

Е. С. Сидор, Л. Л. Сотник, Шакаль Д. В.
Учреждение образования «Барановичский государственный университет»,
Барановичи, Республика Беларусь

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ ВИБРОВАЛКОВОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ

Введение. Постоянное возрастание объемов промышленного производства неминуемо ведет за собой рост потребления ресурсов и энергопотребления. При этом рост объемов переработки огромного количества материалов с различными физико-механическими свойствами наблюдаются, как на первых стадиях производства, так и на стадии их утилизации.

На процессы дробления и помола материалов, которые являются одними из основных операций, целого ряда технологий, на сегодня в мире затрачивается около 10 % всей производимой энергии, а в ряде предприятий 20—30 %. Поэтому снижение энергозатрат на измельчение материалов является весьма актуальным.

Природные материалы, составляющие основу сырьевой базы промышленности строительных материалов, образовались в недрах Земли или на ее поверхности за счет различных источников энергии. Одни произошли в результате эндогенных геологических процессов, связанных с силами, действующими внутри земли, другие в результате экзогенных процессов, обусловленных энергией солнца, воды, силой ветра, жизнедеятельностью организмов и других [1, 2].

Большинство технологических комплексов и оборудования, входящего в их состав используемых на отечественных предприятиях по переработке различных материалов, морально устарело, так как в ряде процессов не учитывается текстура перерабатываемых материалов. Поэтому одним из ключевых направлений, позволяющих снизить затраты электроэнергии, является модернизация имеющегося и создание нового оборудования для переработки материалов с учетом всего многообразия минералогического состава и физико-механических свойств.

Основная часть. Установление конструктивных, технологических и энергосиловых параметров измельчения обрабатываемых материалов базируется на теоретических и экспериментальных исследованиях, выраженных в аналитических зависимостях параметров технологического процесса измельчения от свойств обрабатываемого материала и конечного продукта.

Выбор технологии измельчения производится в соответствии с поставленными целями обработки, а именно — изменение свойств материала за счёт уменьшения размеров составляющих его частиц. При этом необходимо учесть ряд ключевых параметров: объёмы производства, удельную энергоёмкость процесса, специфику производства и другие условия.

Вибровалковый измельчитель обладает стабильностью и управляемостью силового воздействия на измельчаемый материал при низкой энергоёмкости, высокой производительности непрерывного процесса измельчения и требуемой степенью измельчения материала.

Проектирование вибровалкового измельчителя базируется на основе данных о свойствах исходного материала и конечного продукта, а также требуемой производительности. Свойства исходного материала и полученного продукта определяются исходя из справочной литературы, лабораторных исследований и требований заказчика.

Расчёт конструктивно-технологических параметров проводится исходя из теоретических и экспериментальных данных в следующем порядке:

- 1) задание на проектирование с указанием исходного материала и его свойств, свойство исходного и конечного продукта;
- 2) расчет конструктивных параметров вибровалкового измельчителя;
- 3) расчет технологических параметров вибровалкового измельчителя;
- 4) аналитическое исследование процесса на основании проведенных расчетов;
- 5) расчет энерго-силовых параметров процесса;
- 6) проведение прочностных расчётов;
- 7) оформление уточненного окончательного проекта вибровалкового измельчителя;
- 8) промышленные испытания и уточнение технических характеристик;
- 9) анализ результатов и внедрение в производственный процесс.

Проведенные всесторонние лабораторные исследования вибровалкового измельчителя новой конструкции при измельчении материалов с различной структурой и физико-механическими характеристиками (сильвинит, доломит, известняк, пенобетон и т. д.) позволили быстро перейти к промышленным испытаниям на производстве.

Первый промышленный образец вибровалкового измельчителя (КД ВВИА.613242.001) был изготовлен на предприятии УЧПП КБ «Промышленные технологии и комплексы». Эскизный проект данного измельчителя был выполнен совместно сотрудниками кафедры оборудования и автоматизации производства Барановичского государственного университета и сотрудниками УЧПП КБ «Промышленные технологии и комплексы» (рисунок 1).

Измельчитель предназначен для дезинтеграции различного минерального сырья и может быть использован на различных предприятиях.

