

Морус В.Л. /к.т.н./
ИГТМ НАН Украины

Филимонов П.Е. /к.т.н./
ПАО «Шахта им. А.Ф. Засядько»

Исследования процессов тонкого грохочения и разработка оборудования отсадки на основе динамически активных ленточных сит

Проведены исследования процессов тонкого грохочения с пространственным и гидродинамическим перемещением надрешетных фракций. Обоснована целесообразность применения просеивающих поверхностей из износостойких эластомеров, обеспечивающих высокую эффективность грохочения при классификации тонкодисперсных пульп. Разработаны высокоэффективные рабочие поверхности оборудования процессов отсадки на основе сит динамично активных ленточных. Приведены примеры их использования в процессах отсадки. Ил. 5. Библиогр.: 5 назв.

Ключевые слова: процессы тонкого грохочения, тонкодисперсные пульпы, пространственное и гидродинамическое перемещение надрешетных фракций, просеивающие поверхности из износостойких эластомеров

The high-efficiency workings surfaces of equipment of processes of jigging on the basis of sieves dynamically active band are developed. The examples of their use in the processes of jigging are resulted. The high-efficiency workings surfaces of equipment of processes of jigging on the basis of sieves dynamically active band are developed. The examples of their use in the processes of jigging are resulted. The investigation of fine screening process with a spatial displacement and hydrodynamic oversize fractions is done. The expediency of application of the sieve surface wears of elastomers that ensure high efficiency of screening for the classification of fine pulp.

Keywords: processes of fine screening, fine pulp, spatial and hydrodynamic-mechanical movement of oversize fractions, screening the surface from abrasion-resistant elastomers\!!!!

Добыча и переработка руд черных и цветных металлов, нерудных материалов, угля и горно-химического сырья были и остаются основой промышленного потенциала Украины. Практически весь объем добытых минеральных и техногенных материалов (свыше одного млрд. тонн в год) подвергается переработке на кондиционные по крупности сорта или рудоподготовке с целью раскрытия минералов с помощью дробления, измельчения и классификации перед обогащением. Если учесть, что эти процессы являются наиболее капиталоемкими (45-55 % капитальных затрат), энергоемкими (удельный расход электроэнергии от 15 до 40 кВт·ч/т), материалоемкими (расход стали от 1 до 3 кг/т) и трудоемкими (до 50 % эксплуатационных расходов от всего цикла обогащения), то закономерен вывод о том, что развитие и совершенствование техники и технологии переработки минерального и техногенного сырья, в том числе классификации по крупности, является одной из центральных проблем горного производства. Вместе с тем научная база проектирования оптимальных процессов и машин для классификации остается пока на сравнительно низком уровне. Эвристика и эмпирический подход являются основным методом решения задач создания новой техники и технологии классификации, сдерживая переход на уровень научного осмысления протекающих физических процессов и создания современных методов автоматизированного проектирования [1-3].

Интенсификация процессов мелкого и тонкого грохочения по крупности связана, в первую очередь, с созданием эффективных просеивающих поверх-

ностей, обеспечивающих высокие технологические показатели разделения материалов при достаточном сроке службы самих поверхностей. Этим требованиям удовлетворяют созданные в последние годы в ИГТМ НАНУ динамически активные ленточные сита (СДАЛ), изготавливаемые из эластомеров и обладающие в сравнении с существующими конструкциями повышенной износостойкостью и самоочисткой от застрявших «трубных зерен». Последнее свойство является следствием повышенной подвижности элементов гибкой просеивающей поверхности.

Выполнены в ИГТМ НАНУ исследования показателей грохочения по крупности 1,2 мм на аппаратах с циркуляционным перемещением надрешетной фракции [4, 5]. Определены рациональные геометрические параметры сечения камеры рабочего органа аппарата с циркуляционным виброперемещением надрешетной фракции, способствующие возникновению максимальной скорости циркуляции частиц дисперсного материала различной крупности. Ими установлено, что для условий грохочения дисперсных сред по крупности 1,2 мм рациональные значения параметров камеры составляют: высота камеры 100-150 мм, ширина 30 мм и угол наклона 62°. Эти данные легли в основу разработанной и изготовленной модели рабочего органа аппарата стесненно-циркуляционного грохочения.

