

## АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ПРОДУКТА СТРУЙНОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ АКУСТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Приведены результаты экспериментальных исследований качества продукта, получаемого при газоструйном измельчении. Выявлены основные зависимости акустического мониторинга дисперсности измельченного материала. Рассмотрены возможности контроля качества измельчения на основе акустического мониторинга.

Наведено результати експериментальних досліджень якості продукту газоструйного подрібнення. Виявлено основні залежності акустичного моніторингу дисперсності одержаного матеріалу. Розглянуто можливості контролю якості подрібнення на основі акустичного моніторингу.

The results of experimental studies of gas-jet grinding product properties are presented. The basic relations of the grinding material dispersion acoustic monitoring are revealed. Opportunities of grinding quality controlling are considered on the basis of acoustic monitoring.

**Введение.** Установки струйного измельчения используются для получения высокодисперсных порошков с удельной поверхностью более  $0,5 - 1,0 \text{ г/см}^2$  из твердых сыпучих материалов, что соответствует размерам частиц порядка единиц и долей микрометра. В связи с высокой энергоемкостью процесса столь тонкого диспергирования весьма актуальна проблема поиска оптимального режима измельчения и его поддержания в различных режимах загрузки струй измельчаемым материалом. Эффективность струйного измельчения определяется концентрацией твердой фазы в струе при прочих равных условиях [1]. Однако помимо повышения производительности, важным показателем эффективной работы газоструйного измельчителя является качество получаемого продукта. Для многих производственных процессов требуется материал однородного дисперсного состава, малейшее отклонение от заданного размера частиц ведет к нарушению технологического процесса и ухудшению качества получаемой продукции. Поэтому актуальной проблемой является контроль качества получаемого продукта газоструйного измельчения.

**Целью** данной работы является исследование и поиск путей контроля необходимого качества получаемого продукта при поддержании оптимального режима газоструйного измельчения.

Для изучения характеристик и эффективности процесса газоструйного измельчения применен метод акустической эмиссии (АЭ). Экспериментальные исследования проводились на лабораторной установке УСИ-20 производительностью  $5 - 20 \text{ кг/час}$  [2]

При измерении акустических сигналов как основы акустоэмиссионного мониторинга был разработан аппаратный комплекс. Он включает два больших блока: аппаратура для регистрации сигналов и комплекс аппаратуры и программ для анализа получаемой информации. Общий вид камеры с датчиком и элемент регистрирующего комплекса (волновод и датчик) представлены на рис. 1 (а, б).

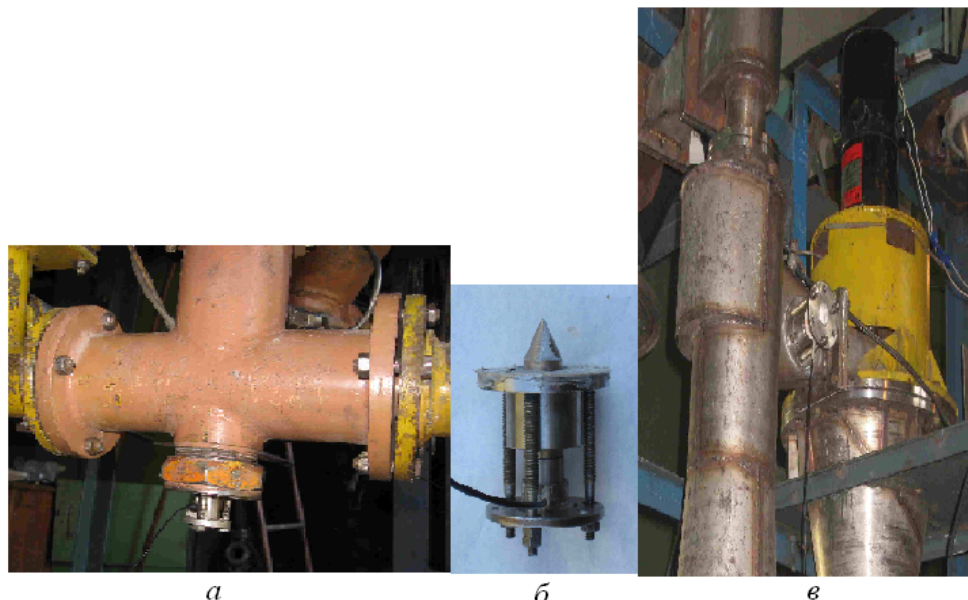


Рис.1

Для контроля качества помола было выбрано место установки второго датчика – на трубопроводе на пути движения готового измельченного продукта из классификатора в циклон (см. рис.1в).

