

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВЯЖУЩИХ МАТЕРИАЛОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ ОПЫТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА МЕЛЬНИЦЫ УДАРНОГО ИМПУЛЬСА

Д. О. Байджанов, д.т.н., проф., С. Р. Сухимбаев, к.т.н.

Карагандинский государственный технический университет

В статье приводятся сведения о технологической линии с использованием мельницы ударного импульса, сконструированной группой ученых Карагандинского государственного технического университета. Мельница предназначена для тонкого и сверхтонкого измельчения сыпучих материалов и получения безклинкерного активного вяжущего (цемента) высоких марок, в котором реализуется энергонапряженный режим измельчения материала. По результатам экспериментальных испытаний мельницы, кубиков, анализов результатов помола представлены научно-исследовательские разработки в области производства эффективных строительных материалов, изделий и конструкций, рекомендуемые для внедрения на предприятиях стройиндустрии Республики Казахстан. По мнению компетентных специалистов, мельница для тонкого и сверхтонкого помола после доводки до промышленного образца найдет широкое использование в производстве безклинкерных активных вяжущих (цементов) высоких марок, активации лежалых цементов, химическом производстве, пищевой промышленности, производстве строительных материалов, производстве вяжущих низкой водопотребности и многих других областях.

Ключевые слова: технологическая линия, безклинкерные активные вяжущие, механоактивация, механохимия, мельница ударного импульса.



Мақалада Қарағанды мемлекеттік техникалық университетінің ғалымдар тобы құрастырған соққылық импульс диірменін пайдаланатын технологиялық желі жайында мәліметтер келтірілген.

Аталған диірмен сусымалы материалдарды майда және өте майда ұсақтауға және материалды ұнтақтаудың энергиякернеулі режимі іске асы-

рылатын клинкерсіз, белсенді тұтқыр (цемент) жоғары маркалы материалдар алуға арналған. Диірменді экспериментті сынақтау нәтижелері бойынша текшелер, ұнтақтау талдамаларының нәтижелері Қазақстан Республикасының құрылыс индустриясы кәсіпорындарына енгізілуге ұсынылған бұйымдар мен конструкциялар, тиімді құрылыс материалдары өндірісі саласындағы ғылыми-зерттеулер өзірлемелерінде келтірілген.

Құзырлы мамандардың пікірінше, майда және өте майда ұсақтауға арналған диірмен енеркәсіптік үлгіге жеткен соң, клинкерсіз белсенді тұтқыр (цемент) жоғары маркалы материалдар өндірісінде, жатып қалған цементтерді белсендіруде, химиялық өндірісте, тамақ енеркәсібінде, құрылыс материалдары өндірісінде, Су қажет етілуі темен Тұтқыр материалдар өндірісінде және басқа да салаларда кең қолданыс табады.

Түйінді сөздер: технологиялық желі, клинкерсіз белсенді тұтқыр материалдар, механикалық белсендіру, механикалық химия, соққылы импульсті диірмен.



The article presents information of examining the mill of striking impulse about technological line with the use of striking impulse mill, constructed by the group of scientists of the Karaganda State Technical University.

Given mill is for thin and exact fining of pouring materials and getting non-brick active cementing substances of high quality, in which power tension regime of fining material realized.

According to the results of experimental trials of the mill, cubes, analyses of results of fining, given (written) scientific-research works in the field of production of construction materials, products and designs recommended for introducing them on the construction sites of the Kazakhstan Republic. To the expert specialists' mind mill of thin and extra tresh after mastering it up to industrial example may find large usage in production of non-brick active sticky (cement) of high quality, in activation of unused cements in chemical production, in food production, in construction of materials production, in production of sticky low water need production and in many other fields.

Key words: technological line, non-brick active cementing substances, mechanoactivation, mechanochemistry, striking impulse mill.

В Карагандинском государственном техническом университете группой ученых сконструирована технологическая линия с использованием мельницы ударного импульса (МУИ), предназначенная для тонкого и сверхтонкого измельчения сыпучих материалов и получения безклинкерного активного вяжущего (цемента) высоких марок, в котором реализуется энергонапряженный режим измельчения материала.

МУИ (рис.1-3) содержит станину 1, камеру измельчения 2, образованную расположенными вертикально корпусом 3 и цилиндрическими роторами 4, оси 5 которых параллельны между собой, загрузочным устройством 7, имеющим два отвода 8, приводом 9 и цилиндрическими стержнями-билами 6, расположенными рядами на роторах по окружностям со смещением на полшага в вертикальном направлении. Причем роторы параллель-



Рис. 1. Мельница ударного импульса

ны между собой и осуществляют вращение в одном направлении, подвешены на верхней 10 и нижней 11 опорах качения.