Проведение исследований процессов тонкого грохочения с пространственным и гидродинамическим перемещением надрешетных фракций и обоснование целесообразности применения просеивающих поверхностей из износостойких эластомеров, обеспе-

чивающих высокую эффективность грохочения при классификации тонкодисперсных пульп, гранулометрический состав которых характеризуется преимущественным наличием трудногрохотимых классов.

Эксперименты проводились на лабораторном стенде с замкнутым циклом питания пульпообразным материалом по стандартной методике в условиях, максимально усложняющих протекание процесса по параметрам гранулометрического состава исходного питания. На всех этапах использовался постоянно поддерживаемый состав твердой фазы пульпы.

Исследования проводились на основе методов теории планирования экспериментов с целью определения области рациональных режимных и геометрических параметров рабочего органа аппарата стесненно-циркуляционного грохочения (СЦГ). В качестве постоянных входящих факторов были выбраны высота камеры $L = 100$ мм и угол наклона камеры $\alpha = 62^\circ$. Варьировались следующие входящие факторы: ширина камеры X_1 , угол вибрации β , амплитуда блуждающих колебаний A .

Во всей серии опытов исследования проводились при фиксированной частоте вращения валов дебалансов вибровозбудителя, равной 850 об/мин. Нулевой, нижний и верхний уровни варьирования и интервал варьирования представлены в матрице полного факторного эксперимента. В качестве функции отклика принимались значения «замельченности» надрешетного продукта частицами, крупность которых меньше граничного класса разделения.

Расчет матрицы планирования эксперимента и анализ полученных результатов позволили определить область рациональных значений геометрических и режимных параметров модели рабочего органа аппарата СЦГ. Она ограничена следующими значениями входящих факторов: угол наклона камеры α , град – 62; амплитуда вынуждающих колебаний A , мм – 8; угол вибраций β , град - 85-90; ширина камеры, мм - 25-30.

Технологические показатели грохочения, достигаемые при этих параметрах, позволяют сделать вывод с несомненной перспективностью аппаратов, реализующих принцип циркуляционного виброперемещения надрешетной фракции. При ширине камеры до 30 мм, соответствующей удельной производительности $4,5 \text{ т}/(\text{ч}\cdot\text{м}^2)$, значения эффективности грохочения достигают 85–90 % что в 1,5 раза выше, чем у известных и применяемых в настоящее время грохотов тонкой классификации.

Проведены лабораторные исследования процесса тонкого грохочения на ситах СДАЛ на стационарных аппаратах с гидродинамическим перемещением надрешетной фракции.

Целью лабораторных исследований на данном этапе являлось определение области применения разработанных просеивающих поверхностей из износостойких эластомеров на основе кольцевых элементов типа СДАЛ для тонкой классификации, степени влияния геометрических и режимных параметров на технологические показатели процесса разделения.

Исследования проводились на специально раз-

работанном стенде, обеспечивающем возможность испытаний полноразмерных образцов дуговых грохотов, оснащенных просеивающими поверхностями типа СДАЛ. Стенд обеспечивал непрерывное питание исходной пульпой испытуемых устройств по замкнутому циклу с регулировкой производительности и интенсивности подачи ополаскивающей воды. Основные технические показатели стенда: производительность замкнутого цикла питания пульпой, $\text{м}^3/\text{ч}$ - 50-100 %; максимальное соотношение твердой и жидкой фаз в пульпе, (Т:Ж) - 2:1; напор в системе питания испытуемых устройств, МПа - 1,5; максимальный размер транспортируемых частиц пульпы, мм – 25; максимальные размеры испытуемого устройства, мм: длина 3360; ширина 1960; высота 2800.

Схема стенда с испытуемым устройством приведена на рис. 1. В качестве испытуемого устройства использовался разработанный и изготовленный в ИГТМ НАНУ дуговой грохот, оснащенный эластичными просеивающими ситами СДАЛ.

