

моделирование процесса и технологический расчет. – С.-Пб.: Механобр, 1994.– 47 с.

8. Вероятность и математическая статистика: Энциклопедия / Под ред. Ю. В. Прохорова. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1999. – 910 с.

9. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. – М.: Наука, 1966. – 576 с.

© Надутый В.П., Лапшин Е.С., 2005

*Надійшла до редколегії 20.04.2005 р.  
Рекомендовано до публікації*

УДК 622.73/74

**А.С. КОФАНОВ, В.Ф. ЧУМАК**

(Украина, Луганск, Государственное предприятие Государственный проектно-конструкторский институт обогатительного оборудования "Гипромашуглеобогащение")

### **ОПЫТ РАБОТЫ ИНСТИТУТА "ГИПРОМАШУГЛЕОБОГАЩЕНИЕ" В ОБЛАСТИ ГРОХОЧЕНИЯ**

Общеизвестно, что грохочение – это процесс разделения сыпучих материалов по крупности на просеивающих поверхностях с калиброванными отверстиями.

Операции грохочения широко применяются на обогатительных и брикетных фабриках и сортировках, в производстве строительных материалов, в металлургической, химической и многих других отраслях промышленности. В технологической схеме обогащения или при подготовке полезных ископаемых к переработке выделяют следующие виды операций грохочения:

– предварительное – отделение от основной массы исходного материала крупных кусков для последующей их переработки, например, дробления;

– подготовительное – разделение исходного материала на несколько определяемых технологией обогащения классов крупности, предназначенных для последующей раздельной обработки в различных обогатительных аппаратах. Продукты подготовительного грохочения называют машинными классами;

– самостоятельное (окончательное) – разделение исходного материала на классы крупности, готовые для отправки потребителям;

– обезвоживающее – удаление основной массы воды, содержащейся в исходном материале, например, продуктах мокрого обогащения, а также отделение суспензии, обесшламливание и т.п.

По способу выделения машинных классов различают грохочение:

– сухое т.е. без применения обрабатывающей среды или с ее применением в качестве специально подаваемого воздуха или какого-либо другого газа;

## Підготовчі процеси збагачення

- мокрое или гидрогрохочение, значит с применением в качестве обрабатывающей среды специально подаваемой воды;
- комбинированное: последовательное сочетание сухого и мокрого грохочения.

Вибрационное грохочение – совокупность одновременно протекающих процессов: вибрационного транспортирования материала по просеивающей поверхности сит, прохождения мелких фракций сквозь толщину слоя грохотимого материала (сегрегация) и их просеивание через отверстия сита.

Решающей фазой процесса грохочения является прохождение частиц материала сквозь отверстия сита, а фактор, лимитирующий грохочение, – прохождение мелких фракций к ситам, т.е. сегрегационный процесс. Производительность грохота находится в прямой зависимости от интенсивности этого процесса как определяющего доставку мелких фракций на контакт с ситом, а также от правильности выбора формы и размера отверстий сита для данного вида грохотимого материала. Просеивающие поверхности выбираются, как правило, в зависимости от требуемого граничного зерна разделения  $d_{gp}$  с учетом необходимой эффективности грохочения  $E$ , при которой обеспечивается допустимое взаимное засорение надрешетного и подрешетного продуктов подрешетным и надрешетным классами соответственно. Граничное зерно разделения  $d_{gp}$  – размер узкой фракции, извлечение которой в подрешетный и надрешетный продукты составляет 50%, размер же ячейки сита рекомендуется применять  $1,1d_{gp}$ . Существенное влияние на процесс грохочения оказывает форма зерен исходного материала. Обычно материал, состоящий из зерен пластинчатой и продолговатой формы, – менее благоприятен для грохочения, чем материал с зернами округлой или кубообразной формы. Таким образом, наряду с требуемым граничным зерном разделения  $d_{gp}$  при выборе формы и размера сита важен учет формы зерен исходного материала.

На удельную производительность грохота и эффективность грохочения влияет гранулометрический состав исходного материала. Она достигает высоких значений при повышенном (свыше 60%) содержании подрешетного продукта в исходном материале. На технологические показатели сухого грохочения существенно влияет поверхностная влага исходного, особенно мелкого, материала. Оптимальная поверхностная влага исходного материала при сухом грохочении – до 6%.

