

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ. ХИМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

doi: 10.51639/2713-0576_2023_3_2_99

УДК 666.77:62-133.2

ГРНТИ 30.00.00+61.00.00

К вопросу о малотоннажных технологических комплексах для переработки анизотропных отходов

* Михайличенко С. А., Дороганов В. А., Михайличенко И. К.

БГТУ им. В. Г. Шухова, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова 46

email: * dist@intbel.ru

В новом технологическом укладе наступившего 2023 года приоритеты отдаются разумной экономии затрат на логистику, энергоресурсы. Уделяется внимание повторной переработке сырья, применению экологически чистых технологий повторного использования сырья, его переработки и утилизации. По актуализированным данным мониторинга за 2021–22 годы в России образуется более 70 млн. тонн твердых бытовых отходов (ТБО), из них 5...7 млн. тонн пластик, на втором месте идут кремнеземистые материалы и стекло – 5...6 млн. тонн в год, на третьем месте – отходы целлюлозно-бумажной промышленности 4...5 млн. тонн. Остальные составляющие общей суммы твёрдых отходов идут на переработку или захороняются на территориях полигонов ТБО. В свою очередь захоронение отходов на полигонах требует их предварительной сортировки, дезактивации и измельчения, но даже после всех принятых мер не перерабатываемые отходы пагубно влияют на окружающую среду. Для строительства полигонов используются полезные земельные площади, возникает опасность загрязнения подземных вод, неприятные запахи и т. д.

Ключевые слова: переработка отходов, измельчение, гомогенизация.

В каждом регионе на полигонах ТБО появляются заводы по отдельной переработке отходов, причем технологии захоронения или сжигания сырья могут использоваться лишь частично. Учитывая вышеуказанные факторы, всё более актуальными становятся малотоннажные технологии, способные быстро переналаживаться и адаптироваться к стоящим задачам. В течение последних нескольких лет учеными ведется работа над проектами мини-заводов производительностью от 1 до 3 тыс. т. в год.

Мини-заводы в отличие от больших комплексов имеют невысокую стоимость, не требуют больших производственных и складских помещений, существенных затрат на монтаж и демонтаж оборудования. Они отличаются высокой степенью мобильности. Замена кустарных производств на комплексные мини-заводы позволит существенно повысить качество выпускаемой продукции и расширить ее ассортимент.

Конструкторско – технологические разработки авторов базируются на комплексных аналитических исследованиях процессов измельчения и смешения материалов в разработанной модели мини помольно-смесительного комплекса (рис. 1). Помольно-смесительный агрегат защищён патентом на изобретение [1].

На первом этапе были проведены поисковые эксперименты, изучены и аналитически описаны процессы, протекающие в помольном блоке агрегата. Были рассмотрены виды механического воздействия, реализованные в агрегате: ударное разрушение частиц

материала билами, перемещение материальной загрузки винтовой лопастью, разрезание частиц в основной помольной зоне, истирание частиц.



Рис.1. Экспериментальная установка мини помольно-смесительного-комплекса

Главной задачей в данном научном направлении авторы ставят разработку конструкции многофункциональных помольно-смесительных агрегатов, которая позволит реализовать энерго-эффективное комбинированное воздействие на перерабатываемый материал (удар, срез, истирание, разрыв и т. д.). Рабочие органы машины должны иметь способность к самоочищению, высокую износостойкость и долговечность, а конструктивное исполнение – быть простым, надёжным и удобным в обслуживании и эксплуатации [2].

Данная установка пригодна для практической переработки большого спектра анизотропных материалов, как органического, так и минерального происхождения, с относительной твёрдостью по шкале Мооса до 4–5 единиц, в отдельных случаях при использовании высокопрочных и износостойких материалов режущих рабочих органов возможна переработка минеральных материалов с твёрдостью до 7 единиц по шкале Мооса.

Основываясь на описанной тенденции нашим авторским коллективом был разработан комплексный агрегат для измельчения и гомогенизации основных компонентов кремнеземистых шихт. Патент РФ № 2786113 [2].

Агрегат имеет горизонтальное исполнение и обеспечивает измельчение материалов средней и малой прочности ($\sigma_{сж} \leq 40$ МПа), таких как: глина, мел, известь, известковый камень, дефекат, гипс, известняк, некоторые виды кремнезёмов и др. Установка имеет возможность регулирования тонкости помола, а также может осуществлять пневмомеханическое перемешивание дисперсных материалов. В технологии производства высокочистого кварцевого концентрата агрегат выполнен в абразивно защищённом варианте и выполняет эффективный сухой домол материалов, их гомогенизацию с дисперсными добавками и пигментами [3].

Дальнейшая интенсификация рабочего процесса сдерживается технологическими возможностями системы второй (смесительной) камеры. Это связано с тем, что ротор, даже с режущими кромками, недостаточно эффективно осуществляет тонкий и особенно сверхтонкий помол материала, так как число рабочих элементов, создающих не только

ударно-режущие, но и разрывные воздействия на частицы измельчаемого продукта, сравнительно не велико, что также не позволяет за короткий промежуток времени нахождения материального потока в рабочих зонах получить однородные композиции, как по крупности образующих их частиц, так и по равномерности их распределения.

