

УДК 621.794

П.А. Мищук, инженер
А.Н. Михайлов, д-р техн. наук, профессор
Донецкий национальный технический университет, Украина
Тел./Факс: +38 (095) 0739343; E-mail: pm.sv.3691@gmail.com

ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДЕЗИНТЕГРАТОРОВ И КЛАССИФИКАЦИЯ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФУНКЦИЙ

В статье приведены данные, связанные с особенностями эксплуатации дезинтеграторов. В работе представлена классификация основных эксплуатационных воздействий на рабочие органы дезинтегратора и разработана гипотетическая схема взаимодействия частиц измельчаемого материала при износе рабочего органа. Приведена схема взаимодействия пыли и частиц аэродинамического потока воздуха с билами дезинтегратора.

Ключевые слова: дезинтегратор, рабочий орган, била дезинтегратора, эксплуатация, классификация

P.A. Mishchuk, A.N. Mikhaylov

THE MAIN FEATURES OF THE OPERATION OF DISINTEGRATOR AND CLASSIFICATION OF THEIR OPERATIONAL FUNCTIONS

The article presents data related to the features and operation of the disintegrator. The paper presents a classification of the main operational impacts on the working bodies of the cage mill and developed a hypothetical scheme of interaction of the particles of feed material, when wear of the working body. Shows the interaction between dust particles and the aerodynamic flow of air with bila disintegrator.

Key words: disintegrator, a working body beat disintegrator, exploitation, classification

1. Введение

Главное научное изобретение Йоханнеса Хинта — строительный материал силикальцит (лапрекс) на базе песка и извести — получаемый обработкой исходных материалов в дезинтеграторе. Это и несколько десятков других изобретений Хинта, реализованы и используются в Германии, Чехии, Австрии, Польше, Финляндии, Японии, Эстонии и России.[1, 2].

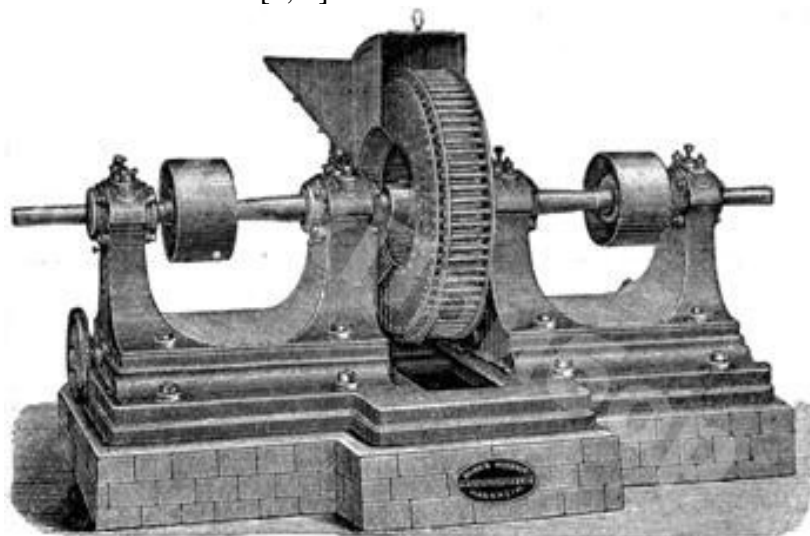


Рис.1. Дезинтегратор Кара, 1896 год[1, 2].

Дезинтегратор (от лат. integer — «целый») — машина, предназначенная для мелкого дробления хрупких малоабразивных материалов. Дезинтеграторы применяются для измельчения до порошков с размерами частиц 0,05...0,2 мм сухих сыпучих порошковых и зернистых неорганических (соли, наполнители, катализаторы, удобрения и т.д.), синтетических (полимеры, смолы, канифоль, резорцин и т.д.) и биологических (сахар, кофе, специи, сушеные овощи и т.д.) материалов. Требования к исходным материалам: твердость по шкале Мооса до 5...6 ед., размер частиц менее 10 мм, влажность до 6%. На рис. 1 общий вид дезинтегратора Кара изобретённого в 1896 году для измельчения глины, угля, доломита, извести. На рис. 2 показана структурная схема дезинтегратора. Перерабатываемый материал, подаётся в приемный бункер —3, далее перемещается в центр дезинтегратора в рабочую камеру между корзинами —4 и 5 вращающимися навстречу друг другу, затем попадает на рабочие органы (била) расположенные по окружности каждой корзины на одинаковом расстоянии друг от друга. Получив ударный импульс от каждого ряда бил, перерабатываемый материал, меняет вектор скорости, перемещаясь от центра к периферии дезинтегратора измельчается.