Самые распространенные из подвижных грохотов в настоящее время – вибрационные, т.е. с круговыми и направленными колебаниями короба. Они практически вытеснили качающиеся и гирационные грохоты, остальные – вращающиеся (барабанные), частично подвижные (валковые, шнековые, цепные, с возбуждением колебания гибкого сита и др.), гидравлические, неподвижные (колосниковые, дуговые, конические) имеют не столь широкое

применение.

Целью создания грохота всегда следует получение на его просеивающей поверхности режима с оптимальным коэффициентом динамичности, при котором обеспечивается достаточная интенсивность сегрегационного процесса в слое надситного материала и максимальная проходимость частиц грохотимого материала через отверстия просеивающей поверхности

$$K_{\partial} = \frac{A\omega^2 \sin \alpha_F}{g \cos \alpha_S},$$

где  $A$ ,  $\omega$  – амплитуда и угловая скорость виброперемещений рабочего органа короба грохота соответственно;  $\alpha_F$  – угол вибраций относительно рабочей поверхности (в случае круговых колебаний  $\sin \alpha_F = 1$ );  $\alpha_S$  – угол наклона просеивающей поверхности к горизонту;  $g$  – ускорение свободного падения.

Наиболее оптимальные условия для прохождения частиц в отверстия и, как правило, требуемой точности разделения по граничному зерну  $d_{cp}$  создаются при угле падения грохотимого материала на просеивающую поверхность, близком к  $90^\circ$ , или же когда  $\sin \alpha_F \rightarrow 1$ .

Основным направлением интенсификации и повышения точности разделения при мокром грохочении, обезвоживании, обесшламливании, отмыве суспензии от продуктов обогащения при создании современных грохотов является повышение их вибродинамических характеристик с целью получения оптимального коэффициента динамичности.

Находящиеся в эксплуатации большинства обогатительных фабрик Украины на указанных операциях грохоты с направленными колебаниями типа ГИСЛ и ГИСТ имеют частоту виброперемещений дек (сит)  $735 \text{ мин}^{-1}$  при перегрузке до 4 г. Они не обеспечивают требуемых технологических показателей, особенно при граничной крупности разделения на деке менее 1 мм.

Выполненные институтом "Гипромашуглеобогащение" работы, а также опыт эксплуатации грохотов с частотой виброперемещений деки  $970 \text{ мин}^{-1}$  и выше, в том числе ведущих зарубежных фирм, например, "Siebtechnik", "Humboldt Wedag", "Kem-Tron", показывают, что для эффективного сухого и мокрого грохочения (особенно мелких материалов), обезвоживания, обесшламливания и отмыва суспензий от продуктов обогащения необходимо создание на рабочей поверхности грохота перегрузки не менее 5 г при частоте виброперемещений более  $970 \text{ мин}^{-1}$ . Это потребовало принципиально нового, более рационального подхода к проектированию грохотов, начиная от

компьютерного моделирования требуемых амплитуд по длине деки до создания методик расчетов на прочность, устойчивость и отстройку от резонанса металлоконструкции конкретного грохота. В результате стало возможным создание отечественных высокочастотных грохотом с частотой виброперемещений дек от 970 до 3000 мин<sup>-1</sup> при перегрузках на них до 12 г. Грохоты оснащаются специально разработанными вибровозбудителями, обеспечивающими для конкретного грохотимого материала требуемую (регулируемую) амплитудно-частотную характеристику.

Современные самосинхронизирующиеся вибраторы двухвальной конструкции имеют устойчивую синхронизацию по частотам вращения, более просты, надежны и менее трудоемки в изготовлении, чем вибраторы с принудительной синхронизацией за счет отсутствия в их конструкции элементов принудительной синхронизации, как правило, сложных шестеренчатых механизмов. Их применение в качестве приводов грохотов позволяет создавать направленную инерционную силу под требуемым, наиболее оптимальным для данного вида грохотимого материала, углом относительно просеивающей поверхности  $\alpha_F$ . Грохоты с такими направленными колебаниями за счет более рационального, чем в одновальных грохотах с круговыми колебаниями, использования инерционной силы для просеивания материала, имеют в 1,5–1,7 раза большую удельную производительность.