Измерения акустических сигналов (АС) проводились на двух пьезокерамических широкополосных датчиках. Основные характеристики датчика указаны в таблице.

Таблица

Преобразователь АЭ	Диапазон частот	Коэффициент преобразования	Производитель
Приз – 7 П113	20 – 200 кГц	$3,0 \times 10^9$ В/м	НИИ неразрушающего контроля, р. Молдова, Кишинев

Таким образом, система записи и обработки АС включала: волноводы, соединенные с датчиками и установленные в помольной камере и в трубопроводе на выходе из классификатора; аналого-цифровой преобразователь (АЦП), соединенный с компьютером. В данных работах использовался 32-канальный АЦП Е14-440 с внутренней платой Л-Кард (L-Card). Частота регистрации менялась от 10 кГц до 400 кГц. Поскольку величина амплитудно-частотных характеристик сигналов, записываемых двумя датчиками, значительно отличалась, то в систему измерения подключался делитель напряжения, позволяющий использовать заданный коэффициент уменьшения величины амплитуды АС, фиксируемых в зоне измельчения. Разработанная аппаратная часть выполняла три функции: фиксирование сигналов акустической эмиссии, преобразование их в цифровую форму и передачу данных в компьютер. Дальнейшая первичная обработка и анализ информации проводились на основе программного обеспечения «Power Graph» (версии 3.3). Эта программа позволила управлять устройствами и процессом регистрации, накопления, хранения и визуализации данных,

редактирования, обработки и анализа сигналов. Общая схема аппаратной части измерения АС представлена на рис. 2.

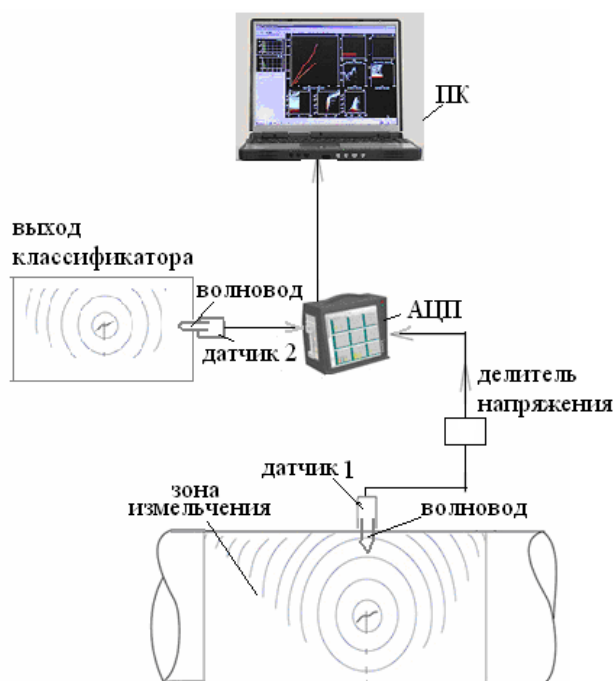
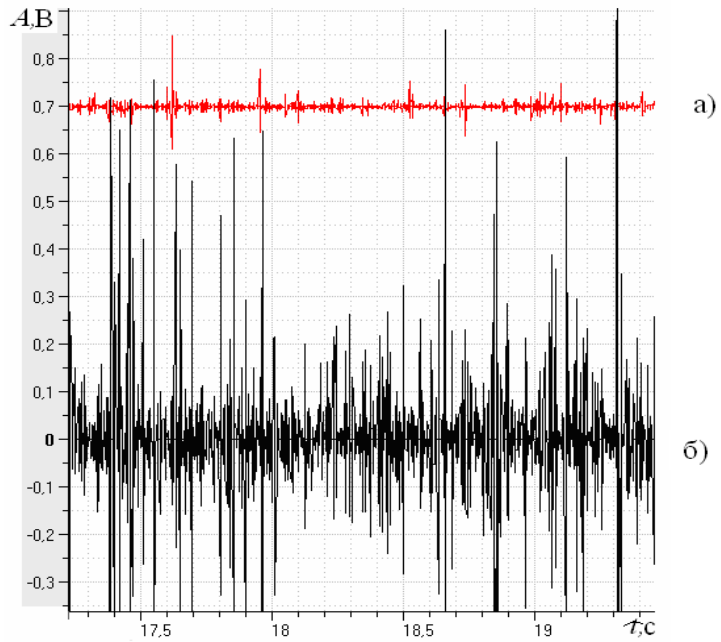


