

32. Fernandez Angel. Signification des symetries de fabriques dans les roches magmatiques// C.r.Acad.Sci. – 1982. – No.16. – P.995-998.

33 McEwen, J., Hillary, E. Early fracture evolution within the Eye-Dashwa Lakes Pluton. Atikokan, Ontario, Canada// J. Struct. Geol. – 1958. – Vol.7. – No.5. – P.591-603.

34. Tarr R.S. The phenomenon of rifting in granite// Eng.Min.Journ. – 1891. – Vol.70. – P.161.

**УДК 622.755+765.063**

**В.И. Кривошеков**

## **ПЕРЕРАБОТКА УГОЛЬНОГО ШЛАМА: ГИДРОСЕПАРАЦИЯ И РАЗДЕЛЬНАЯ ФЛОТАЦИЯ**

Наведені технічні особливості та технологічні переваги високоефективного гідросепаратора з перечищенням тонких шарів пульпи. Використання цих апаратів для класифікації вугільних шламів дозволяє отримати одностадійною сепарацією необхідну кількість кондиційних за якістю продуктів розділення, сприяє створенню малоопераційних водно-шламових схем, зниженню накопичення в них шламів та ліквідації скидання енергетичного шламу.

## **THE PROCESSING OF THE COAL SLIME: HYDROSEPARATION AND SEPARATE FLOTATION**

The technical features and technological advantages of the high efficient hydroseparator with scavenging of lamellar pulp are presented. The using of such devices makes possible under one stage separation to obtain required number of separation products with high quality. Also it promotes to create a low-operation water-slurry, to reduce the accumulation of slimes, and to elimination of energetic slimes.

Одно из направлений улучшения качества товарных концентратов обогащения минерального сырья – повышение эффективности процесса гидравлической сепарации путем создания новых способов и аппаратов с рациональной зоной разделения и низкими удельными затратами энергии, поскольку применяемые для этого цилиндроконические гидроциклоны работают с невысокой (37...56% по Ханкоку) технологической эффективностью, обусловленной рядом причин. Отметим некоторые из них:

– повышение производительности за счет увеличения диаметра гидроциклона приводит к уменьшению фактора разделения и закруплению граничного зерна сепарации;

– перемещение мелких (легких) минеральных частиц из конусной части гидроциклона происходит по сложным траекториям большой протяженности, не обеспечивающей достижения всех мелких частиц сливного патрубка;

– мелкие (легкие) частицы не могут преодолеть сопротивление плотного и вязкого пристенного слоя и транспортируются им, что повышает содержание их в песках;

– повышение объемной концентрации твердой фазы в конусной части гидроциклона способствует уменьшению различия скоростей мелких и крупных частиц в направлении к песковой насадке;

– перераспределение объемов песков и слива в гидроциклоне зависит от его разгрузочного отношения, определяемого поверхностью разделения, разграни-

чивающей поток пульпы на внутренний, движущийся к сливному патрубку, и наружный – к песковой насадке. С увеличением разгрузочного отношения (а следовательно, поверхности разделения) снижаются выход сливного продукта и содержание твердого в песках. При этом крупность твердой фазы слива уменьшается до определенного значения. Дальнейшее увеличение поверхности разделения разжижает пески и повышает в них содержание шлама. Отсутствие автоматической регулировки разгрузочного отношения гидроциклона затрудняет сохранять оптимальным режим сепарации.

Анализ приведенных причин показывает, что для повышения технологической эффективности работы гидроциклонов с позиций максимально возможной разницы в скоростях движения различных по крупности и плотности частиц необходимо:

- предельно увеличить поверхность разделения и одновременно уменьшить до минимума путь движения мелких (легких) частиц в направлении их разгрузки;

- осуществить вывод мелких (легких) частиц из тонких слоев пульпы путем их многократной перечистки, обеспечивая заданную крупность и плотность твердой фазы слива;

- уменьшить радиальную и увеличить осевую составляющие скорости потока с целью повышения объемной производительности за счет снижения гидравлического сопротивления устройства, реализующего прямоточный режим сепарации по крупности и плотности минеральных частиц в удлиненной зоне разделения.