Особенностью испытуемого грохота является применение в его конструкции инерционно-импульсной системы очистки, обеспечивающей равномерные поперечные колебания эластичных элементов по ширине сита и его более интенсивную объемную виброобработку, что повышает вероятность попадания мелких частиц в отверстия сита при одновременной самоочистке ячеек от застрявших в них частиц. Просеивающая поверхность грохота сформирована кольцевыми элементами с прямоугольными ячейками размером $1,25 \times 7$ мм, ориентированными по аналогии с колосниковыми решетками и шпальтовыми ситами поперек потока пульпы. Размеры просеивающей поверхности, мм: ширина 920; длина (по дуге) 1200; площадь просеивания, м^2 - 0,8; радиус кривизны, мм - 2500; центральный угол, град – 90; габаритные размеры, м - $1,7 \times 2,2 \times 1,6$.

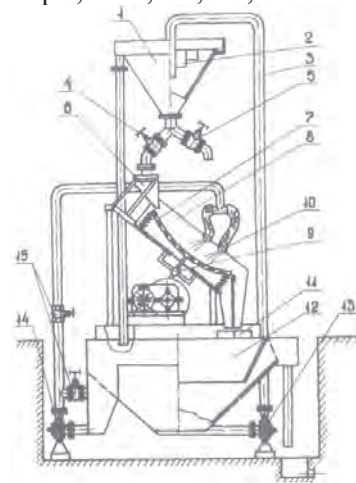


Рис. 1. Схема стенда исследований тонкослоевого гидрогрохочения: 1 - верхний бал; 2 - успокоитель; 3 - труба походного питания; 4 - движка питания; 5 - задвижка отбора проб исходного материала; 6 - питатель; 7 - просеивающая поверхность; 8 - модель грохота; 9 - механизм встряхивания; 10 - трубчатые брызгалки; 11 - пробоотборники; 12 - нижний бил; 13 - насос питания; 14 - насос орошения; 15 - задвижки регулирования интенсивности орошения

В качестве твердой фазы разделяемого материала во всех опытах использовался отсев гранитного щебня. Гранулометрический состав задавался смешиванием предварительно отсеянных классов.

С целью контроля и поддержания постоянного гранулометрического состава перед каждой серией опытов проводились отборы проб исходного питания.

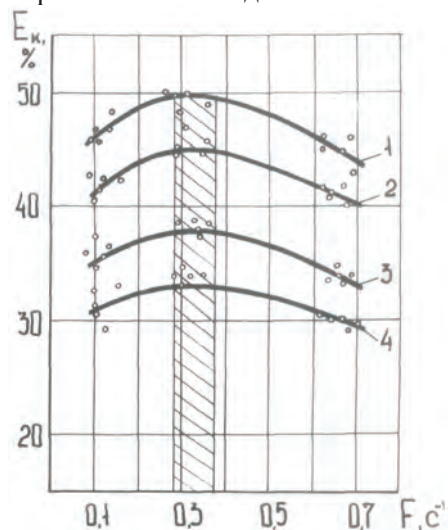
Пробы отбирались коробчатыми пробоотборниками, время отбора проб контролировалось электронным частотомером ЧЗ-32. Рассев проб осуществлялся на эталонных ситах, соответствующих классам крупности, с последующей сушкой и взвешиванием на настольных весах РН-10Ц.

Испытания проводились в два этапа. На первом этапе определялось влияние частоты встряхивания просеивающей поверхности на технологические показатели при постоянном значении величины исходного питания.

Анализ результатов представлен на рис. 2 зависимостью эффективности грохочения от частоты встряхивания сита. Кривые наглядно показывают, что максимальные значения эффективности грохочения соответствующие заданным значениям удельных производительностей 10, 20, 30 и 40 т/ч м², достигаются при величинах частот встряхивания сита, лежащих в интервале 0,28-0,36 (с⁻¹). Вне этого интервала частот происходит снижение качественных показателей классификации.

Следует отметить, что во всех опытах не наблюдалось свойственное всем дуговым грохотам вследствие высоких скоростей движения пульпы уменьшение эффективной ширины щели по сравнению с номинальной. При этом значения «засорения» надрешетного продукта частицами большей крупности не превышали 2 %. Визуальные наблюдения позволили установить, что «засорение» происходит в местах стыка соседних элементов по боковой поверхности. После установки двух промежуточных опор, увеличивших несущую способность сита, значения «засорения» не превышали 0,5 % во всех опытах.

Второй этап исследований имел целью определение влияния производительности исходного питания на технологические показатели. Частота встряхивания сита F при этом устанавливалась равной 0,33 с⁻¹, соответствующей максимально достигаемым значениям эффективности грохочения, определенной на первом этапе исследований.