Конструкторско-технологические разработки авторов базируются на комплексных аналитических исследованиях процессов измельчения и смешения материалов в разработанном агрегате.

На первом этапе были изучены и аналитически описаны процессы, протекающие в помольном блоке агрегата. Были рассмотрены виды механического воздействия, реализованные в агрегате: ударное разрушение частиц материала билами, перемещение материальной загрузки винтовой лопастью, разрезание частиц в основной помольной зоне, истирание частиц в цилиндрической части и кольцевом зазоре РЦА.

Ударное разрушение частиц материала характеризуется выражением:

$$v_{\text{разр}} \leq \sigma \sqrt{\frac{g \cdot V}{E \cdot G (1 - \varepsilon^2)}}; \quad \frac{G}{g} \cdot \frac{v_{\text{разр}}^2}{2} (1 - \varepsilon^2) \geq \frac{\sigma^2 V}{2 E}; \quad (1)$$

где G – сила тяжести разрушаемой частицы, н; g – ускорение силы тяжести, м/с²; ε – коэффициент восстановления; $v_{\text{разр}}$ – скорость разрушения, м/с; V – объём тела, м³; E – модуль упругости материала, н/м²; σ – сопротивление частицы разрушению, Н/м².

Усилие, затрачиваемое на перемещение материала винтовой лопастью, определяется из условия:

$$F_{\text{ос}} \cdot \pi d_c = P \cdot S_1 + f (P_1 + F_{\text{ос}} \cdot \text{tg } \alpha) \cdot \pi d_c; \quad (2)$$

$$F_{\text{ос}} = \frac{P \cdot \text{tg } (\alpha + \kappa)}{1 - \text{tg } \kappa \cdot \text{tg } \alpha};$$

где κ – угол трения между винтовой поверхностью и материальной загрузкой, град; α – угол подъема винтовой линии лопасти по ее среднему диаметру, град; S_1 – величина действительного перемещения материальной загрузки за один оборот лопасти, м; P_1 – суммарное усилие, воздействующее на слой материала, н. d_c – средний диаметр шнековой лопасти, мм; P – полное усилие нагнетания, Н.

В зоне разрезания на частицу действуют следующие силы: $F_{\text{ц}}$ – центробежная сила; $P_{\text{разр}}$ – усилие разрезания; $F_{\text{тр}}$ – сила трения; $F_{\text{шн.лоп}}$ – усилие, перемещающее слой материала в канавке ротора. Действие этих сил определяется их результирующей ($F_{\text{рез}}$), взаимосвязь с которой описывается уравнением крутящего момента.

Уравнение момента данных сил имеет вид:

$$M_{\text{кр}} = \sqrt{R_{\text{рот}}^2 (P_{\text{шн.лоп}} \cos \alpha - F_{\text{тр}} \cos \alpha)^2 + R_{\text{рот}}^2 P_{\text{разр}}^2}; \quad (3)$$

Выявленные проблемные области являются основой для дальнейших исследований научного коллектива.

Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют, что у них нет конфликта интересов по материалам данной статьи с третьими лицами на момент подачи статьи в редакцию журнала, и им ничего не известно о возможных конфликтах интересов в настоящем со стороны третьих лиц.

Список литературы:

1. Патент РФ № 2204437. Роторно – центробежный измельчитель // Севостьянов В. С., Михайличенко С. А., Севостьянов М. В., Титаренко Ю. Д. и др. Оpubл. в Б.И. 2002. № 6.
2. Патент РФ № 2786113. Роторно – центробежный диспергатор // Шаталов В. А., Михайличенко С. А., Шаталов А. В., Севостьянов В. С., Алферов И. С. Приоритет

изобретения 13.10.2022г. Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений РФ 19.12.2022г.

3. Михайличенко И. К. Состояние и перспективы развития кварцевой отрасли в России. // XIV Международный молодёжный форум "Образование. Наука. Производство" Сборник докладов. Белгород: БГТУ им. В. Г. Шухова, 2022. – Ч. 20. Фундаментальные и прикладные исследования в области. 2022. -С. 107-110.

On the issue of low-tonnage technological complexes for the processing of anisotropic waste

* Mikhailichenko S. A., Doroganov V. A., Mikhailichenko I. K.

BSTU im. V. G. Shukhov, 308012, Belgorod, st. Kostyukova 46

In the new technological order of the coming 2023, priorities are given to reasonable cost savings for logistics and energy resources. Attention is paid to the recycling of raw materials, the use of environmentally friendly technologies for the reuse of raw materials, their processing and disposal. According to the updated monitoring data for 2021-22, more than 70 million tons of municipal solid waste (MSW) are generated in Russia, of which 5...7 million tons are plastic, silica materials and glass are in second place – 5...6 million tons in year, in third place - pulp and paper industry waste 4...5 million tons. The remaining components of the total amount of solid waste are recycled or buried in the territories of solid waste landfills. In turn, the disposal of waste at landfills requires their preliminary sorting, decontamination and grinding, but even after all the measures taken, non-recyclable waste adversely affects the environment. For the construction of landfills, useful land areas are used, there is a danger of groundwater pollution, unpleasant odors, etc.

Key words: waste processing, grinding, homogenization.