Рис. 2

На основе имеющихся аппаратных средств разработана методика регистрации и анализа акустических параметров, технологических и режимных характеристик процесса газоструйного измельчения. В число изучаемых технологических параметров внесено начальное давление сжатого воздуха (перед истечением из сопла), частота вращения ротора классификатора, степень загрузки струй материалом, характеризуемая четырьмя режимами: загрузкой струй материалом, рабочим режимом измельчения, разгрузкой зоны измельчения и перегрузкой струй материалом [3]. Как было показано ранее [4], наиболее информативными параметрами акустического мониторинга являются скорость счета (или активность АЭ)  $\dot{N}$ , суммарный счет импульсов  $N$  за выбранный промежуток времени, максимальная амплитуда АС и ее распределение по величине.

На рис. 3 показано различие амплитуд АС в зоне измельчения (б) и в потоке готового измельченного продукта (а), поступающего из классификатора. Это обусловлено разными происходящими процессами, различными скоростями потоков и разным дисперсным составом частиц в зонах регистрации АС.



а) – амплитуды АС на выходе из классификатора ( $A = 0,01 - 0,05$  В)  
 б) – амплитуды АС в зоне измельчения ( $A = 0,2 - 0,8$  В)

материал – шамот,  $n = 0$ , рабочий режим

Рис. 3

Качество процесса измельчения анализировалось по полученному продукту несколькими параметрами: оценка дисперсности измельченного продукта (т.е. гранулометрический состав) определялась в результате ситового анализа по содержанию фракций менее 100, 63, 50, 40 мкм ( $\beta_{-100} - \beta_{-40}$ ), удельная поверхность  $S_{уд}$  измерялась на приборе Товара ТЗ и MALVERN. На рис. 4 представлены в полулогарифмических координатах результаты измерения гранулометрического состава исходного дробленого материала (1) и продуктов измельчения шаровой (2), газоструйной (3) мельниц.