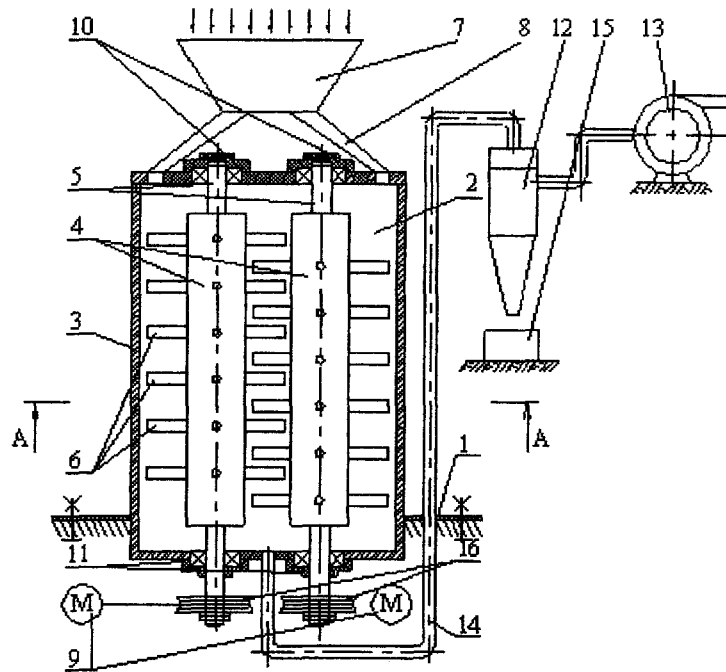


Рис. 2. Схема мельницы ударного импульса: 1- станина; 2 - камера измельчения; 3 - корпус; 4 - цилиндрический ротор; 5 - ось; 6 - стержень-бил; 7 - загрузочное устройство; 8 - отвод; 9 - привод; 10 - верхняя опора качения; 11 - нижняя опора качения; 12 - классифицирующий циклон; 13 - вентилятор-компрессор; 14 - трубопровод; 15 - тара

Измельчаемый материал, а также добавляемые присадки, если необходимо получить многокомпонентный состав на выходе, попадает в мельницу из бункера 7, который является промежуточным звеном в технологической цепи и выполняет роль накопителя-воронки и служит для разделения измельчаемого ма-

териала на два потока отводами 8. Потoki исходного материала должны соответственно попадать на вращающиеся била 6 каждого из роторов 4. При этом происходят многократные удары частиц с билами 6, а также их самоизмельчение в зонах А, В, С, создающие при этом вихревые потоки частиц внутри мельницы за счет придания частицам окружного ускорения. Благодаря созданному вихревому потоку происходит окончательное разрушение частиц и их поверхностная активация. Удаление измельченных частиц из мельницы происходит по трубопроводу 14 за счет разрежения воздушного потока, создаваемого вентилятором-компрессором 13 через классифицирующий циклон 12. Помол попадает в тару 15 и далее направляется по технологической цепочке. Благодаря тому, что измельчение производится билами 6 за счет высокой скорости удара в зоне А (активного взаимодействия частиц) и в зоне В, С (зоны термодинамического взаимодействия) и самоизмельчения материала, качество измельчения мало зависит от износа билов 6.

Практика показывает [1-3], что технико-экономические показатели оказываются неразрывно связанными с конструктивными решениями мельниц, эффективность которых может быть оценена ресурсом изнашивающихся деталей.

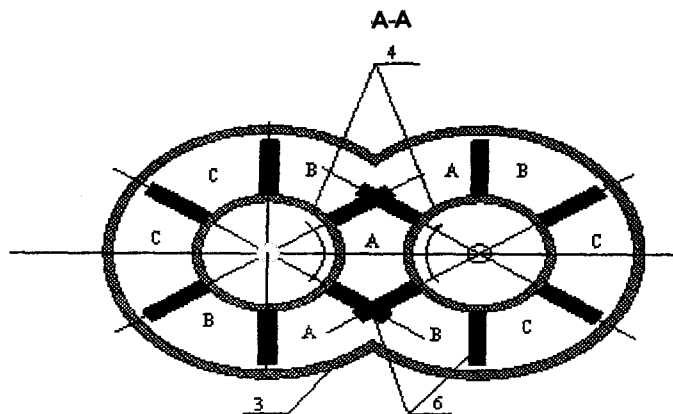


Рис. 3. Сечение корпуса мельницы

Надежность помольного агрегата обуславливают показатели его безотказности, долговечности (ресурс мелющих тел) и ремонтпригодности. Преимуществами МУИ являются компактность, малая металлоемкость, возможность получения тонкодисперсных порошков при относительно малых энергозатратах, высокая степень механохимической активации продуктов помола. Кроме того, практически полностью исключается загрязнение измельчаемого материала продуктами износа.