Анализ полученных результатов позволил определить технологические показатели процесса тонкого грохочения на ситах СДАЛ в интервале удельных про-

изводительностей 10-40 т/ч м². При нагрузках 10 т/ч м² уровень «замельченности» надрешетного продукта не превышает 40 %, что соответствует эффективности грохочения 55 %. С увеличением нагрузок исходного питания наблюдается снижение технологических показателей.

При удельной производительности $q = 40$ т/ч м² «замельченность» достигает 48-50 % эффективность грохочения 35 %.

На основании исследований разработаны конструкции, технологическая оснастка и освоено производство решёт на основе просеивающих поверхностей типа СДАЛ для отсадочных машин МОД-02; МОД-1 и МОД-2(3; 4) (рис. 3).

Достигнутые технические, технологические и экономические результаты промышленных испытаний позволили обоснованно активно продвигать разработку на рынок углеобогачительного оборудования. Это направление берёт начало от промышленных испытаний 2000 г., проведенных с решетами аналогичной конструкции в технологической линии ЦОФ «Добропольская». Экспериментальный комплект решёт на основе резиновых просеивающих элементов с яч. 2,5x10,0 мм и установочным габаритным размером рам 1,0x1,0 м в апреле 2000 г. был установлен в породном отделении отсадочной машины ОМ-318 мелкой отсадки, осуществляющей обогащение классифицированного угля класса -13,0 + 1,0 мм.

Эксплуатация и технологические опробования в течение 2000 г. показали полное соответствие полученным ранее результатам, технологические показатели отсадки с уровнем потерь не более 0,8-1,0 % и послужили основой для реализации к апрелю 2001 г. полного переоснащения машины.



Рис. 3. Общий вид и фрагмент решета отсадочной машины МОД-2(3; 4) на основе просеивающих элементов типа СДАЛ с ячейками 2,5x10,0 мм элементов типа СДАЛ

Вместе с тем, опыт работ по установке новых решёт, обслуживанию узлов и агрегатов, расположенных в подрешётном пространстве отсадочной машины, показали целесообразность создания типоразмерного ряда решёт новой конструкции, специализированного для углеперерабатывающей отрасли назначения, с наиболее широко применяемым, стандартизированным габаритным установочным размером рам 0,5x1,0 м.

В разработанный фирмой «Размах» типоразмерный ряд вошли решета на основе просеивающих элементов типа СДАЛ с ячейками 2,5x10; 3,5x16; 4,0x20 и 6,0x20 мм. Новые конструкции решёт и специальных просеивающих элементов создавались с учётом

возможности их применения в любых типах углебогатительных машин и отсадочных отделений всех назначений - для «мелких» и «крупных» отсадков, отсадочных машин, работающих как с подготовленными машинными классами, так и с широко-классифицированными и неклассифицированными углями, в породных промпродуктовых и перечистных отделениях. Разработано два основных типа решёт. Первый предусматривает применение ранее достаточно широко опробованных СДАЛ с яч. 2,5x10,0 мм с традиционным профилем сечения ячеек. Решета этого типа выполнены с креплением просеивающих элементов СДАЛ посредством продольного натяжения, и могут выпускаться шириной 480 и 605 мм (рис. 4а). Решета с поперечным размером 605 мм предназначены для отсадочных машин с шириной рабочей поверхности отделений 1250 мм (отсадочные машины ОМ-105 и др.). Второй основывается на применении новых, специальных, впервые созданных конструкций резиновых просеивающих элементов типа СДАЛ с «дефлекторным» профилем сечений ячеек (рис. 4б).

Эта разработка предусматривает реализацию технологических эффектов, аналогичных достигаемым при применении отмеченных выше колосниковых решёт РКО, в сочетании с максимальной самоочисткой от заклинивающихся зёрен и не ограничиваемой для отсадочных машин несущей способностью.

