

## **АДАПТИВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ В РЕАЛИЗАЦИИ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ ДИСПЕРСНЫХ СРЕД**

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

*Белорусско-Российский университет*

**Севостьянов В.С., д-р техн. наук, проф.,**

**Сиваченко Т.Л., соискатель**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Адаптация в технике и природе носит один и тот же смысл и означает приспособление к условиям происходящих при этом процессов [1]. Естественно, что правильное использование этого важнейшего функционального механизма открывает новые технологические механизмы при проведении целого ряда взаимодействий в преобразовании дисперсных сред. Рассмотрим некоторые адаптивные подходы в реализации механических процессов дезинтеграторной переработки дисперсных сред [2].

Главной отличительной особенностью большинства известных измельчительных машин является жесткое, в традиционном понимании, выполнение рабочих органов. Это означает их невосприимчивость к внешнему силовому воздействию. Амплитудно–частотные характеристики рабочих поверхностей их не соответствуют природе обрабатываемой среды и оптимальным условиям подвода энергии к этой среде. В наилучшей степени этим условиям удовлетворяют рабочие органы, выполненные на основе упругих элементов [3, 4], или имеющие зоны различных параметров воздействия на обрабатываемые продукты. В качестве известных конструкций рассмотрим несколько аппаратов, использующих такие возможности.

Типичным примером выполнения рабочих органов на основе упругих элементов является пружинная мельница. Ее принципиальная схема и механизм разрушения рабочим органом представлены на рисунке 1. Этот вид измельчительных машин отличается большим конструктивным многообразием и отличается от известных конструкций прежде всего тем, что подводимый к рабочему органу крутящий момент в значительной мере преобразуется в энергию колебаний его витков и передается непосредственно в обрабатываемую

среду. За счет этого происходит тиксотропное разрушение структуры и обеспечение устойчивой работы мельницы.

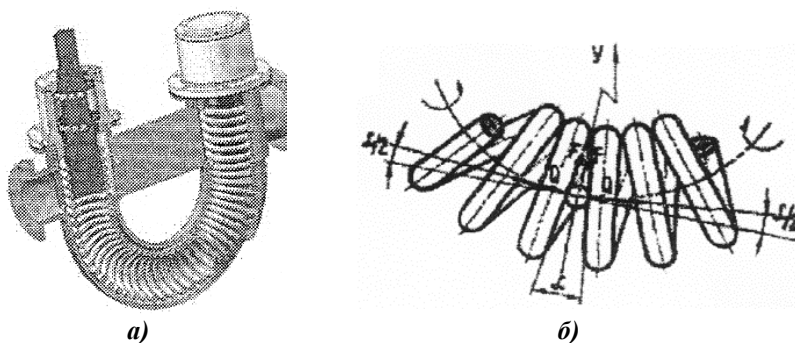


Рисунок 1 – Принципиальная схема пружинной мельницы и механизм разрушения материала в ней

В самом общем виде такой аппарат представляет собой установленную в опорах вращения изогнутую пружину, связанную с приводом и помещенную в рабочую камеру с обрабатываемым материалом. Разрушение материала происходит в сходящихся клиновых пространствах между витками и отличается высокой интенсивностью. В ней можно измельчать хрупкий материал любой прочности, твердостью до 5–6 единиц по шкале Мооса, причем избирательность воздействия легко регулируется жесткостью рабочих органов. Однако пружинная мельница способна принимать частицы материала исходной крупностью не более максимального зазора между витками, и она не отвечает нужным условиям эффективного измельчения большинства волокнистых и органических материалов.

Весьма оригинальной является конструкция мельницы, основанная на изменении объема рабочей камеры, выполненной на основе деформируемой камеры, заполненной мелочей загрузкой и связанной с приводом [5].

Использование в качестве рабочего органа деформируемой рабочей камеры позволяет получить новый механизм воздействия на обрабатываемую среду. При этом изменение степени и способа деформирования, варианта установки корпуса дают возможность в широких пределах изменять характер воздействия на материал в

зависимости от его свойства и требуемых условий проведения процесса. Некоторые конструкции форм деформируемых камер представлены на рисунке 2.