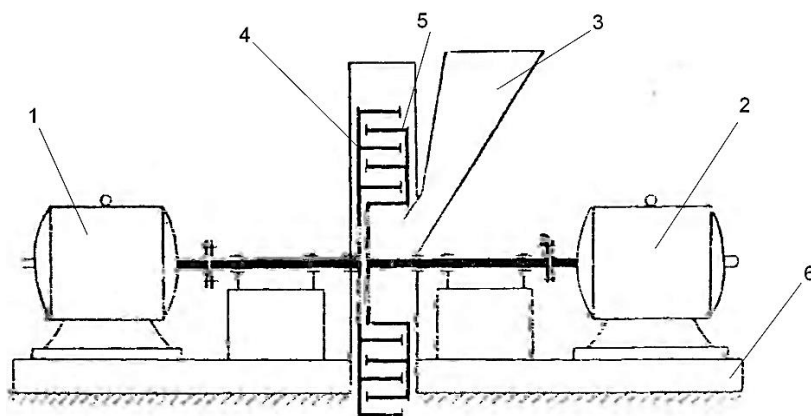


Рис.2. Структурная схема дезинтегратора
1, 2 – Электродвигатели, 3 – приемный бункер дезинтегратора 4 – наружная корзина дезинтегратора, 5 – внутренняя корзина дезинтегратора, 6 - станина

На рис. 3 представлен общий вид дезинтегратора DESI-14, используемый в технологической схеме производства тонко дисперсного мела марки ММС-1, ММС-2, цеха по переработке мела, Рай-Александровского месторождения мела, Славянского района на Донецкой области. Дезинтегратор работает в комплексе с циклоном ЦН-15, системой сепарации, системой аспирации, системой охлаждения дезинтегратора.

Целью данной работы является определение основных особенностей эксплуатации дезинтегратора и классификация их эксплуатационных функций для последующей разработки методов повышения их ресурса, на основе метода функционально ориентированных технологий машиностроения [3].

В работе планируется решить следующие задачи: определить основные особенности эксплуатации рабочих органов, выполнить классификацию эксплуатационных функций рабочих органов и выявить действие основных эксплуатационных функций на функциональные элементы рабочих органов (бил) дезинтегратора.



Рис. 3. Общий вид дезинтегратора сверхтонкого измельчения DESI-14

При эксплуатации дезинтегратора действует целый ряд эксплуатационных воздействий различного характера, действие которых можно моделировать потоками материи M_w , энергии E_w и информации I_w (рис. 4) [3,4].

На рис. 4 представлена модель процесса преобразования свойств, рабочих органов дезинтегратора при эксплуатации.

