

УДК 621.928.2.

Белодеденко С.В. /д.т.н./,  
Кононов Д.А. /к.т.н./  
НМетАУ

Пельих И.В.  
ПАО «ЕВРАЗ–ДМЗ им. Петровского»

## Исследования процесса грохочения кокса на модели вибрационного грохота

*Приведены результаты лабораторных исследований новой конструкции просеивающей поверхности вибрационного грохота, особенностью которой является динамическая активность составных элементов сита. В работе приведен сравнительный анализ новой конструкции сита с применяющимися в настоящее время в системе подготовки кокса. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр.: 4 назв.*

**Ключевые слова:** *вибрационный грохот, самоочищающаяся колосниково-карточная просеивающая поверхность, эффективность грохочения*

*The results of laboratory studies of a new design of screening surface vibrating screen, which feature is the dynamic activity of the constituent elements of the sieve. The paper presents a comparative analysis of the new design with the applicable screens currently in the system of coke.*

**Keywords:** *vibrating screen, self-cleaning grate-card screening surface, the effectiveness of screening.*

### Постановка проблемы

С точки зрения газопроницаемости слоя материалов, находящихся в доменной печи, а также факторов, благоприятно влияющих на температуру дутья, наиболее предпочтительными для проведения доменной плавки является гранулометрический состав агломерационного топлива (скипового металлургического кокса), обладающего крупностью 25–60 мм [1].

В доменном и коксохимическом производстве металлургический кокс подвергается операции контрольного грохочения. По ее завершению, оптимальное содержание фракции крупностью (+60–100) мм в металлургическом (скиповом) коксе должно составлять не более 10 %, а оптимальное содержание фракции коксовой мелочи крупностью (+0–25) мм соответственно не более 2,5 %.

Уменьшение содержания коксовой мелочи в столбе шихты доменной печи повышает его газопроницаемость, улучшает теплообмен и способствует увеличению непрямого восстановления железа. При этом также снижаются потери кокса с газом и продуктами плавки, стабилизируются условия формирования зон горения и других процессов доменной плавки [2].

В настоящее время к вибрационной технике, действующей в процессах подготовки к завершающим переделам металлургического сырья и агломерационного топлива, а также используемой в условиях коксохимического производства, выдвигаются новые требования, связанные с повышением качества подготовки составных компонентов металлургической шихты и кокса, в частности оптимизация их гранулометрического состава. Это связано с тем, что в современных условиях горно-металлургического и коксохимического производства, просеивающие поверхности вибрационных грохотов не имеют возможности в достаточной степени обеспечить необходимое качество и точность разделения по заданной крупности

данных классифицируемых материалов.

Интенсификация процессов грохочения, путем создания новых работоспособных конструкций динамически активных, самоочищающихся просеивающих поверхностей, являющихся основным рабочим органом вибрационных грохотов, становится актуальной задачей при проектировании новых типов данных вибромашин, их опытно-промышленном производстве, а также при проведении модернизации существующих образцов.

Для интенсификации процесса грохочения агломерационного топлива (металлургического кокса), инженерно-техническими работниками ПАО «ЕВРАЗ–ДМЗ им. Петровского» и сотрудниками кафедры МАМП НМетАУ предложена новая конструкция просеивающей поверхности вибрационного грохота – сито самоочищающееся колосниково-карточное (ССКК), выгодно отличающееся от известных отечественных и зарубежных аналогов [3]. В разработанной конструкции оригинально сочетаются повышенная стойкость к износу, присущая плоским толстолистовым резиновым ситам-картам и высокие показатели эффективности процесса грохочения, свойственные эластомерным просеивающим поверхностям струнно-тросового типа.

### Анализ последних исследований и публикаций

Исследованию работы динамически активных просеивающих поверхностей вибрационных грохотов посвящены работы ИГТМ НАНУ и ГВУЗ «НГУ» [4]. Однако, обладающая активным неоднородным воздействием на обрабатываемую среду, просеивающая поверхность (карточного типа) шихтового вибрационного грохота, эффективно работающая в условиях мелкого и среднего грохочения высоко абразивных и склонных к слипанию составных компонентов металлошихты (металлургического кокса и известняка) до сих пор не создана, как и не разработана спе-

циальная методика для ее расчета.

**Цель и задачи исследований**

Целью данных лабораторных исследований является определение показателей эффективности грохочения кокса, при выделении из него фракции крупностью (0–25) мм на традиционно используемых проволочных и листовых просеивающих поверхностях и разработанной новой конструкции самоочищающейся колосниково-карточной просеивающей поверхности вибрационного грохота.