При грохочении очень важный фактор – правильная организация загрузки просеивающей поверхности грохота. Высота падения материала на сито в зоне загрузки не должна превышать 300–350 мм. Направление загрузки желателенно организовать против движения материала по просеивающей поверхности. Для увеличения долговечности просеивающих поверхностей, а также обеспечения равномерности загрузки исходным материалом по ширине короба, особенно при направленных колебаниях, грохоты оборудуются приемными лотками.

Разработка грохотов с повышенным вибродинамическим режимом велась по следующим основным направлениям:

- применение оптимальной схемы нагружения металлоконструкции короба грохота инерционными силами;
- разработка достаточно прочной, устойчивой и удаленной от резонанса металлоконструкции;
- разработка новой конструкции вибровозбудителей, обеспечивающих симметричное нагружение боковин короба и возможность работы на оборотах до 3000 мин<sup>-1</sup>;
- разработка достаточно прочной и долговечной рабочей поверхности грохота.

Первый высокочастотный грохот Гс-3,0×1-М (ГВЧ 10) был изготовлен

## Підготовчі процеси збагачення

институтом в декабре 2000 г. На нем были опробованы принципиальные конструкторские решения по созданию типоразмерного ряда грохотов с повышенным вибродинамическим режимом работы для обезвоживания, обесшламливания, отмыва суспензии, мокрой и сухой классификации. Отработаны режимы работы грохота на частотах 1410, 1780 и 2290 мин<sup>-1</sup>. Технологические опробования этого грохота при сухом расसेве каолина влажностью 12% по граничной крупности 1 мм показали, что при увеличении частоты виброперемещений деки в 1,5 раза и изменении перегрузки с 4,5 до 9,0g эффективность выделения мелкого класса из надрешетного продукта возрастает почти в 4 раза.

С января 2001 по декабрь 2004 г институтом "Гипромашуглеобогащение" разработано и изготовлено 35 грохотов новой конструкции. Они в основном оснащены шпальтовыми ситами ООО "Техносоюз" (г. Донецк) и по техническому уровню не уступают зарубежным. Так, грохоты ГСМх-8,0×1 М (ГВЧО 120) и ГСМх-7,0×2 (ГВЧО 100) с шириной деки 2,0 и 1,75 м соответственно, работавшие в составе гидроциклонного комплекса ЗАО ЦОФ "Обуховская" с 26.05.2001 г. показали следующие результаты. Так гранулометрический состав надрешетного продукта обесшламливающего грохота ГСМх-8,0×1-М (поз.582) при исходном питании до 100 т/ч по твердому:

							Итого
– Класс крупности, мм	+13	6-13	3-6	2-3	1-2	0-1	0-13
– Выход, %	1,8	39,3	31,0	14,1	11,1	2,7	100
– Зольность, %							17,4
– Влажность, %							9,8

Качественные показатели продуктов разделения гидроциклона ГцТ-710-М после отмыва магнетита и обезвоживания на грохоте ГСМх-7,0×2-М (поз.583) при исходном питании до 75 т/ч по твердому составили:

при плотности суспензии 1880 кг/м <sup>3</sup>		
– Продукт	АСШ (1-13 мм)	Отходы
– Зольность, %	4,5	75,8
– Влажность, %	11,1	–

Грохоты ГСМх-9,0×2-М (взамен ВП2-1,8×5,5) с шириной деки 1,8 м работают на ГОФ "Краснопартизанская" на операции мокрой классификации антрацита класса АМ-АС с 13.01.2002 г.

Надрешетный продукт верхнего штампованного сита с диаметром отверстия 13 мм:

– Класс, мм	13–25
– Зольность, %	9,3
– Влажность, %	5,5

## Підготовчі процеси збагачення

Надрешетний продукт нижнього шпальтового сита со щелью 2 мм:

					Итого
– Класс крупности, мм	+13	6–13	3–6	0–3	0–13
– Зольность, %	9,3	11,0	16,0	18,5	12,0
– Влажность, %	5,5	6,0	6,2	6,5	6,0

Два грохота ГІсМх-5,5×1-М (ГВЧ 30) с шириной деки 1,5 м эксплуатируются на ЦОФ "Свердловская" с февраля 2003 года на операции окончательного обезвоживания концентрата после спиральных сепараторов по граничной крупности разделения 0,2 мм в составе комплекса по переработке антрацитовых шламов. Нагрузка по исходному твердому продукту крупностью 0–3 мм на каждый из грохотов составляет 30-50 т/ч, средняя влажность товарного (надрешетного) продукта – около 20%. Грохот ГВЧ 30 рассчитан на рабочие режимы работы с частотами виброперемещений деки до  $38,3 \text{ с}^{-1}$ , для чего комплектуется системой управления частотой вращения электродвигателей. Всего же за названный период изготовлены и успешно эксплуатируются 7 грохотов ГВЧ30, как опорного, так и подвесного исполнений.