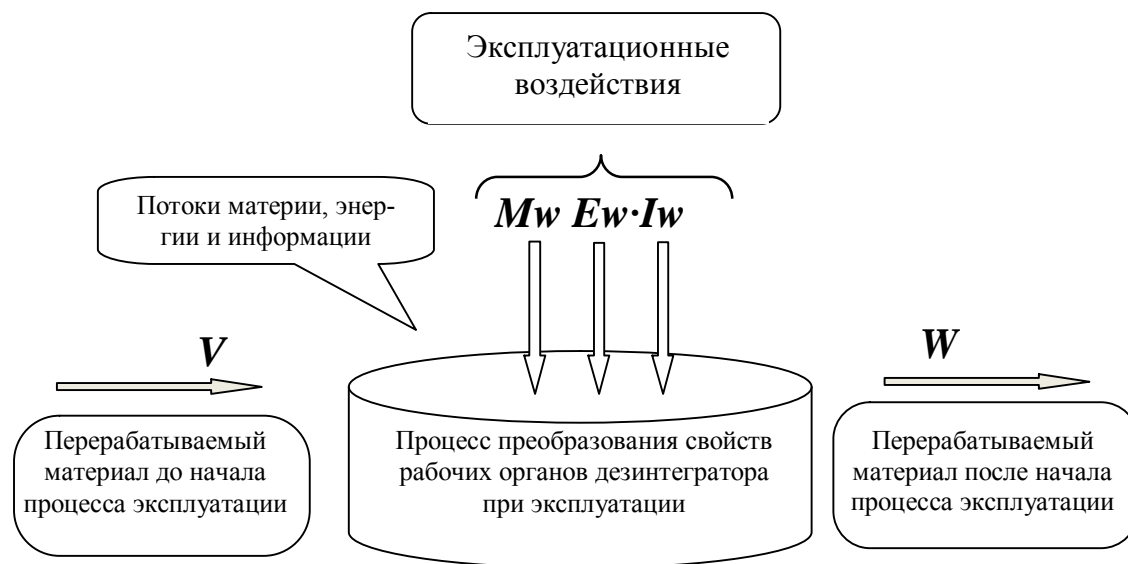


Рис. 4. Модель процесса преобразования свойств, рабочих органов дезинтегратора при эксплуатации

Здесь показано: V – вход, перерабатываемый материал до начала процесса эксплуатации рабочего органа, W – выход, перерабатываемый материал после начала процесса эксплуатации рабочего органа. Процесс преобразования свойств рабочего органа при эксплуатации происходит из-за действия эксплуатационных воздействий материального M_w , энергетического E_w и информационного I_w характеров. Начальные и конечные свойства рабочего органа можно представлять следующими векторами:

$$V = \begin{Bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \dots \\ v_n \end{Bmatrix}, \quad W = \begin{Bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_k \end{Bmatrix};$$

где v_i – i -е начальное свойство рабочего органа дезинтегратора
 w_j – j -е конечное свойство рабочего органа дезинтегратора
 n – общее количество начальных свойств рабочего органа дезинтегратора, которые образованы до его эксплуатации;
 k – общее количество конечных свойств рабочего органа дезинтегратора, образующихся в процессе его эксплуатации.

2. Классификация эксплуатационных функций

В процессе эксплуатации дезинтегратора действует целый ряд эксплуатационных воздействий, которые можно структурировать. На рис. 5 представлена классификация основных эксплуатационных воздействий на рабочие органы дезинтегратора.

Эти воздействия можно разделить следующим образом [3]:

- температурные воздействия,
- эрозионно-коррозионные воздействия,
- воздействия от инородных тел,
- эксплуатационные силы

Можно отметить, что в своей совокупности все эти воздействия вызывают комплексные разрушения рабочих органов дезинтегратора. При этом катастрофический износ вызывают эксплуатационные силы, разрушающие рабочие органы дезинтегратора. Далее будут рассмотрены более детально эти вопросы

3. Особенности эксплуатации дезинтегратора

Для эксплуатации дезинтегратора характерна работа в особо тяжелых условиях, обусловленных: температурой до $400^\circ C$; абразивным износом рабочих органов, вызванным силами трения перерабатываемого материала и рабочих органов; высокими скоростями вращения рабочих органов на встречу друг другу; запыленностью высокоабразивной средой перерабатываемого материала. Анализируя процесс разрушения рабочих органов можно отметить, что их износ в основном происходит по элементам рабочего органа, а именно: кромке и поверхности рабочего органа (рис. 6). На рис. 6 представлены основные элементы дезинтегратора: корзины дезинтегратора – 1, рабочий орган – 2 (била), рабочая камера дезинтегратора образованная корпусом и крышкой дезинтегратора (на рис. 6 не обозначено). Поверхности **корзины, рабочих органов, камеры** являются рабочими. К ним предъявляют высокие требования по точности геометрических параметров, шероховатости поверхностей и физико-механическим свойствам

Можно отметить, что величина износа элементов рабочих органов (бил) увеличивается в зависимости от места расположения на корзине дезинтегратора. Это объясняется тем, что в дезинтеграторе происходит постепенное истирание (катастрофический износ) и сепарирование частиц пыли перерабатываемого материала. Из-за увеличения линейной скорости относительного движения частиц между билами от центра к периферии (рис. 6) частица перерабатываемого материала, всё больше разрушается.