По нашему мнению, повысить эффективность процесса разделения смеси минеральных зерен и производительность по сливному продукту можно только посредством увеличения поверхности разделения и сокращения пути перемещения мелких (легких) частиц в направлении их разгрузки. Это новое направление интенсификации гидравлической сепарации зернистой смеси реализовано в прямоточном цилиндрическом гидроциклоне ПГЦ–1000 [1] и гидросепараторе с многократной перечисткой тонких слоев пульпы [2–4].

Гидросепаратор (рис. 1...3) состоит из приемной 1, разделительной 2 и разгрузочной 3 камер, питающего патрубка 4, песковой насадки 5, сливной камеры 6. Камера 2 снабжена закрепленными в ней и установленными с зазором относительно друг друга разделительными элементами 7, выполненными в виде цилиндрических полых тел, имеющих по образующей каждого элемента заборную регулируемую щель 8, обращенную в сторону разгрузочной камеры 3. Ширину этой щели регулируют пластиной 9, оснащенной фиксатором 10. При работе гидросепаратора поток пульпы, поступающий с определенной скоростью через питающий патрубок 4 в приемную камеру 1, расширяется по ее каналу и в разделительной камере 2, дробясь на тонкие слои при обтекании (огибании) элементов 7, образует с их тыльной стороны к направлению движения потока вихревые зоны, раздвоенные возвратными струями. Поверхность разделения 11, по которой происходит сепарация зернистой смеси, расположена ниже отрыва потока от поверхности элемента 7 по линии нулевой осевой

скорости потока с образованием зоны. Внутри последней пульпа движется к заборной щели 8, а вне зоны – вниз к разгрузочной камере 3. Мелкие (легкие) минеральные частицы увлекаются вихревым потоком возвратных струй жидкой фазы и за счет малого радиуса кривизны разделительного элемента 7, а следовательно, и малого пути их перемещения быстро достигают заборной щели 8 и выводятся из гидросепаратора через сливную камеру 6. Крупные (тяжелые) частицы по контуру поверхности разделения 11 отводятся тонкими слоями пульпы от вихревой зоны с возвратной струей. Тонкослойные потоки, преимущественно содержащие крупные (тяжелые) минеральные частицы, поступают в разгрузочную камеру 3 и общим потоком посредством регулируемой песковой насадки 5 выводятся из гидросепаратора.