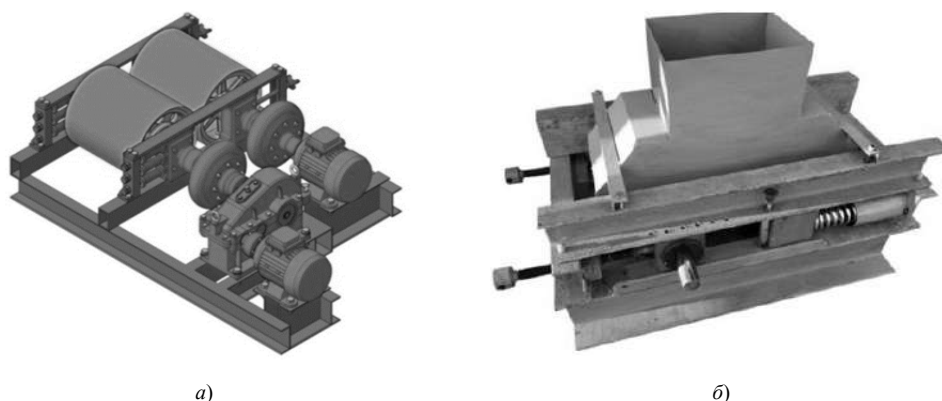


Рисунок 1 — Вибровалковый измельчитель: а — 3D модель, б — образец

Испытания вибровалкового измельчителя показали, что измельчаемый материал не образует застойных зон, по сравнению с пресс-валковыми мельницами, и быстро удаляется из межвалкового пространства за счет вибрационного эффекта. Измельчаемый материал имел однородный состав.

Опытно-промышленные испытания вибровалкового измельчителя-активатора в технологической линии производства клинкера. Второй измельчитель (КД ВВИА.613242.002) был изготовлен на основании имеющейся конструкторской документации (КД ВВИА.613242.001) предыдущего образца, а также на основании имеющихся практических рекомендаций. На предприятии «Х» при творческом сотрудничестве инженерно-технических работников предприятия, научных сотрудников Барановичского государственного университета и Белорусско-Российского университета разработан и изготовлен в промышленных условиях вибровалковый измельчитель-активатор [3—6].

Практические испытания проводились на предприятии «Х». Данное предприятие специализируется на выполнении строительных работ, производстве строительных материалов и строительной техники.

При производстве цемента и его компонентов (клинкера) необходимо выдержать дисперсный состав измельчаемого материала. Спроектированная конструкция вибровалкового измельчителя имела следующие характеристики (таблица 1).

Вибровалковый измельчитель был встроен в линию производства клинкера после его обжига и охлаждения (рисунок 2). После стадии обжига и охлаждения клинкер требуется дополнительный его домол. На предприятии «Х» для домола использовался вибровалковый измельчитель-активатор [5].

Вибровалковый измельчитель работал за счет вибрационного и раздавливающе-сдвигового воздействия, реализуемого в агрегате, позволило при помоле клинкера повысить производительность молотковой дробилки с 3,5 до 4,4 т / ч на 20,5 % и при этом снизить удельный расход электроэнергии с 12,4 до 8,6 кВт · ч / т — 30,6 %. Продолжительность работы бил увеличилась на 15 %.

Таблица 1 — Основные технические характеристики вибровалкового измельчителя

Основные характеристики	Значение параметра
Производительность, т / ч	2—4
Размеры валков: диаметр, м длина, м	0,3 0,3
Величина эксцентриситета, м	$(2...4) \times 10^{-3}$
Зазор между валками, м	$(2...6) \times 10^{-3}$
Частота колебаний, Гц	25
Окружная скорость, м/с	1
Мощность привода, кВт	$2 \times 5,5$

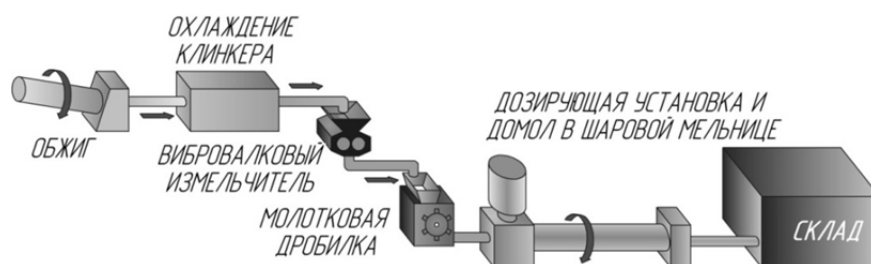


Рисунок 2 — Внедрение вибровалкового измельчителя в технологическую линию производства клинкера

Годовой экономический эффект, согласно акту промышленного испытания, составил 157309 руб (Р).

Это свидетельствует о целесообразности реализации вибрационного и раздавливающе-сдвигового воздействия при измельчении клинкера и других материалов цементного производства в вибровалковом измельчителе-активаторе.