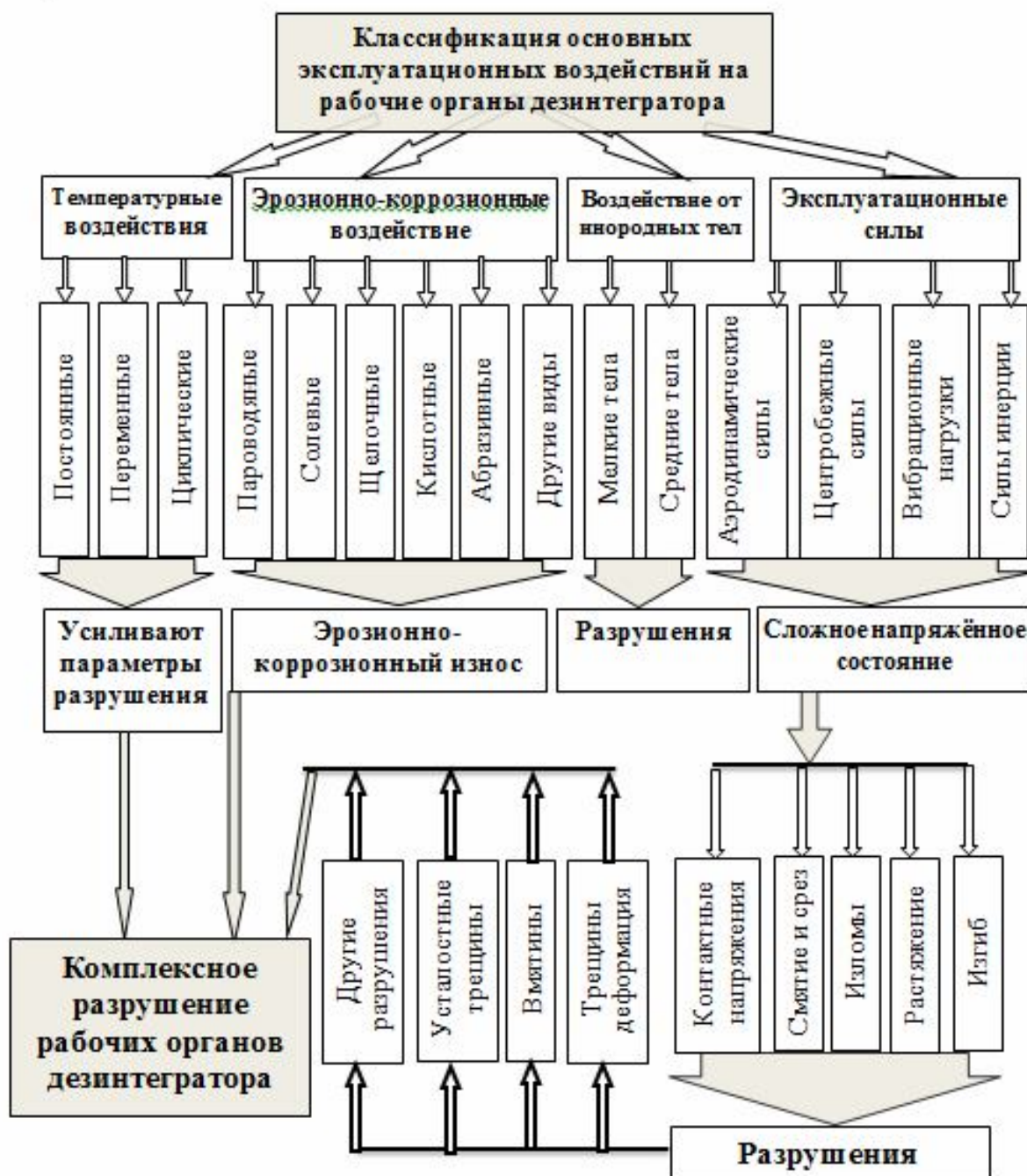


Рис. 5. Классификация основных эксплуатационных воздействий на рабочие органы дезинтегратора

