

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВИБРОВАЛКОВОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ДЕЗИНТЕГРАТОРНОЙ ОБРАБОТКИ МИНЕРАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Сиваченко Л.А., д-р. техн. наук, проф.,

Белорусско-Российский университет

Сотник Л.Л., преподаватель,

Богданович И.А., канд. техн. наук, доц.

Барановичский государственный университет

Измельчение является подготовительной стадией переработки материалов к участию их в последующих физико-химических взаимодействиях с целью получения новых продуктов и изделий. Процесс измельчения является одним из самых массовых и энергоемких, но при этом самым несовершенным из всех используемых в технике [1].

Известно большое количество самых разнообразных измельчительных машин [2], однако это многообразие является следствием, как их технологического несовершенства, так и недостаточно реализованных потенциалов развития.

В последние десятилетия наметился устойчивый переход простого процесса измельчения в более сложный механизм управляемого изменения свойств перерабатываемой среды [3]. Это, в свою очередь, привело к активизации научно-исследовательских и прикладных работ в области измельчителей повышенной интенсивности рабочего процесса: вибрационных, планетарных, струйных, электромагнитных и ряда других.

Одним из новых конструкторских решений по разработке мельниц повышенной энергонапряженности воздействия на частицы разрушаемого материала, является предлагаемый нами вибровалковый измельчительный аппарат, кинематическая схема которого приведена на рисунке 1.

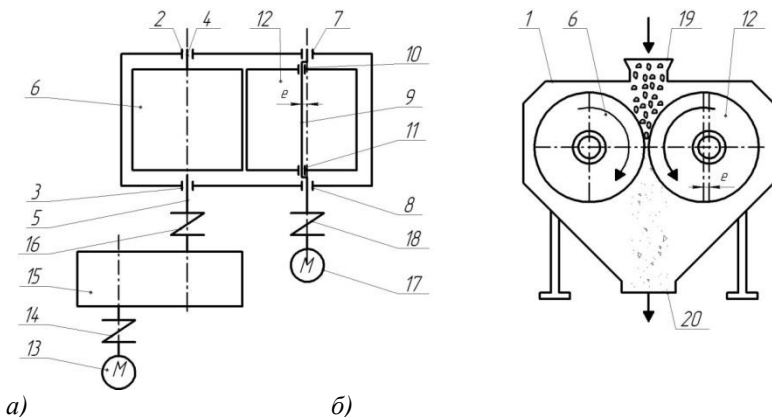


Рисунок 1 – Схема вибровалкового измельчителя: а – вид сверху, б – вид сбоку

Вибрационное воздействие на материал осуществляется приданием одному из валков дополнительного движения эксцентрично относительно его центральной оси, что способствует созданию в измельчаемом материале сложного объемного нагружения, осуществляемого с большой частотой воздействия.

Вибровалковый измельчитель состоит из рамы 1, на которой в соответствующих опорах 2, 3 посредством цапф 4, 5 смонтирован неподвижный валок 6, а в опорах 7, 8 установлен эксцентриковый вал 9, опирающийся на опоры 10, 11 подвижного валка 12. Привод неподвижного валка 6 осуществляется от электродвигателя 13 через муфту 14, редуктор 15 и муфту 16, а подвижного валка - от электродвигателя 17 через муфту 18. Для загрузки и выгрузки материала предусмотрены устройства, выполненные в виде люков 19, 20. Эксцентриковый вал 9 устанавливается в опоры 7, 8 с эксцентриситетом e относительно центральной оси подвижного валка 12.

Рабочий процесс вибровалкового измельчителя осуществляется следующим образом. Одновременно включаются электродвигатели 13, 17 и приводят во вращение соответствующие элементы конструкции, причем неподвижный валок 6 и эксцентриковый вал 9 вращаются навстречу друг другу. При этом эксцентриковый вал 9 через опоры 10, 11 сообщает подвижному валку 12 круговые колебания с амплитудой $2e$. Через загрузочный люк 19 в межвалковое пространство непрерывным потоком подается подлежащий обработке исходный

материал и подвергается интенсивному разрушению путём динамического высокочастотного сжатия со сдвигом.