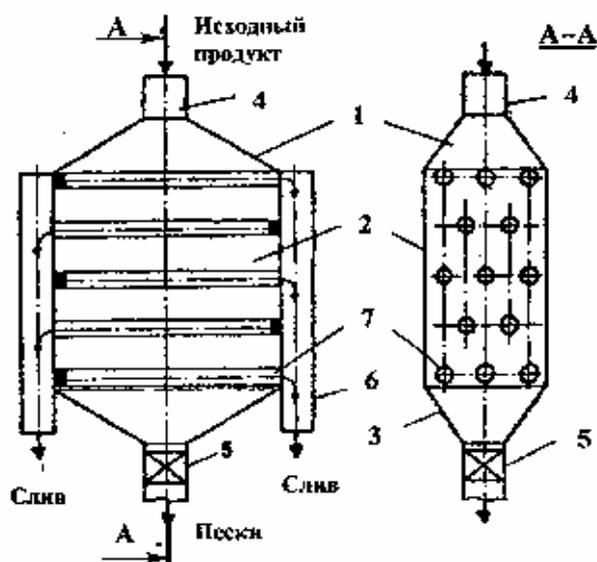


Рис. 1 – Схема прямоочного гидросепаратора

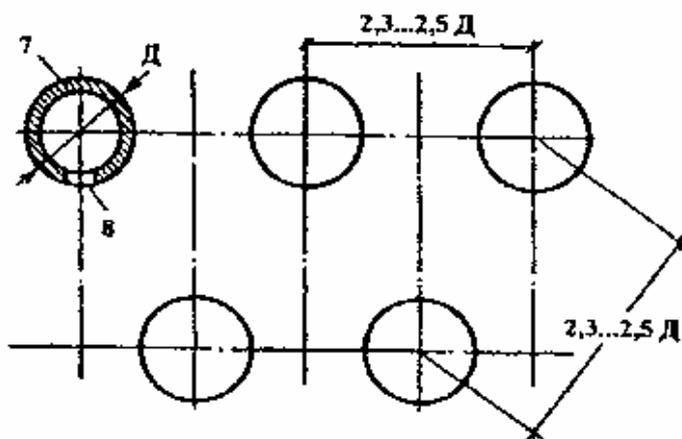


Рис. 2 – Схема размещения разделительных элементов гидросепаратора

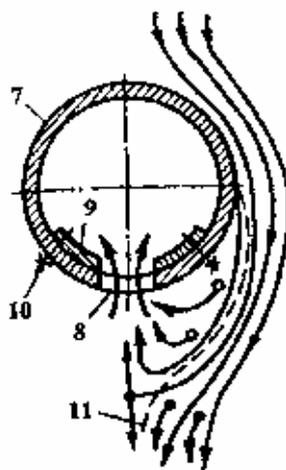


Рис. 3 – Схема разделительного элемента гидросепаратора и траекторий движения минеральных частиц

Регулировка заборной щели 8 осуществляется в зависимости от гранулометрического и фракционного составов исходного продукта. При условии его стабильной характеристики щель может быть выполнена и без регулировки, т.е. определенной ширины, обеспечивающей заданную крупность и плотность твердой фазы слива.

Экспериментально установлено, что стабилизация потока в разделительной камере достигается при подаче исходной пульпы в гидросепаратор со скоростью 5...8 м/с и расстоянии между центральными осями каждого трех разделительных элементов, равном не менее 2,3...2,5 диаметра элемента. Сепарация зернистой смеси происходит по поверхности разделения, расположенной ниже отрыва потока от поверхности каждого разделительного элемента.

Проведенные испытания стандартного цилиндрикоконического гидроциклона и экспериментального гидросепаратора с аналогичным объемом разделительной камеры при классификации угольного шлама показали преимущество последнего. У него повышенная эффективность разделения (74% против 43% по Ханкоку) и производительность (вдвое и более) по исходному продукту и сливу, заданного гранулометрического и фракционного составов.

Расположение специальных разделительных элементов рядами в плоскости, перпендикулярной оси гидросепаратора, позволяет осуществить с позиции максимально возможной разницы в скоростях движения частиц многократное разделение зернистой смеси с ее перечисткой при гидродинамическом и механическом возмущении тонких слоев пульпы. Это обуславливает повышение эффективности процесса сепарации и производительности по сливному продукту за счет увеличения разделительной поверхности и сокращения пути движения мелких (легких) частиц в направлении их разгрузки.

Установлено значительное (до 95% по Ханкоку) повышение эффективности классификации угольного шлама сепарации посредством оснащения разделительного элемента 7 перфорированным цилиндром, изготовленным из щелевой сетки. При этом ширина щели 8 была увеличена, а пластины 9 с фиксаторами

10 удалены. Другой конструктивный вариант – оснащение элемента 7 щелевой сеткой в направляющих, закрепленных на внешней поверхности элемента.

Под действием возвратной струи и микроциркуляций потока пульпы с тыльной стороны разделительного элемента на сите создаются необходимые условия, обеспечивающие прохождение воды и мелких частиц в подситное трубное пространство, из которого водоугольная смесь удаляется в виде слива с заданной крупностью твердой фазы.

Разработанная в НГУ технология переработки угольного шлама включает одностадийную гидросепарацию и отдельную флотацию компонентов шлама [5].

В практике флотации углей отмечается избирательная, но недостаточно хорошая флотуемость крупных частиц угля. Кроме того, тонкие шламы в определенных условиях значительно ухудшают процесс флотации и часто снижают его скорость в первых камерах флотационных машин. Это ухудшение связано в основном с налипанием тонких шламов на поверхности частиц угля, затрудняющее их прилипание к пузырькам.

Налипание может быть следствием флокулирующего действия некоторых реагентов, как бы приклеивающих шламовые частицы к углю, либо действием электростатических сил [6].