Здесь можно отметить, что при постоянной частоте вращения корзины ω линейная скорость V по высоте корзины изменяется в соответствии с эпором, представленным на рис. 7. В результате соответственно увеличивается и скорость относительного соударения пыли и частиц песка с рабочими органами дезинтегратора

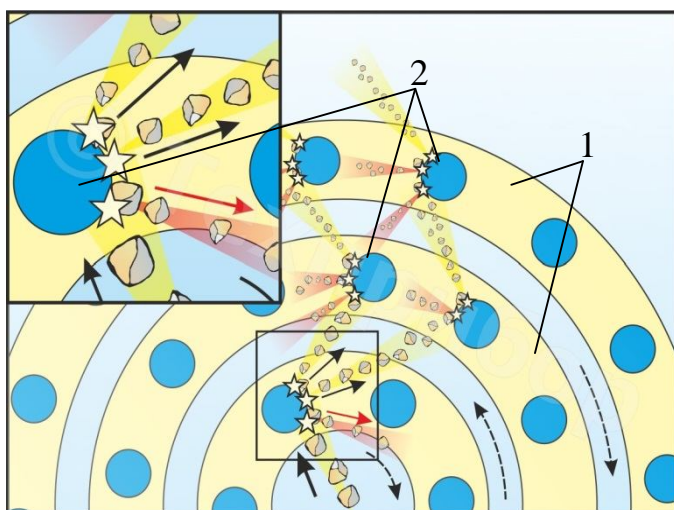


Рис. 6. Схема взаимодействия частиц и рабочих элементов дезинтегратора
1 – корзины дезинтегратора, 2 – рабочие органы (била) дезинтегратора

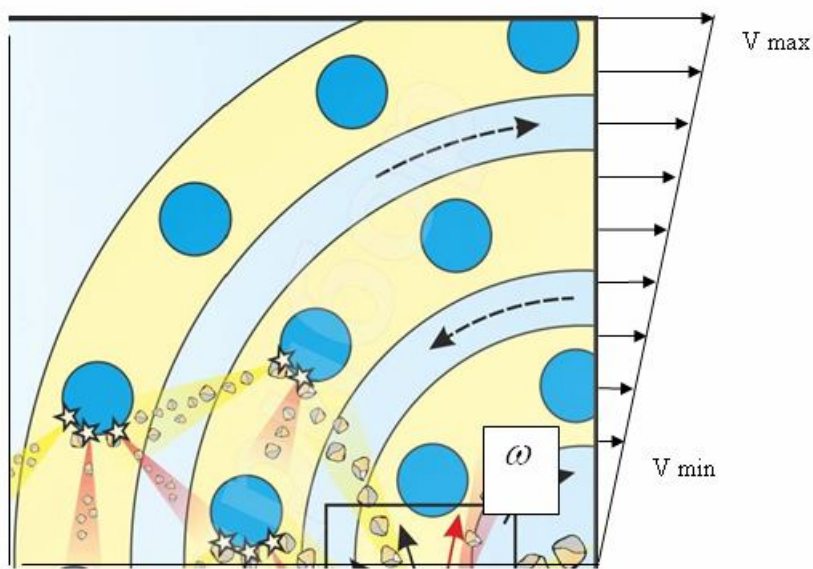


Рис. 7. Эпюр скоростей точек, расположенных по высоте корзины

На рис. 8. показаны поперечные сечения трёх бил одного круга дезинтегратора следующих друг за другом. Необходимый удар перерабатываемых тел может происходить у каждого пальца, только в одной точке А, вектор скорости которой равен V . Характер удара в других точках (В, С) будет более сложным. В зависимости от того осталось ли после удара тело целым или разрушилось, только некоторые его осколки могут получить вектор скорости позволяющий им выйти изданного круга бил.