Заключение. Разработанное оборудование прошло промышленные испытания на УЧПП КБ «Промышленные технологии и комплексы». Изготовлены промышленные образцы вибровалкового измельчителя (КД ВВИА.613242.002 и КД ВВИА.613242.003) с размерами валков $D \times B = 0,3 \times 0,3$ ($Q = 2 \dots 4$ т / ч) на предприятии для производства клинкера «Х».

Опытно-практическое использование вибровалкового измельчителя при помоле клинкера позволило повысить производительность молотковой дробилки на 20,5 % и снизило удельный расход электроэнергии на 30,6 %. Продолжительность работы бил увеличилась на 15 %. При переработке строительных отходов производительность увеличилась на 40 %, удельный расход электроэнергии снизился на 18 %.

Список используемых источников

1. Лесовик, В.С. Повышение эффективности производства строительных материалов с учётом генезиса горных пород / В. С. Лесовик. — М. : АСВ, 2006. — 525 с.
2. Белоусов, В.В. Основы геотектоники. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Недра, 1989. — 382 с.
3. Сотник, Л. Л. К вопросу создания вибровалкового измельчителя / Л. Л. Сотник, Л. А. Сиваченко // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности : материалы Междунар. науч.-практ. конф. Могилев, 27–28 окт. 2016 г. / Белорус.-Рос. ун-т. — Могилев, 2016.
4. Вибровалковый измельчитель-активатор : пат. РФ № 186478 : В02С 4/32 / В. С. Севостьянов, Л. А. Сиваченко, М. В. Севостьянов, Т. Л. Сиваченко, Л. Л. Сотник, П. Ю. Горягин. — № 2018130277 ; заявл. 20.08.2018 ; опубл. 22.01.2019.
5. Сотник, Л.Л. Интенсификация процесса дезинтеграции в вибровалковом измельчителе : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.13 / Л.Л. Сотник. — Минск, 2022.
6. Интенсификация технологических процессов в аппаратах адаптивного действия : коллектив, монография / Л. А. Сиваченко [и др.] ; под науч. ред. Л. А. Сиваченко ; М-во образования Респ. Беларусь, Баранович. гос. ун-т. — Барановичи : БарГУ, 2020.

УДК 621, УДК 531

Л. Л. Сотник, Е. С. Сидор, М. С. Потоцкий, К. В. Сорока

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА РАВНОВЕСИЯ СИСТЕМЫ СЛОЕВ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ 3D ПЕЧАТИ С УЧЕТОМ СИЛ ТРЕНИЯ

Введение. Аддитивные технологии (Additive Manufacturing) — технологии, предполагающие изготовление изделия по данным цифровой модели методом послойного добавления материала. Современные цифровые продукты позволяют разместить в одной среде все стадии производства продукта от идеи до изделия. Развитие CAD/CAM/CAE систем стимулировало развития технологий 3D-печати, но при этом немаловажной остаются задачи классической механики систем.

Несмотря на то, что аддитивные технологии охватывают новые сферы деятельности человека: дизайн, архитектура, археология при использовании 3D-принтера для реализации совершенно новых идей и проектов необходимо анализировать и учитывать его возможности и законы механики.

Основная часть. При печати различных конструкций с использованием нескольких экструдеров, различных по свойствам материалов, цветовой гаммы и т.д., возникает ряд вопросов относящихся к курсу «Теоретической механики».

Одной из наиболее часто встречающихся проблем 3D печати является смещение основной модели (рисунок 1).

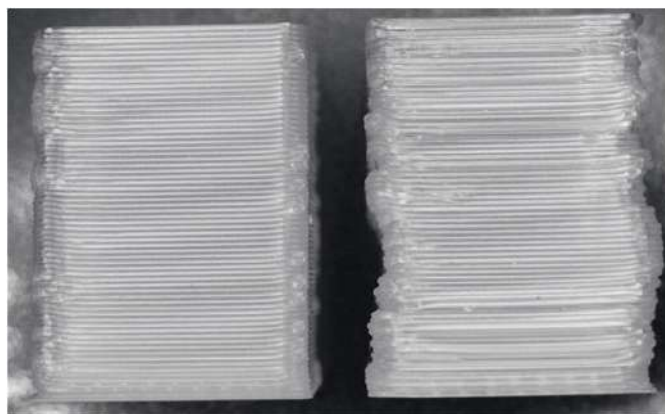


Рисунок 1 — Смещение слоев модели