В процессе лабораторных исследований необходимо решить следующие задачи:

- произвести проверку работоспособности разработанной просеивающей поверхности (ССКК), как основного рабочего органа классифицирующего устройства;
- провести сравнительный анализ показателей эффективности процесса грохочения металлургического кокса для различных видов просеивающих поверхностей;
- определить кинематические параметры колебаний короба вибрационного грохота и установленных на связь-балках короба традиционно используемых просеивающих поверхностей.

**Основной материал исследований**

Для реализации поставленной цели, была спроектирована и изготовлена лабораторная установка.

Лабораторная установка состоит из следующих основных элементов:

- 1) вибрационный грохот;

**Таблица. Результаты лабораторных исследований**

№ п/п	Масса подрешетного продукта, кг	Масса надрешетного продукта, кг			Эффективность грохочения, %
		Всего, кг	Фракции, кг		
			+25	0-25	
Динамически активное сито					
1	6,61	9,29	7,41	1,88	77,9
2	6,84	9,06	7,49	1,57	81,3
3	6,71	9,19	7,58	1,61	80,6
среднее					<b>80</b>
Листовое сито					
1	6,2	9,26	7,17	2,09	74,8
2	6,78	8,68	7,09	1,59	81,0
3	6,27	9,19	6,82	2,37	72,6
среднее					<b>76</b>
Проволочное сито					
1	7,63	7,79	7,17	0,62	92,5
2	7,74	7,54	6,78	0,76	91,1
среднее					<b>92</b>

- 2) загрузочный коксовый бункер, обладающий регулируемым шиберным затвором;
- 3) комплект приемочных поддонов для сбора надрешетного и подрешетного продуктов процесса грохочения кокса;
- 4) комплект контрольных сит для проведения по-фракционного отсева данного классифицируемого материала;
- 5) контрольно-измерительная аппаратура.

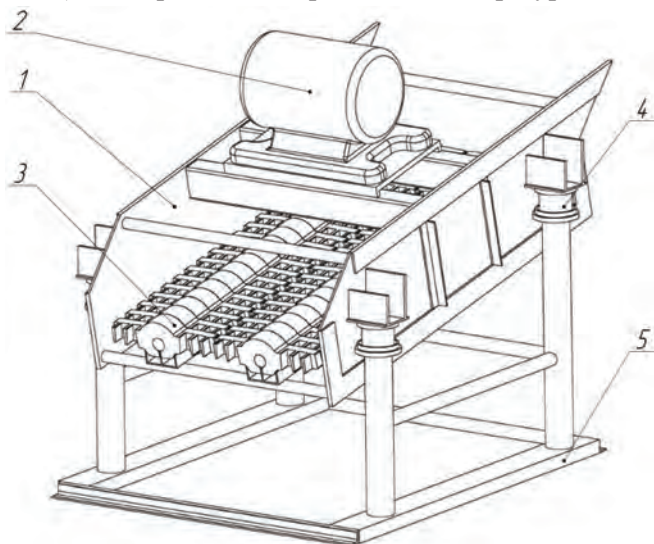


Рис. 1. Общий вид вибрационного грохота

Модель вибрационного грохота (рис. 1) представляет собой одномассную динамическую колебательную систему с зарезонансной настройкой, приводимой в движение одновальным вибровозбудителем. Грохот состоит из следующих основных частей: короб 1, представляющий собой сварную конструкцию, состоящую из двух бортовин, соединенных между собой связь-балками; вибровозбудитель 2, закрепленный на верхних связь-балках короба грохота таким образом, что возмущающая сила проходит через центр масс короба; самоочищающаяся колосниково-карточная просеивающая поверхность 3, жестко закрепленная на нижних связь-балках короба; резиновые виброизоляторы 4 цилиндрической формы, на которые опирается короб грохота (разработка ИГТМ); опорная рама короба 5, жестко закрепленная к бетонному фундаменту с помощью анкерных болтов.

Привод данной вибромашины состоит из одновального инерционного вибратора, приводимого во вращение асинхронным двигателем (мощность 180 Вт, номинальная частота вращения вала вибратора 1470 об/мин (24,5 Гц); максимальная возбуждаемая сила 1750 Н. На выходных концах вала двигателя закреплены дебалансы суммарным статистическим моментом 1,2 кг·м.

Подача классифицируемого материала (кокса) осуществляется из загрузочного бункера, регулировка подачи кокса осуществляется при помощи шиберного затвора.

В качестве исследуемых просеивающих поверхностей использовались:

1. Проволочное сито с квадратными просеивающими отверстиями размером 25×25 мм, обладающее живым сечением 95 %.

2. Листовое металлическое сито с круглыми просеивающими отверстиями Ø 28 мм, обладающее живым сечением 30 %.

3. Динамически активное, самоочищающееся колосниково-карточное сито с квадратными просеивающими отверстиями размером 25×25 мм, имеющее живое сечение 30 %. Общий вид одного карточного элемента приведен на рис. 2. Было изготовлено три комплекта элементов отличающиеся жесткостью резины.