В процессе работы измельчителя собственно подвижный валок 12 за счёт сил трения, возникающих в зоне контакта частиц материала с валком и их захвата внешней поверхностью неподвижного валка 6 и реактивного момента, создаваемого силами трения эксцентрикового вала 9 приводит к вращению подвижного валка 12 в направлении, противоположном вращению валка 6, что способствует захвату материала и его принудительному перемещению через межвалковое пространство. Обработанный таким образом материал удаляется из рабочей зоны агрегата через выгрузочный люк 20.

Для расчета параметров вибровалковых измельчителей, которые могут работать как в режиме дробления так и в режиме помола, нет существующих методик, так как это новый тип аппарата. Приемлемыми являются методики расчета валковых дробилок [4, 5], которые мы используем как основу для предварительного расчета разрабатываемой конструкции.

Угол захвата в валковых дробилках – это угол β между двумя касательными к поверхностям в точках соприкосновения с дробимым материалом что поясняется рисунком 2. Кусок материала будет захватываться, если $\beta \leq 2\varphi$ или $\alpha \leq \varphi$.

Для обеспечения нормального дробления у валковых дробилок угол захвата не должен превышать двойного угла трения. По коэффициенту трения для реальных случаев $f=0,30\dots0,45$, угол трения составляет $\varphi=16^\circ40' \dots 24^\circ20'$. Для практически гладких валков $\alpha=16^\circ \dots 24^\circ$, чтобы исключить выдавливание дробимых кусков из валковой зоны.

То есть, должно быть выполнено условие

$$2P \sin \alpha \leq 2fP \cos \alpha \quad (1)$$

Максимальный размер куска, захватываемого валками можно определить

$$d_{\max} = \frac{D(1-k) + b}{k} \quad (2)$$

где k – коэффициент захвата (для гладких валков $k=0,954$), b – ширина выходной щели, м.

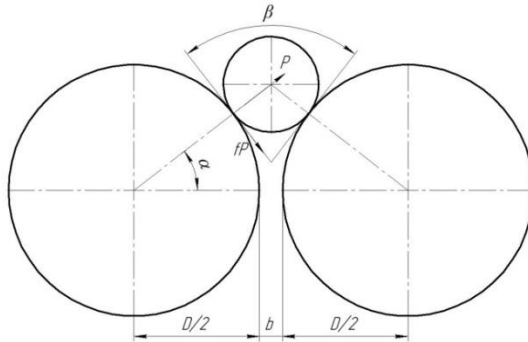


Рисунок 2 – Схема к расчету валковой дробилки

Частота вращения валков n , об/с, не должна превышать некоторого значения, при котором создаются неустойчивые условия захвата материала. Наиболее благоприятный режим работы наступает при окружной скорости валков $\mathcal{G}_{\text{опт}} = 3 \dots 6$ м/с. Отсюда находим частоту вращения валков

$$n_{\text{опт}} = \frac{\mathcal{G}_{\text{опт}}}{\pi D} \quad (3)$$

Усилие в деталях валковой дробилки, это нагрузка, зависящая от многих факторов, может быть вычислена приближенно

$$P = \sigma_{\text{сж}} l \mu \quad (4)$$

где $\sigma_{\text{сж}}$ – предел прочности материала при сжатии, Па; $l = \frac{D\alpha}{2}$ – длина дуги на участке измельчения материала, м; μ – коэффициент учитывающий степень разрыхленности материала (для прочных материалов $\mu = 0,2 \dots 0,3$).

Производительность дробилки при частоте вращения n

$$Q = 1,25 V n \mu = 1,25 \pi D L b n \mu \quad (5)$$

где 1,25 – коэффициент учитываемый возможность расхождения валков дробилки.