Как показали исследования, самая высокая степень самоочистки таких сит обеспечивается сочетанием конструктивных особенностей, эластичности и специфических дополнительных поворотных колебаний асимметричных элементов, формирующих ячейки просеивающей поверхности. Поворотные колебания, генерируемые взаимодействием перерабатываемого материала, а также восходящих и нисходящих потоков с отклоняющимися плоскостями в просеивающих ячейках (рис. 5б, в) являются главным фактором для устранения заклиниваний. Не ограничиваемая для отсадочных машин, несущая способность в конструкциях новых решёт обоих типов обеспечивается многоопорным принципом крепления просеивающих элементов СДАЛ. В первом варианте решета имеют шесть поперечных дополнительных промежуточных опор, во втором - две продольные. Благодаря такому подходу обеспечивается также высокие прочность, надёжность и долговечность металлоконструкций рам для решёт типа СДАЛ.

Модернизированные решета типа СДАЛ с яч. 2,5 x 10,0 мм и традиционным профилем сечения ячеек в октябре 2001 г. введены в эксплуатацию, в начале в промпродуктовом, а в последующем и в породном отделениях отсадочной машины БОМ-18 технологической линии ЦОФ «Октябрьская». Их эффективная эксплуатация осуществлялась до нынешнего 2008 г. Только с середины этого года началась их замена на решета типа «СДАЛ-дефлектор».

Наиболее широкое и эффективное применение получили решета отсадочных машин типа «СДАЛ-

дефлектор», они через этапы опробований и испытаний с 2002 г. успешно внедрены и эффективно применяются в действующих технологических линиях таких предприятий, как ЦОФ «Добропольская»; ЦОФ «Октябрьская»; ЦОФ «Комсомольская»; ЦОФ «Краснолиманская»; ЦОФ «Киевская»; ЦОФ «Узловская»; ЦОФ «Кондратьевская»; ЦОФ «Моспинская»; ЦОФ «Россия»; ЦОФ «Дзержинская»; ЦОФ «Постниковская»; ГОФ «Красная Звезда»; ЦОФ «Кураховская»; ОП «Трудовская», «Касьяновская ОФ», ЦОФ «Коксовая» (Россия), АК «Рэмион» (Конго) и др.

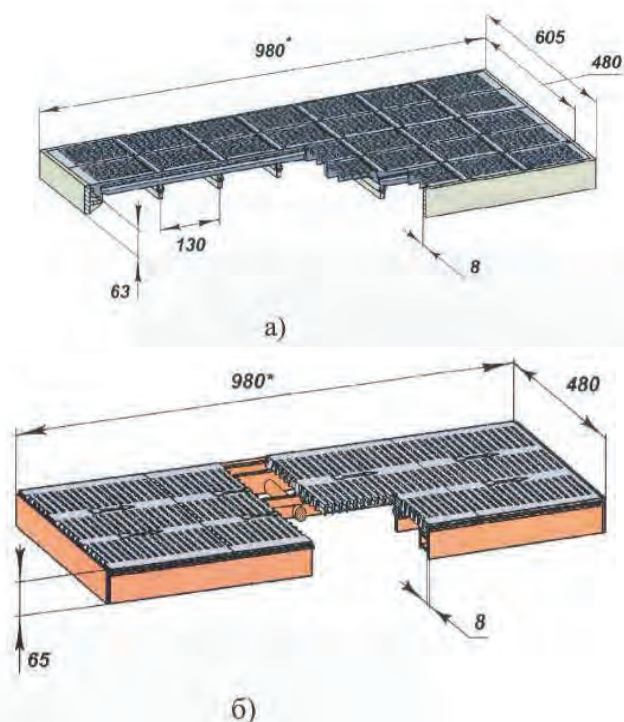


Рис. 4. Решета на основе просеивающих элементов типа СДАЛ для отсадочных машин: а) с яч. 2,5 x 10,0 мм и традиционным профилем сечения ячеек; б) с «дефлекторным» профилем сечения ячеек

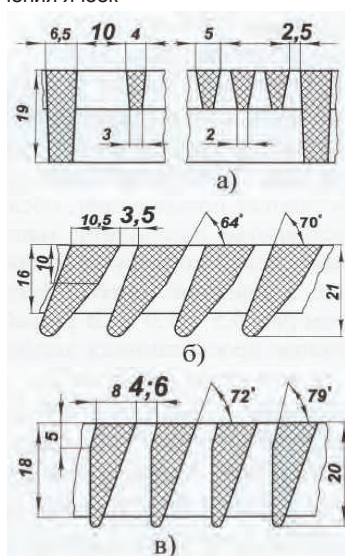


Рис. 5. Профили сечений ячеек просеивающих элементов СДАЛ для решёт отсадочных машин: а) расширяющийся симметричный для процессов «мелких» отсадков; б) расширяющийся асимметричный «СДАЛ-дефлектор» для повышенных нагрузок; в) расширяющийся асимметричный «СДАЛ-дефлектор»