Технические характеристики МУИ

Производительность	– 3,6 т /ч
Мощность привода	– 60 кВт
Исходный материал	– до 10 мм
Тонкость помола	– до 10 ⁻⁶ мкм
Влажность материала	– до 10 %
Твердость материала	– до 8 ед. по шкале Мооса
Вес мельницы	– 1200 кг
Размеры:	2000x1500x2000 мм

Состав комплекса МУИ

Конвейер
Дробилка (молотковая, валковая)
Шнеки
Пневмотранспорт
Накопительный бункер
Дозаторы, микродозаторы
Смесители (вибро- и воздушные)
Упаковочный агрегат, циклоны
Вентилятор высокого давления
Комбинированный смеситель.

Данные об испытательном пространстве

Испытания проводились в закрытом помещении (бывшем цехе ТОО КМЗ им. Пархоменко) габаритами: 30x20x8 м.

В настоящее время проводится оценка технико-экономических показателей мельницы.

Испытания образцов кубиков показали:

- прочность на сжатие - 613-657 кгс/см²,
- на сопротивление изгибу - не менее 65-74 кгс/см².

При взвешивании конечной продукции производительность МУИ оказалось равной при влажности:

- 1 % - 3,44-3,55 т/ч;
- 10 % - 2,36-2,52 т/ч.

Мельница ударного импульса показала безотказную работоспособность, соответствие требованиям безопасности, эксплуатационную надежность и удобство в управлении.

Исследования физико-механических свойств тонкомолотых вяжущих веществ были произведены в специализированной лаборатории Института Карагандинский "Промстройпроект".

Рассмотрим эффективность и актуальность мельницы ударного импульса для получения тонкого и сверхтонкого помола на примере производства тонкомолотого цемента (ТМЦ). Тонкомолотый цемент требует не только современного высотного строительства, мостов и пр., но и производства легких бетонов (пенобетонов), а также специальных цементов (тампонажных, жаропрочных, радиационных, для самовыравнивающихся бетонов и т.п.). Рынок тонкомолотых, быстросхватывающихся и других специальных цементов очень быстро растет. Однако современные производства в Казахстане не создаются вследствие очень высокой стоимости заводов по доводке цемента до требуемой кондиции. Запад предлагает дорогостоящую технологию на основе струйных мельниц. Цемент не удается эффективно домолоть и активизировать на имеющемся на рынке типовом и известном всем оборудовании – шаровых и вибромельницах.

Устроенные по принципу раздавливания и истирания, они в результате помола не улучшают, а снижают прочность цементного камня, в отличие от обработки на струйных мельницах и роторно-вихревых мельницах, построенных на ударном разрушении. ТМЦ большинство потребителей воспринимает, как специальный цемент, а не как решение по снижению потребления основного вида цемента.

Высокоэффективное вкачивание энергии на роторно-вихревых мельницах разрушает образовавшиеся за время хранения цемента агломераты, измельчает крупную фракцию, содержащуюся в недомолотых цементах, механоактивизирует всю смесь, повышая марочность цемента. Также произведено исследование полученного помола на:

1) сканирующем электронном микроскопе VEGA\\LSU. Источник электронов на основе вольфрамового катода (катода с термоэлектронной эмиссией):

- ускоряющее напряжение 200 В - 30 кВ, ток зонда 1 пА - 2 мкА;
- разрешение 3 нм (при 30 кВ), увеличение до 1000 000 х;
- возможность работы при низком вакууме в камере (до 500 Па);
- детекторы вторичных электронов (SE), отраженных электронов (BSE).

2) системе микроанализа INCA Energy 350 с азотным энергодисперсионным спектрометром INCA PentaFETx3:

- детектор типа Si(Li);
- активная площадь кристалла детектора 30 мм²;
- спектральное разрешение на линии Mn K_α не хуже 133 эВ;
- охлаждение детектора жидким азотом;
- система управления разверткой микроскопа;
- дополнительный программный модуль для элементного картирования (в том числе количественного).

Микроскопы TESCAN оснащены дополнительным программным модулем «Морфология». В программе предусмотрено большое количество различных настроек и фильтров, которые позволяют в автоматическом или в полуавтоматическом режиме выделять интересующие объекты. После выделения объектов построены распределения по различным параметрам частиц (по размерам, площадям, периметрам и т. д., всего 40 наименований) и классифицированы частицы по заданным вручную условиям. В образце случайным образом выбран участок площадью 462,4 мкм². На рис. 2 приведены результаты «оконтуривания» частиц после помола.