Грохот ГІсМх-11,0×2-М-01 (ГВЧ 62) с шириной деки 1,92 м успешно эксплуатируется на ГОФ "Центросоюз" с 01.05.2003 года на операции мокрой классификации и обезвоживания концентрата после отсадки. Грохот оборудован на верхнем ярусе листовым штампованным ситом с диаметром отверстия 12 мм, на нижнем – щелевым нержавеющей ситом со щелью 1,5 мм. При производительности по исходному продукту (твердому) до 150 т/ч влажность надрешетного продукта верхнего сита в среднем составляла 6%, нижнего – 8–12%.

Грохот ГІсМх-3,5×1-М с шириной деки 1,4 м эксплуатируется на ОФ ЗАО "Сибирский антрацит" с 11.04.2003 г. на операции обезвоживания шлама крупностью 0–2 мм по граничной крупности разделения на шпальтовом сите 0,2 мм, обеспечивая влагу подрешетного продукта (кл. 0,3–2,0 мм) до 19,8%. Грохот рассчитан на производительность до 15 т/ч по исходному твердому продукту.

С 10.04.2004 г. на операции мокрой классификации антрацита по граничной крупности разделения 6 мм на ЦОФ "Свердловской" эксплуатируется опытный грохот ГІс-16,0×1-М (ГВЧ 71) с шириной деки 2,5 м и рабочей площадью около  $16 \text{ м}^2$ , на базе которого планируется разработать и изготовить двухситный грохот ГІсМ-16,0×2-М (ГВЧ72), у которого технологические параметры по сравнению с серийным грохотом ГІСТ72 будут выше за счет интенсификации вибродинамического режима колебаний деки.

Институтом выполнены разработки по замене известных грохотов типа ГИЛ и ГИСЛ на более эффективные грохоты с повышенным

вибродинамическим режимом работы типа ГВИ и ГВЧ с шириной дек от 0,6 до 2,5 м и площадью рабочих поверхностей от 1,5 до 16,0 м<sup>2</sup>. Такие грохоты имеют частоты виброперемещений дек от 960 до 1500 мин<sup>-1</sup>.

Современный уровень создания грохотов, основанный на разработанной институтом методике компьютерного проектирования, позволяет осуществлять поставки грохотов вышеперечисленных типоразмеров в течение 70 дней с момента заказа. Институт выполняет все гарантийные обязательства по техническому обслуживанию, предусмотренные договорами или контрактами на поставку.

© Кофанов А.С., Чумак В.Ф., 2005

*Надійшла до редколегії 20.04.2005 р.  
Рекомендовано до публікації*

УДК

**В.А. ШЕВЦОВ, А.А. КОЗАК**

(Украина, Донецк, "Шахтоуправление "Трудовское"),

**А.А. ПЕТРОВ**

(Украина, Донецк, "Доншахтоспецстрой"),

**В.Н. КОРНЕЕВА**

(Украина, Днепропетровск, Приднепровская лаборатория "УкрНИИуглеобогащение")

### **ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА КЛАССИФИКАЦИИ УГОЛЬНОГО ШЛАМА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГРОХОТА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО СБРОСА НА ОФ "ШАХТОУПРАВЛЕНИЕ "ТРУДОВСКОЕ"**

В настоящее время на обогатительных фабриках широко применяются конусные грохоты для обесшламливания и обезвоживания мелкого угля и концентрата. Как показала практика, конусные грохоты дают хорошие результаты разделения и обезвоживания угля. Отсутствие движущихся узлов, простое техническое обслуживание и ремонт.

Принцип разделения материала на криволинейном сите под действием центробежной силы и силы тяжести применяется в ряде аппаратов, которые