Длительная эксплуатация и многократно проведенные опробования позволяют обоснованно утверждать, что применение резиновых решёт типов СДАЛ и «СДАЛ-дефлектор» гарантирует:

- ресурсную долговечность не менее 3 лет (наши гарантийные обязательства при поставках), реально достигаемую до 6-8 лет (ограничивается коррозионной стойкостью металлоконструкций рам из рядовых углеродистых сталей);

- повышение эффективности и производительности отсадки с минимальным уровнем потерь, не более 0,8-1,0 %;

- повышение надёжности узлов крепления решёт, что снижает затраты на их обслуживание и ремонт;

- полную самоочищаемость, благодаря чему постели могут «отрабатываться» с меньшей периодичностью;

- предельное облегчение труда обслуживающего персонала по разборке и уборке постелей машин.

Выводы

1. При классификации тонкодисперсных пульп, гранулометрический состав которых характеризуется преимущественным наличием трудногрозотимых классов, применение просеивающих поверхностей из износостойких эластомеров обеспечивает эффективность грохочения по классу 1,25 мм не менее 55 % при удельных нагрузках до 12 т/ч.м².

2. Применение в качестве просеивающих поверхностей сит СДАЛ тонкой классификации снижает эффект уменьшения ширины просеивающей ячейки по сравнению с номиналом, свойственный колосниковым и шпальтовым ситам в 1,5-2 раза, при этом уровень «засорения» подрешетного продукта частицами большей крупности не превышает 0,5-1 %.

3. Ударно-импульсная система очистки сита при частоте встряхивания $F = 0,33 \text{ с}^{-1}$ обеспечивает полную очистку ячеек сит СДАЛ от заклинивших в них частиц.

4. Применение резиновых решёт типов СДАЛ

и «СДАЛ-дефлектор» обеспечивает ресурсную долговечность не менее 3 лет; повышение эффективности и производительности отсадки с минимальным уровнем потерь, не более 0,8-1,0 %; повышение надёжности узлов крепления решёт, что снижает затраты на их обслуживание и ремонт; полную самоочищаемость, благодаря чему постели могут «отрабатываться» с меньшей периодичностью; облегчение труда обслуживающего персонала по разборке и уборке постелей машин.

Библиографический список

1. Степаненко А.И. Современное оборудование дезинтеграции // Новосибирск: <http://gmexp.ru/about/>.

2. Обогащение стекольных песков / Высотин А.В., Степаненко А.И. // Новосибирск: <http://gmexp.ru/about/>.

3. Скрубберный агрегат облегчённой конструкции / Пятаков Вл.Г., Пятаков Вик.Г. // Горный журнал. – 2006. - № 2. – С. 2-8.

4. Износостойкие динамически активные просеивающие поверхности из эластомеров для разделения сыпучих материалов и пульп / Червоненко А.Г., Морус В.Л. // Тр. II Междунар. симп. по механике эластомеров - Днепропетровск: ИГТМ, 1997. – Т. 1. - С. 296-309.

5. Морус В.Л., Никутов А.В. Новые износостойкие резиновые рабочие поверхности для грохотов барабанного типа, закономерности перемещения материала внутри цилиндров с многозаходной транспортирующей спиралью // Геотехническая механика. – Днепропетровск. - 1998. – Вып. 7. - С. 125-132.

Поступила 21.01.2013



Вниманию авторов и читателей!

ООО «Укрметаллургинформ «НТА» проведена большая работа по созданию архива электронной версии журнала «Металлургическая и горнорудная промышленность» за период с 2004 г. по текущий номер. Информировуем о появившейся возможности осуществления подписки на архив электронной версии журнала. Напоминаем о возможности оформления подписки через редакцию, начиная с любого ранее вышедшего номера.

Сотрудничество с ООО «Укрметаллургинформ «НТА»
создает надёжный информационный фундамент Ваших достижений.