Количество зерен перерабатываемого материала, отлетающих от точки контакта А, ближе или дальше к центру дезинтегратора (в сторону В или С), зависит от скорости движения бил дезинтегратора, т.е. от числа оборотов корзины дезинтегратора, диаметра рабочих органов (бил), расстояния между ними, расстояния между рядами бил, формы

бил и т. п.. Катастрофический износ рабочих органов дезинтегратора непрерывно изменяет форму их поперечного сечения.

На рис. 9, 10 и 11 показан износ рабочих органов (бил) дезинтегратора при измельчении песка. Следует отметить, что в первом и последнем ряде бил, износ наблюдается по одной из сторон, а в последующих рядах из-за сепарирования перерабатываемого материала он происходит с обеих сторон. В результате концентрации абразивных включений в перерабатываемом материале, в аэродинамическом потоке у периферии корзины дезинтегратора в последних рядах бил их износ может быть в несколько раз выше, чем на входе в дезинтегратор [1].

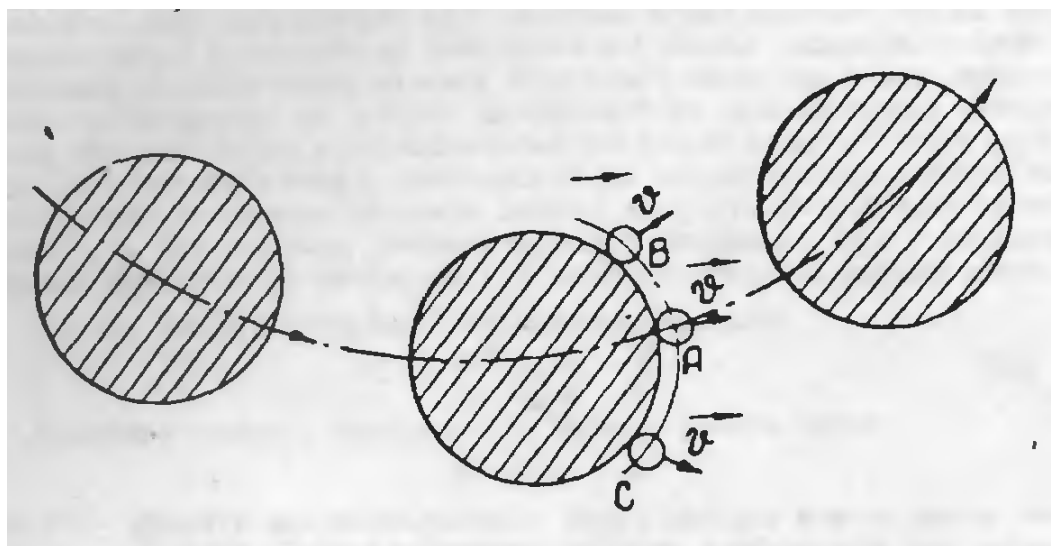


Рис. 8. На рисунке три пальца одного круга дезинтегратора. На среднем пальце показаны удары частиц перерабатываемого материала [1].

Однако, этот износ может в каждом конкретном случае может иметь свои особенности. Можно отметить, что в результате эксплуатационные силы, воздействуя инородными частицами, перерабатываемыми дезинтегратором, вызывают износ, не только рабочих органов, но корпуса корзины и рабочей камеры дезинтегратора.

Можно отметить, что поверхность била у корзины почти не изнашивается [1, 2]. При этом при значительном износе поверхности корзины возможен износ в зоне крепления бил, из-за увеличения рабочего зазора между рабочими органами корзин дезинтегратора и увеличения крупности перерабатываемого материала. Следует отметить, что величина износа, как передней кромки, так задней кромке била в процессе эксплуатации увеличивается прямо пропорционально суммарному количеству прошедших частиц пыли и песка независимо от их концентрации в воздухе. Размер частиц пыли перерабатываемого материала существенно влияет на величину износа. Чем крупнее частицы пыли, тем интенсивнее износ рис. 11 [1, 2].