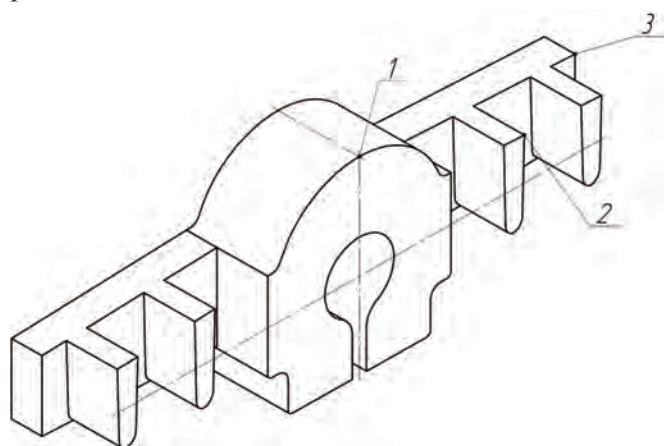


Рис. 2. Съемный эластичный колосниково-карточный элемент, просеивающей поверхности вибрационного грохота

Размеры (в плане) всех просеивающих поверхностей составляют 550×800 мм. Измерение массы кокса производилось на электронных весах с точностью измерения ±0,01 кг. Время транспортирования частиц надрешетного продукта на данных просеивающих поверхностях измерялось при помощи секундомера.

Начальные и контрольные рассевы производились вручную на проволочных ситах с квадратными ячейками с размерами 10×10, 25×25, 40×40, 60×60 мм.

При проведении лабораторных исследований, в качестве классифицируемого материала использовался кокс крупностью (0-100) мм коксохимического производства ПАО «ЕВРАЗ-ДМЗ им. Петровского». Перед проведением исследований, на комплекте контрольных сит было произведено предварительное разделение данного классифицируемого материала на пять различных фракций по следующей крупности, мм: (0-10); (+10-25); (+25-40); (+40-60); (+60-100).

#### Экспериментальные исследования

Начальные эксперименты на грохоте с виброактивным ситом показал, что некондиционная коксовая мелочь (фракция крупностью 0-10 мм) полностью выделяется из исходной шихты, поэтому в дальнейших экспериментах от использования данной фракции отказались. В дальнейшем классифицируемый материал состоял из фракции крупностью (+10-25) мм и оставшейся фракции крупностью (+25-40) мм.

Было проведено несколько экспериментов для

оценки эффективности грохочения: проводились по три эксперимента для всех видов просеивающих поверхностей.

Эффективность грохочения определялась по формуле

$$\Theta = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \cdot 100\%$$

где  $m_1$  – масса подрешетного продукта;  $m_2$  – масса надрешетного продукта.

В результате экспериментов получены показатели эффективности процесса грохочения, которые приведены в таблице.

В среднем эффективность грохочения для виброактивного сита составила 80 %, для плоского листового сита 76 %, и для проволочного сита 92 %.

Результаты экспериментов показали следующее.

Наибольшую эффективность грохочения имеет проволочное сито, что объясняется наибольшим «живым» сечением. При этом наблюдается тенденция «забиваемости» просеивающих отверстий частицами трудногрохотимых (граничных) классов крупности. Так же наблюдается уменьшение скорости перемещения классифицируемого материала (кокса) по данной просеивающей поверхности, и, соответственно, в реальных случаях высота слоя материала будет больше, что отрицательно скажется на эффективности процесса грохочения. Известно из практики использования данных сит, срок эксплуатации в условиях коксохимического производства, при классификации абразивных материалов, (каким является металлургический кокс), составляет не более двух недель.

В процессе экспериментов, несмотря на малую продолжительность одного грохочения (около 40 с), наблюдается забиваемость отверстий проволочного сита.

В процессе исследования эффективности процесса грохочения ССКК, были определены траектории и амплитуды колебаний основных элементов вибрационного грохота. Амплитуда колебаний короба вибрационного грохота находится в диапазоне 4-5 мм, в зависимости от возбуждающей силы вибратора. Форма траектории движения точек ССКК определялась с помощью фиксирующей фотоаппаратуры с увеличенным временем выдержки. В общем случае, точки совершают сложные пространственные перемещения, которые, в частном случае, вырождаются в прямые. Типовые траектории движения характерных точек составных упруго-эластичных элементов (рис. 2),

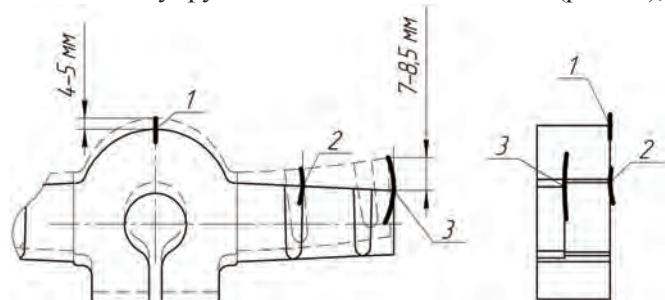


Рис. 3. Траектории движения характерных точек (жирные линии) самоочищающейся колосниково-карточной просеивающей поверхности



формирующих просеивающую поверхность ССКК показаны на рис. 3. На рис. 3 штриховой линией показан элемент сита при максимальной его деформации.