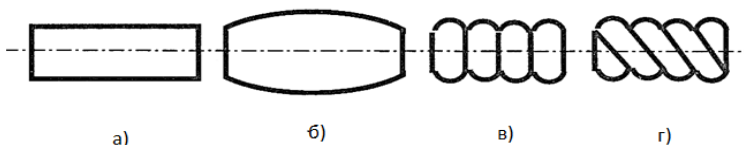


Рисунок 2 – Некоторые варианты форм деформируемых камер

Организованный таким образом механизм передачи энергии мелющей среде позволяет повысить энергонапряженность процесса и активизировать процесс тонкого помола целого ряда материалов, однако для переработки волокнистых продуктов, органического сырья и композитов, где требуется режущее действие, такая мельница не имеет значимых преимуществ перед другими измельчителями.

Новой конструкцией, использующей принцип реализации различных амплитудно–частотных характеристик является центробежный смесительный агрегат [6]. Эта центробежная мельница представляет собой разновидность вибрационных мельниц, применяемых для тонкого и сверхтонкого помола. Ее отличительной особенностью является принцип обеспечения разных видов движения мелющих тел в результате сложного плоскопараллельного перемещения помольных барабанов.

При прохождении через помольные камеры измельчаемый материал подвергается интенсивному воздействию виброударных, истирающих и раздавливающих нагрузок, что обеспечивает высокую производительность установки при низких энергозатратах. Здесь происходит сочетание в одной технологической машине стадий среднего, тонкого и сверхтонкого помола. Причем такое сочетание определяется не только формой и размерами мелющих тел, но и различными траекториями движения камер для обеспечения соответствующих режимов их работы: для среднего помола – интенсивная ударная нагрузка и частичное истирание; для тонкого помола – ударная нагрузка с увеличением степени истирания; для сверхтонкого помола – интенсивное истирание. Разработанный агрегат (см. рисунок 3) состоит из станины, верхней помольной камеры, средней помольной камеры и нижней помольной камеры, которые жестко крепятся к раме загрузочных и разгрузочных патрубков с

загрузочными и разгрузочными решетками, противовесов для балансировки рычажного механизма.

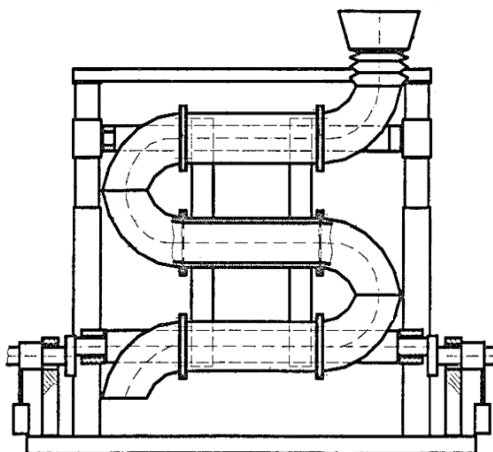


Рисунок 3 – Центробежный помольно – смесительный агрегат

В целом описанный агрегат характеризуется высокими технологическими показателями обработки ряда материалов, в нем успешно и эффективно совмещаются процессы помола и смешивания, однако для реализации режущих механизмов разрушения конструкция не приспособлена, что ограничивает области ее применения.

В проводимом анализе способов измельчения анизотропных материалов и технических средств для их реализации можно представить большое количество информации [7-12], но даже этого не хватит для полноценной оценки такой важной и, к сожалению, недостаточно развиваемой проблемы, как измельчение анизотропных материалов.

Важным фактором в пользу рационализации управляемого измельчения материала является условие возрастания энергонапряженности процесса пропорционально степени его дисперсности. В первую очередь это обусловлено увеличением прочности частиц по мере уменьшения их крупности, что требует изменения характера и интенсивности на каждой из стадий измельчения.

О потенциальных возможностях измельчительных агрегатов

достаточно достоверно можно судить по энергонапряженности их работы. Термин «энергонапряженность», введен Акуновым В.И. [13] и означает потребляемой мощности  $N$  привода мельницы, кВт, к полной ее массе  $G$ , т.е. кВт/т:

$$\mathcal{E} = \frac{N}{G} \quad (1)$$

Из-за количественной неопределенности вряд ли есть большая научная значимость проводить детальный анализ этого показателя. Это следует из-за некорректности значений энергонапряженности применительно к тем или иным конструкциям. Можно утверждать, что это приближенный метод оценки потенциальных возможностей измельчительных машин вне реальных закономерностей, протекающих в них процессов.