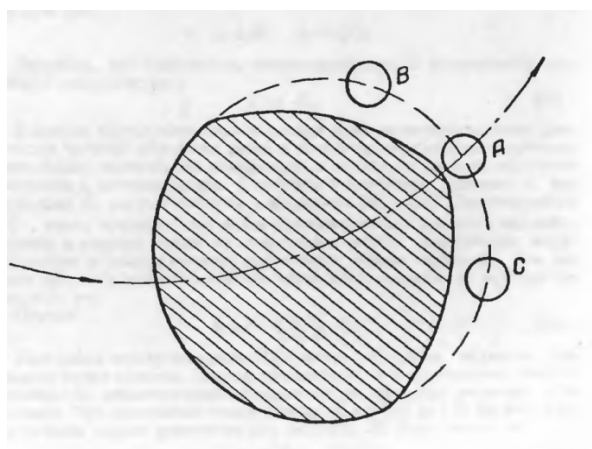


Рис. 9. Особенности износа бил дезинтегратора [1]

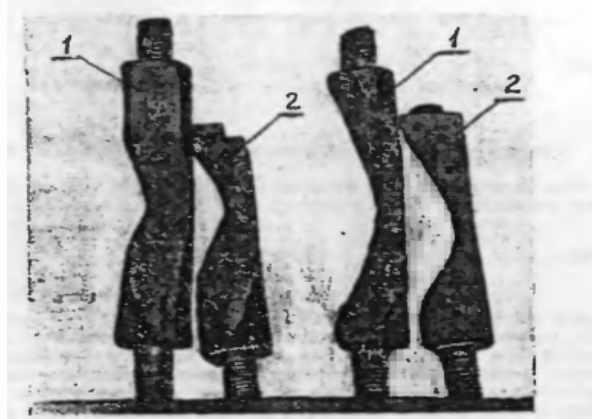


Рис. 10. Общий вид износа бил дезинтегратора 1 - I, V ряда; 2 - била II-IV ряда [1]

