стабильности пены. Более низкие пенные слои возможны, если требуется высокий выход и может быть допущена высокая зольность.

Расход промывочной воды.

Озоление пенного продукта высокочольными частицами можно снизить, предотвратив попадание загрузочной воды в верхний продукт (слив). Добиться этого можно при применении промывочной воды.

Увеличение потока промывочной воды приведёт к:

- повышению качества пены;
- снижению извлечения обогащённого угля.

Повышенный расход приведёт к просачиванию промывочной воды и разрушению пены, что сведёт на нет все преимущества добавления промывочной воды.

Необходимо поддерживать объёмную скорость потока хвостов флотации на уровне, как минимум, чуть выше объёмной скорости потока питания за счёт регулирования расхода промывочной воды.

Расход и дозировка флотационных реагентов.

Действие пенообразователя заключается в стабилизации зоны пенообразования. Увеличение дозировки пенообразователя приводит к:

- уменьшению размера пузырьков;
- снижению процентного содержания твёрдого в концентрате;
- увеличению задержки воздуха в зоне улавливания;
- снижению максимальной скорости потока воздуха.

Наличие собирателя в пульпе способствует эффективному закреплению частиц угля на пузырькам воздуха и, таким образом, оказывает непосредственное влияние на извлечение обогащённого угля.

Как правило, увеличение дозировки собирателя приводит к:

- увеличению извлечения твёрдого в концентрат;
- увеличению содержания минеральных примесей в пенном продукте;
- снижению задержки газа в зоне улавливания;
- увеличению максимальной скорости потока воздуха.

В связи с этим, при эксплуатации колонной флотомашины особое внимание необходимо уделять не только подбору эффективных флотореагентов, но и их дозировке, способам подачи.

Одним из вариантов повышения эффективности действия пенообразователя является возможность вводить его в колонну, вместе с барботирующим воздухом. В этом случае пенообразователь добавляется в барботажную воду и, таким образом, равномерно распределяется внутри колонны. Результатом применения такой практики может стать улучшение качества получаемых пузырьков воздуха, а также сокращение расхода пенообразователя.

Использование системы автоматического контроля уровня границы раздела между зонами пенообразования и пульпы, оперативный контроль систем подачи воздуха, промывочной воды и реагентов позволяет эффективно управ-

лять процессом флотации в колонных машинах, получать высокие технологические результаты.

Анализ работы флотомашин при переработке различных полезных ископаемых показывает, что использование колонной флотации способствует повышению содержания полезного компонента в концентрате на 1-2%, сокращению расходов на ремонт и электроэнергию на 40%, а занимаемые площади - на 60 %, по сравнению с импеллерными флотомашинами. Развитие пневматических колонных флотомашин является по-прежнему ведущим направлением совершенствования флотационного оборудования.

Библиографический список

1. Mikael Forth, Alain Broussaud, Thierry Monredon, АЛ Гребенешников, А.М. Кокорин, Н.В. Лучков, А.О. Смирнов. Новое поколение флотационного оборудования компании Metso Minerals — основа эффективных решений//Горная промышленность. — 2007. — № 3.
2. Краснов Г.Д., Лавриненко А.А., Крапивный Д.В., Кикот В.К. Новый путь совершенствования флотационной техники // Горный журнал. —2005. — №4. - С. 63-67.
3. Лавриненко А.А., Краснов Г.Д. Пневмопульсационные аппараты для селективного разделения // Современные технологии освоения минеральных ресурсов: Сб. науч. трудов / Гос. образовательное учреждение «ГАЦМиЗ» Красноярск. — 2003. — С. 169-173.
4. Лавриненко А. А. Современные флотационные машины для минерального сырья.//Горная техника. — 2008. С. 186-195.
5. Черных С. И. Создание флотационных машин пневматического типа и опыт их применения на обогатительных фабриках.- М: ЦНИИЦЭИ, - 1995 - 151 с.

Поступила в редколлегию _____ 2013 г.