Частицы окрашены в разные цвета в соответствии со своими площадями. Частицы, непосредственно прилегающие к границам изображения, не классифицируются, так как представлены на изображении не полностью.

Распределение частиц по площадям и длинам показано на рис. 4 и рис. 5.

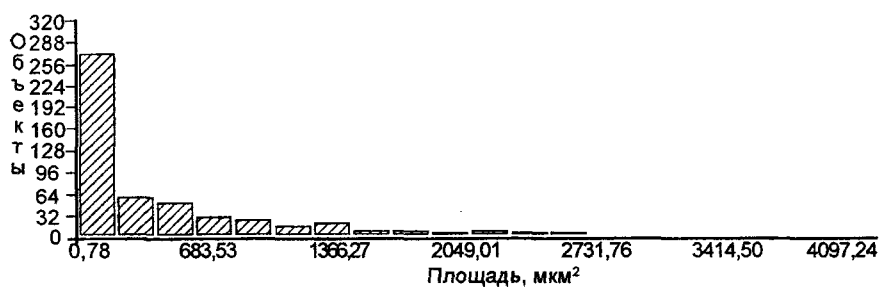


Рис. 4. Распределение частиц по площадям (вдоль оси OY отложено количество частиц данной площади)

Всего проанализировано 363 частицы, для каждой из которых были вычислены 3 параметра: длина, ширина и площадь. Сводка основных параметров приведена в таблице.

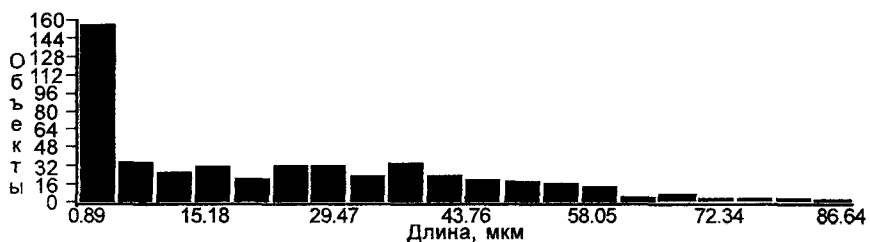


Рис. 5. Распределение частиц по длинам (вдоль оси OY отложено количество частиц данной длины)

Статистика распределения морфологических параметров

Параметр	Площадь, мкм ²	Длина, мкм	Ширина, мкм
Среднее	541,238	27,900	22,117
Стандартное отклонение	666,396	20,105	16,85
Минимум	1,567	1,770	0,885
Максимум	4097,242	86,690	76,511

Кроме простого помола (снижение исходной крупности) требуется еще в процесс помола вводить и высокоэффективно перемешивать различные добавки для снижения водопотребления, что мельнице ударного импульса также удается очень хорошо. Кроме снижения потребности в цементе при использовании ТМЦ, есть большой интерес к снижению цены цемента, как вяжущего. Такие технологии известны. Они состоят в замене в цементе клинкерной составляющей другими материалами, дающими такой же вяжущий эффект.

Общеизвестно, что сверхтонкий совместный помол клинкера и кварцевого песка (или цемента и кварцевого песка) позволяет снизить в 2-5 раз содержание клинкера в помоле и соответственно снизить себестоимость получаемого нового вяжущего с сохранением и даже увеличением его свойств по сравнению с чистым цементом. Единственная проблема до сих пор состояла в отсутствии оборудования для сверхтонкого помола песка ввиду чрезвычайно высокой абразивности последнего. С этой задачей успешно справляется мельница ударного импульса. Кроме песка в цементе для снижения стоимости последнего можно использовать тонкомолотые металлургические шлаки, а также золы теплостанций и т. п., с помощью которых можно снизить расход клинкера в 3-10 раз.

Все показатели качества помола оказались на уровне расчетных и по результатам лабораторных исследований (см. рис. 4, рис. 5) тонкость помола составила до 10^{-6} . По результатам экспериментальных испытаний мельницы, кубиков, анализов ре-

зультатов помола представлены научно-исследовательские разработки в области производства эффективных строительных материалов, изделий и конструкций, рекомендуемые для внедрения на предприятиях стройиндустрии Республики Казахстана.

Литература

1. Каминский Ю. Д. Анализ работы планетарных мельниц / Ин-т химии твердого тела и механохимии (ИХТТМ) СО РАН // Наука производству. - 2002. - № 2. - 60 с.
2. Батраков В. Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика: 2-е изд., перераб и доп. - М., 1998. - 768 с.
3. Инновац. пат. 010324 Республика Казахстан. Мельница ударного импульса / Байджанов Д.О., Сихимбаев С.Р. / Нац. ин-т интеллект. собственности (НИИС) ; оубл. 10.05.2011.