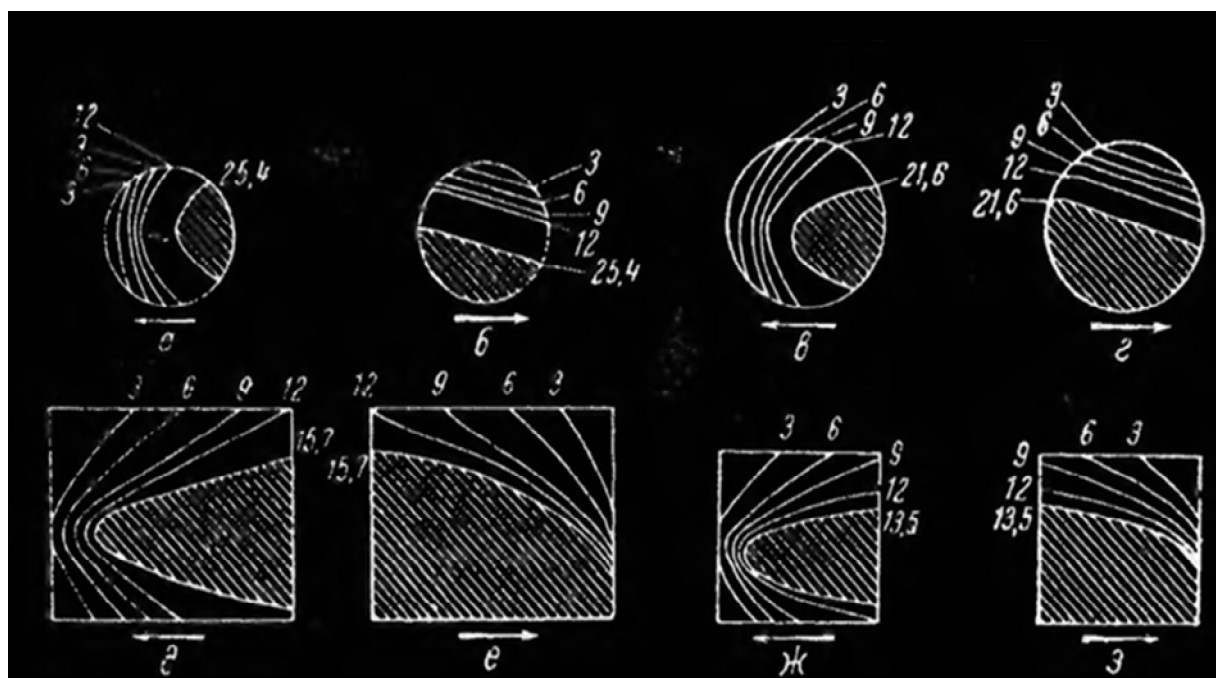


Рис. 11. Износ пальцев дезинтегратора в зависимости от формы сечения и количества переработанного песка - круглый палец $\phi 16$ мм (пятый круг), б – тоже (шестой круг), в – круглый палец $\phi 19$ мм (пятый круг), г – тоже (шестой круг), д – прямоугольный палец 25x30 мм (пятый круг), е – тоже (шестой круг), ж – квадратный палец 25x25 мм (пятый круг), з – тоже (шестой круг).

Интенсивность изнашивания элементов рабочих органов зависит от целого комплекса параметров: состава перерабатываемого материала; формы, состава, структуры и материала частиц пыли аэродинамического потока; скорости относительного движения частиц и поверхности рабочего органа; угла соударения частиц с поверхностью рабочего органа, материала рабочего органа.

Выполненные исследования позволили установить, что измельчение производится за счет высокой скорости и силы соударения частиц измельчаемого материала рабочими органами (билами). При этом частицы материала измельчаются также вследствие соударения между собой при пересечении потоков струй, а также ударов истирания частиц о стенки корпуса.

Таким образом, выполненные исследования позволили установить, что износ рабочего органа дезинтегратора имеет определенные особенности, а именно:

- рабочий орган дезинтегратора (зона около корзины дезинтегратора) имеет переменный износ, увеличивающийся от полки плоскости крепления била к корзине к периферии била, величина которого может изменяться до 2-х раз;

- периферийная кромка била имеет переменный износ, уменьшающийся от входной к выходной кромке, величина которого может изменяться до 1,3 ... 1,5 раз;

- поверхность передней и задней кромки рабочего органа практически не изнашивается и имеет сравнительно незначительный износ.

4. Заключение

Проанализировав конструкции и особенности функционирования дезинтеграторы различных видов (смесительные, помольные - тонкого и сверхтонкого помола, гидрофобизирующие) можно сделать основные выводы:

- в эксплуатационных воздействиях на эксплуатационные свойства дезинтегратора присутствуют некоторые существующие теории трения, такие как; адгезионная, молекулярно-кинетическая, адгезионно-деформационная и энергетическая [2, 5];

- выделив для каждого вида дезинтеграторов особенности эксплуатационных воздействий, мы можем применить при изготовлении рабочих органов дезинтегратора функционально ориентированные технологии машиностроения [3].

Приоритетом применения функционально-ориентированных технологий машиностроения является повышение срока службы дезинтегратора, сокращение технологических простоев при выполнении планово предупредительных ремонтов и технического обслуживания связанных с особенностью эксплуатации комплекса по производству различных материалов для химической, металлургической, строительной отрасли.

Особое внимание следует обратить на дезинтеграторы сверх тонкого измельчения, работа которых основана на молекулярно-кинетической, адгезионно-деформационной и энергетической теории трения.

Список литературы:

1. Хинт Й.А. Основы производства силикальцитных изделий. Госстройиздат, 1962. - 601 с.

2. Хинт Й.А. Основы производства известково-песчаных изделий. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Ленинград, 1961.

3. Михайлов А.Н. Основы синтеза функционально-ориентированных технологий. – Донецк: ДонНТУ, 2009. – 346 с.

4. Михайлов Д.А. Основные особенности эксплуатации лопаток компрессора ГТД и классификация их эксплуатационных функций. / Прогрессивные технологии и системы машиностроения // Международный сборник трудов. – Донецк: ДонНТУ, № 4(50), 2014. С. 132 – 139.

5. Кутьков А.А. Износостойкие и антифрикционные покрытия. - М.: Машиностроение, 1976. - 151 с.

Поступила в редколлегию 03.05.2015