Ряд исследований в области физико-химии глинистых суспензий свидетельствует о том, что заряд частиц распределяется по их поверхности крайне неравномерно, что связано с особенностями сетчатой кристаллографической структуры силикатов: на плоских участках чешуек глины имеется отрицательный заряд, а на кромках – положительный. Именно этими кромками шламовые частицы и закрепляются на отрицательно заряженном угле.

Нами представляется, однако, что механизм образования шламовых покрытий на угле при относительно высоком  $\zeta$  – потенциале глины ( $-31$  мВ) объясняется только совместной коагуляцией угольной и породной фракции и образованием смешанных агрегатов частиц. Известно, что Са – форма глины может иметь достаточно высокий  $\zeta$  – потенциал –  $30$  мВ [6]. Эта глина не поддается диспергированию и обладает низкой седиментационной устойчивостью. Очевидно, что в подобных условиях возможно образование шламового покрытия на угле. При добавлении пептизатора, например пирофосфата натрия, глина переходит в натриевую форму, отличающуюся более высоким  $\zeta$  – потенциалом и большей устойчивостью. Образование в подобных условиях агрегатов частиц, по-видимому, исключено, равно как и шламового покрытия на угле (об этом свидетельствует измерение краевого угла смачивания [6]).

При обезылиивании шлама зольность флотоконцентрата уменьшается до  $20,8$  с  $33,1$  %, при золе исходного шлама  $78-79$ . Эффективность процесса флотации изменяется экстремально, достигая максимума ( $48,6\%$ ) при расходе гексаметафосфата натрия (ГМФН)  $(\text{NaPO}_3)_6$  –  $3$  кг/т, АФ-2 –  $4$  кг/т и Т-66 –  $0,5$  кг/т.

Аналогичные результаты были получены при применении пирофосфата натрия.

Полученные результаты по гидросепарации и флокуляции угольных шламов

позволяют разработать эффективную технологию их переработки (рис. 4).

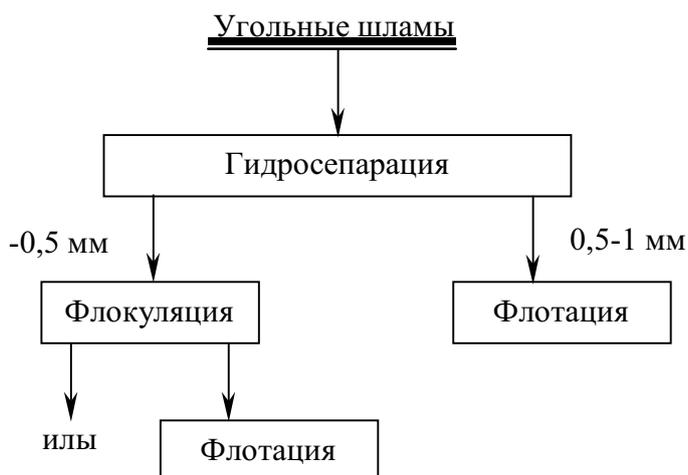


Рис. 4 – Технология переработки угольных шламов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кривошеков В.И. Комплексная переработка угольного шлама на фабрике // Збагачення корисних копалин: Наук. техн. зб. – 1998. – Вип. 1(42). – С. 14–21.
2. А.с. 1247094 СССР, МКИ В 04 С 3/06, 5/04. Гидросепаратор для классификации и обогащения полезных ископаемых / Н.Г. Бедрань, Н.М. Беляев, В.И. Кривошеков, А.А. Приходько. – Оpubл. 30.07.86. Бюл. №28.
3. А.с. 1662700 СССР, МКИ С 3/06, 5/04, В 03 В 5/62. Гидросепаратор для классификации и обогащения полезных ископаемых / В.И. Кривошеков – Оpubл. 15.07.91. Бюл. №26.
4. Кривошеков В.И. Тонкослойная сепарация минеральных зерен // Збагачення корисних копалин: Наук. техн. зб. – 2000. – Вип. 8(49). – С. 86–90.
5. Кривошеков В.И., Андрущенко Т.А. Технология тонкослойной гидросепарации и переработки ее продуктов // Науковий вісник Національної гірничої академії України. – 2002. – № 2. – 92-95.
6. Классен В.И. Флотация углей. Гос. НТИ литературы по горному делу – М., 1963. – 379 с.