Для расчета мощности двигателя валковых дробилок можно воспользоваться линейной зависимостью от параметра $DL\mathcal{G}$, которая подтверждается данными машиностроительных предприятий

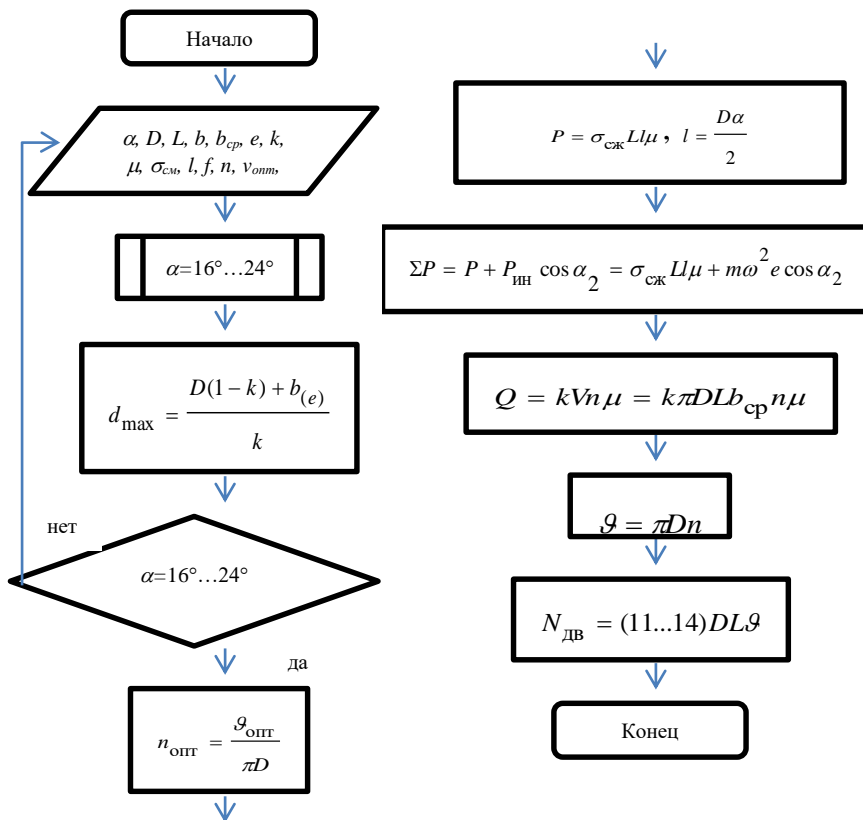


Рисунок 4 – Алгоритм определения параметров вибровалкового измельчителя

Где $P_{ин}$ – сила инерции от вала, возникающая при максимальном сжатии частицы материала $P_{ин} = m\omega^2 e$; $\omega = \frac{\pi n}{30}$ – угловая скорость, e – эксцентриситет; $F_{тр под}$ – сила трения возникающая в подшипниках; $b_{(e)}$ – ширина выходной щели в функции от e ($b_{мин} = b$, $b_{мак} = b + 2e$), м; k – коэффициент который учитывает

амплитуды колебаний, для предварительных расчетов принимаем $k = 1$;
 $b_{\text{ср}}$ – среднее значение ширины выходной щели.

Выполненные расчеты показывают, что вибровалковый измельчитель схож с валковыми машинами по производительности и энергоемкости. Обеспечение эксцентричного положения оси быстроходного вала позволяет увеличить объемное нагружение на частицы материала, при этом нагрузки на измельчаемый материал носят циклический характер, частицы материала подвергаются интенсивному истирающему воздействию, что приводит к повышению эффективности процесса измельчения и увеличению производительности измельчителя. На основе разработанной методики спроектирован опытный образец вибровалкового измельчителя.

Список литературы:

1. Ревнивцев В.И. Селективное измельчение минералов / В.И. Ревнивцев [и др.] М.: Недра, 1988. 286 с.
2. Сиваченко Л.А. Технологические аппараты адаптивного действия / Л.А. Сиваченко [и др.] – Минск Изд. Центр БГУ, 2008. 375 с.
3. Хайнике Г. Трибохимия / Г. Хайнике – М.: Мир, 1987. 584 с.
4. Поникаров И.И. Расчет машин и аппаратов химических производств и нефтепереработки (примеры и задачи): Учебное пособие / И.И. Поникаров, С.И. Поников, С.В. Рачковский. М.: Альфа-М, 2008. 720 с.: ил.
5. Богданов В.С. Процессы в производстве строительных материалов / В.С. Богданов, А.С. Ильин, И.А. Семикопенко, Белгород.: Вевелица, 2007. 512 с.