Одной из главных тенденций развития измельчительных машин является реализация больших плотностей энергии в рабочем пространстве, которые характеризуются мощностью, приходящейся на единицу рабочего объема [14]. Ясно, что это более конкретный показатель, но и он в полной мере не отражает физики процесса, так как степень заполнения рабочим оборудованием помольной камеры находится в широком диапазоне даже для однотипных аппаратов. Развивая дальше методы оценки измельчителей по критерию энергонапряженности можно предположить, что более достоверно этот процесс будет характеризовать показатель, определяемый как отношение подведенной, то есть потребляемой мощности  $N_{\text{потр}}$  к количеству измельчаемого материала  $G_{\text{матер}}$  в единицу времени для непрерывного процесса измельчения, кВт/кг.

$$E = \frac{N_{\text{потр}}}{G_{\text{матер}}} \quad (2)$$

О функциональных возможностях измельчителей можно судить по максимальным контактным напряжениям, возникающим в рабочих зонах между рабочими органами и материалом или между частицами материала при их самоизмельчении.

Измельчение следует в идеале характеризовать не тем значением энергонапряженности, которое достигнуто в реальных условиях, а максимально возможной величиной отношения затрачиваемой энергии на создание таких удельных напряжений, возникающих в частицах разрушаемого материала и при таком виде нагружения, который соответствует условиям его минимальной прочности

разрушаемого материала и энергетически наиболее выгоден и количеству материала, подвергаемого такому воздействию.

Из сформулированных положений можно заключить, что наилучшим, с точки зрения эффективности измельчения, будет такой аппарат, в котором разрушению подвергается минимальное количество материала с максимальной концентрацией внешней энергией в нем. Очевидно, что в значительной степени этому условию соответствуют конструкции измельчителей с развитой поверхностью рабочих органов. Исследованию этого класса оборудования будут посвящены последующие работы.

#### Список литературы:

1. Сиваченко Л.А. Технологические аппараты адаптивного действия / Л.А. Сиваченко [и др.], Минск, Изд. центр БГУ, 2008. 375с.
2. Севостьянов В.С. Технологические комплексы и оборудование для переработки утилизации техногенных материалов / В.С. Севостьянов, В.И. Уральский, М.В. Севостьянов, О.А. Носов, Белгород, Изд-во БГТУ, 2015. 321с.
3. Богородский А.В. Разработка конструкций и методов расчета интенсивных измельчителей дезинтеграторного типа. Иваново, Химия. 1982. 90 с.
4. Семикопенко И.А. Помольно-смесительный агрегат /И.А. Семикопенко, С.В. Вялых, Л.А. Жуков, Межвуз. сб. статей Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов, Белгород, БГТУ, 2012. С. 365–369.
5. Лозовая С.Ю. Схемы устройств для помола с деформируемыми рабочими камерами /С.Ю. Лозовая, Науч. теор. ж–л Вестник БГТУ, № 6, 2003, Часть 3, Белгород, С. 323–325.
6. Севостьянов В.С. Центробежный помольно–смесительный агрегат /В.С. Севостьянов, В.И. Уральский, Е.В. Сеница, Науч. теор. ж–л Вестник БГТУ № 11, 2005, Белгород, С. 215–217.
7. Горобец В.И. Новые направления работ по измельчению /В.И. Горобец, Л.Ж. Горобец. М., Недра, 1977. – 183 с.
8. Ревнивцев В.И. Перспективы применения источников высокой энергии для дезинтеграции твердых материалов /В.И. Ревнивцев, В.Ю. Вероман, Межведомственный сб. науч. тр. Дезинтеграция руд и твердых материалов, Л–д, 1988, С. 5–12.
9. Шинкоренко С.Ф. Технология измельчения руд черных металлов /С.Ф. Шинкоренко. М., Недра, 1982. 212 с.
10. Оспанов А.А. Основы эффективного измельчения и механики разрушения /А.А. Оспанов, Ш.К. Тлегенов, Алматы, 2000. 107 с.

11. Родин Р.А. О работе, расходуемой на дробление горных пород /Р.А. Родин, Известия вузов. Горный журнал, 1987, № 6. С. 84–89
12. Родин Р.А. О гипотезах дробления /Р.А. Родин //Известия вузов, Горный журнал, 1989. № 4. С. 71–78.
13. Акунов В.И. Современное состояние и тенденции совершенствования молотковых дробилок и мельниц /В.И. Акунов, Строительные и дорожные машины, 1995, № 1, С. 11–13.
14. Сиваченко Л.А. Основы оценки энергонапряженности помольных установок /Л.А. Сиваченко, Т.Л. Сиваченко, Межвуз. сб. статей Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов, Белгород, БГТУ, 2012. С. 399–401.