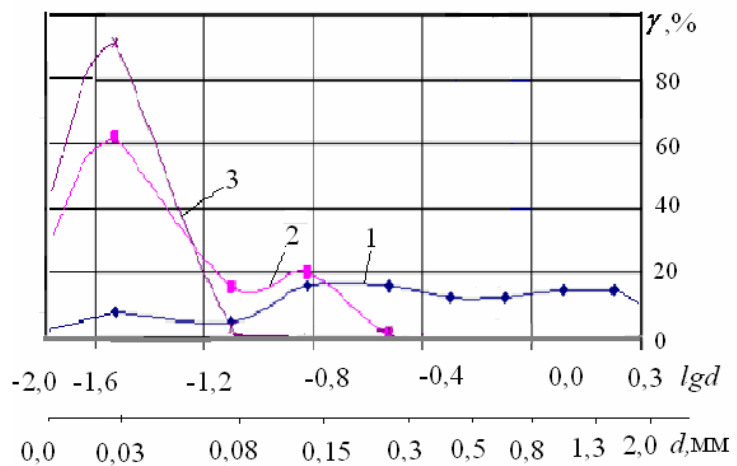


Рис.4



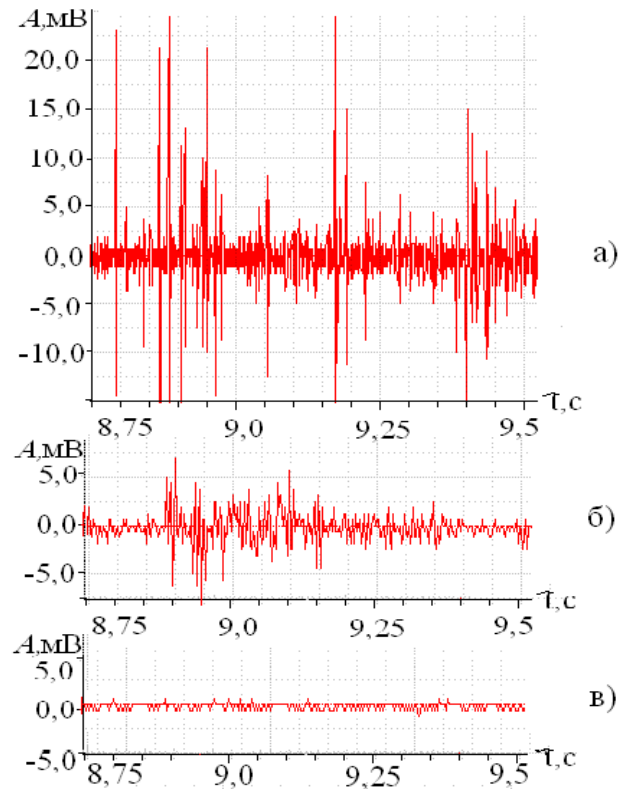


Рис. 6

**Выводы.** Управление дисперсностью продукта струйной мельницы при наблюдении оптимального режима измельчения возможно на основе зависимости  $\beta = f(n)$ , а наблюдение размеров  $d$  измельчаемых частиц – на основе акустического мониторинга амплитуд АС в режиме разгрузки струй с учетом зависимости  $d = f(A)$ .

1. О повышении эффективности процесса струйного измельчения с использованием акустического мониторинга / П. И. Пилов, Л. Ж. Горобец, В. Н. Бовенко, Н. С. Прядко, И. В. Верхоробина // Вестник НТУ «ХПИ». – Харьков. – 2009. – № 25. – С. 74 – 82.
2. Об износе разгонных трубок при газоструйном измельчении / Н. Д. Коваленко, Г. А. Стрельников, Н. С. Прядко, В. А. Грушко, Н. Ю. Пясецкий, Н. П. Сироткина // Техническая механика. – 2009. – № 4. – С. 94 – 110.
3. Интенсификация процесса струйного измельчения на основе анализа акустических параметров / Л. Ж. Горобец, Н. С. Прядко, И. А. Шуляк, Ю. Г. Соболевская // Вібрації в техніці та технологіях. – 2009. – № 2(54). – С. 15 – 19.
4. Мониторинг изменений технологических и режимных параметров в процессе струйного измельчения строительных материалов / П. И. Пилов, Л. Ж. Горобец, Н. С. Прядко, И. В. Верхоробина, Б. Ф. Бевзенко, В. П. Кравченко // Сб. материалов научно-технической конференции «Применение дисперсных и ультрадисперсных порошковых систем в промышленных технологиях, 8 – 10 июля 2008 г., Санкт-Петербург. – С. 112 – 127.
5. Акустические и технологические характеристики процесса измельчения в струйной мельнице / П. И. Пилов, Л. Ж. Горобец, В. Н. Бовенко, Н. С. Прядко // Известия вузов. Горный журнал. – 2009. – № 4. – С. 117 – 121.
6. Акустическое исследование измельчаемости гетерогенных материалов струйным способом / П. И. Пилов, Л. Ж. Горобец, В. Н. Бовенко, Н. С. Прядко // ЗКК. – Днепропетровск. – 2008. – № 34 (75). – С. 67 – 74.

Институт технической механики  
НАН Украины и НКА Украины,  
Днепропетровск

Получено 22.02.10,  
в окончательном варианте 15.03.10