Амплитуды колебаний крайних точек составных упруго-эластичных элементов динамически – активного самоочищающегося колосниково-карточного сита вибрационного грохота в нормальном направлении составляет соответственно 7,0–8,5 мм, в зависимости от жесткости резины. В перпендикулярном направлении максимальное перемещение точек составило 1,5–2 мм, и не превышало величины зазора между соседними карточными элементами.

То есть, этим подтверждается научная гипотеза об увеличении колебаний точек динамически – активных самоочищающихся колосниково-карточных просеивающихся поверхностей по сравнению с колебаниями короба вибрационного грохота.

### Выводы

1. Одним из путей дальнейшего совершенствования конструкций вибрационных грохотов, направленным на улучшение качества и точности разделения по заданной крупности металлургического кокса, является разработка классифицируемых систем с просеивающей поверхностью, которые обладают возможностью активного воздействия на обрабатываемую среду.

2. В результате проведения экспериментальных исследований определены показатели эффективности грохочения для различных типов просеивающих поверхностей. В среднем, эффективность грохочения

для виброактивного сита составила 80 %, для листового 76 %, для проволочного 92 %. Таким образом, самоочищающееся сито обеспечивает высокую эффективность грохочения.

3. Амплитуда колебаний периферических участков горизонтальных полок составных эластичных элементов ССКК, непосредственно формирующих просеивающую поверхность, больше амплитуды колебаний короба вибрационного грохота в 1,5-2 раза, что свидетельствует о динамической активности данной просеивающей поверхности.

### Библиографический список

1. Балон И.Д., Хавкин И.В., Антипов В.М. О крупности кокса для доменных печей // Металлург, 1977. - № 8. – С. 11-13.
2. Казанский М.Ф., Антипов В.М., Балон И.Д. Повышение эффективности отсева коксовой мелочи на грохотах // Металлург, 1971. - № 4. - С. 3-5.
3. Пат. № 96513. Вібраційний колосниковий грохот / С.В. Білодіденко, І.В. Пелих, Д.О. Кононов, Б.Ц. Соколовський, В.О. Петренко, Є.В. Бородай. – Прийнято 30.04.2010.; Опубл. 10.11.2011г., Бюл. № 21.
4. Потураев В.Н., Франчук В.П., Надутый В.П. Вибрационная техника и технологии в энергоемких производствах: Монография. – Днепропетровск: Национальная горная академия Украины, 2002. – 186 с.

Поступила 25.01.2013

УДК 669. 02 / . 09 : 658. 5

Сидоров В.А. /к.т.н./, Ошовская Е.В. /к.т.н./  
Донецкий НТУ

Производство

## Практика анализа отказов оборудования

*Даны рекомендации, дополняющие известные процедуры анализа отказов оборудования, направленные на повышение эффективности ремонтных воздействий. Приведены примеры их использования для металлургического оборудования. Ил. 5. Библиогр.: 3 назв.*

**Ключевые слова:** металлургическое оборудование, отказы, анализ, ремонты, повреждения

*Recommendations are given to complement the well-known procedure of failure analysis equipment to improve the efficiency of repair actions. Examples of their use for metallurgical equipment. IL. 5. Refs.: 3 titles.*

**Keywords:** metallurgical equipment failures, analysis, repairs, damage.

В теории надежности технических систем центральным понятием является «отказ», который интерпретируется как событие, заключающееся в утрате объектом работоспособности, т.е. событие, при котором функциональные параметры объекта не соответствуют требованиям нормативно-технической и конструкторской документации [1]. В качестве объекта может выступать деталь, узел, механизм, машина, агрегат, технологическая линия, технологический комплекс. В связи с этим и

© Сидоров В.А., Ошовская Е.В., 2013 г.

параметры, характеризующие функциональность, различны. Отсюда вытекает разнообразие отказов, а также методов их анализа.

В статье приведены рекомендации по выполнению анализа отказов оборудования и показаны возможности предлагаемых положений на примере металлургического оборудования.

Основным источником данных при анализе отказов металлургического оборудования являются записи в агрегатных журналах, ведомостях дефектов, журнале