

Н. С. ПРЯДКО (ИТМ НАНУ и НКАУ, Днепропетровск), Т. М. БУЛАНАЯ,
К. В. ШЕГЕДА (ДНУ им. О. Гончара, Днепропетровск)

ГРАФИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ АКУСТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРОЦЕССА СТРУЙНОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

Проведен анализ теоретических и экспериментальных закономерностей тонкого измельчения твердых сыпучих материалов. Установлена связь функции плотности амплитуд акустических сигналов процесса измельчения со степенью загруженности струй материалом.

Ключевые слова: струйное измельчение, акустические параметры, функция плотности, поверхность распределения

Согласно теории процессов разрушения и диспергирования полезная работа образования новой поверхности при разрушении обусловлена действием акустических волн, возникающих при разрывных автоколебаниях конденсированного вещества [1]. На этом основании разработана методика проведения мониторинга акустических сигналов процесса струйного измельчения сыпучих материалов [2]. Однако, процесс измельчения в противоточных струях мельницы является особым видом разрушения материала. Главное отличие – в способе воздействия на частицы. Околозвуковыми струями энергоносителя (газа) частицы захватываются и выносятся через эжектируемое устройство в помольную камеру навстречу друг другу [3]. При столкновении частицы накапливаются энергией от энергоносителя, подвергаются удару, и, наконец, диспергируют. При этом аппаратура фиксирует акустические сигналы. Диспергирование является завершающим актом разрушения. В его эффектах проявляются все детали механизма разрушения, включая образование и развитие трещин. Исследования показали высокую коррелируемость параметров акустических сигналов (АС) с эффектами измельчения: величиной удельной поверхности и массовой долей тонкодисперсных фракций в разрушенном продукте, технологическими параметрами процесса измельчения: давлением и температурой энергоносителя, числом оборотов классификатора, производительностью мельницы [4, 5].

Актуальной проблемой является выбор параметров и критериев акустического мониторинга тонкого измельчения для повышения эффективности этого процесса. Исследования показали, что эффективность и акустическая активность струйного измельчения изменяются в зависимости от степени заполнения струй материалом. Получены экспериментальные данные, характеризующие во времени производи-

тельность мельницы и параметры (амплитуда, частота, активность) акустического излучения зоны помола и зоны выхода готового продукта после классификатора при разных режимах работы мельницы (загрузка струй материалом, рабочий режим измельчения, разгрузка мельницы).

Цель данной работы – определение и исследование параметров и критериев акустического мониторинга, позволяющих определить степень загрузки мельницы материалом с целью повышения эффективности процесса измельчения.

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, характеризующаясь четырьмя режимами: загрузкой струй материалом, рабочим режимом измельчения, разгрузкой зоны измельчения и перегрузкой струй материалом [4]. Как было показано ранее [5], наиболее информативными параметрами акустического мониторинга являются амплитуда АС и ее распределение по величине, активность и частота АС. На рис. 1 показана кинетика амплитуд при разных стадиях измельчения, а, соответственно, при различной степени загрузки струй материалом.

При загрузке (см. рис. 1, б) и рабочем режиме (рис. 1, в) величина амплитуды в зоне измельчения отличается в два раза, тогда как амплитуда сигналов при разгрузке струй (рис. 1, г) или при почти (10 %) пустой камере (рис. 1, а) отличается от амплитуды сигналов в рабочем режиме на порядок. Таким образом, по

величине амплитуды АС можно судить о наполнении струй материалом.

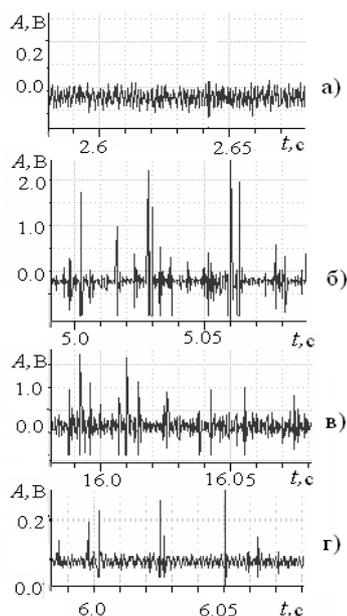


Рис. 1. Кинетика амплитуд при измерении АС в помольной камере

Проведенный анализ сигналов на выходе из классификатора показал аналогичную зависимость амплитуды сигналов от режима измельчения в помольной камере. В связи с тем, что за классификатором скорость энергоносителя гораздо ниже и поток выносит уже измельченный продукт, амплитуда АС значительно ниже. На рис. 2 показано различие амплитуд АС в зоне измельчения (а) и в потоке готового измельченного продукта (б), поступающего из классификатора. Это обусловлено разными происходящими процессами, различными скоростями потоков и разным дисперсным составом частиц в зонах регистрации АС.

Исследование АС в обеих зонах одновременно на различных стадиях измельчения показали зависимость акустических параметров от степени загрузки струй материалом. Под задачей визуализации пространственной модели амплитуд АС мельницы будем понимать следующее. По данным наблюдений вида $\{t_i, A_i^m, A_i^k; i = \overline{1, N}\}$, где N – количество записей сигналов в секунду ($i = \overline{1, N}$); двойка $\{t_i, A_i^m; i = \overline{1, N}\}$ – определяет амплитуду сигнала в мельнице; $\{t_i, A_i^k; i = \overline{1, N}\}$ – определяет амплитуду сигнала после классификатора мельницы, построить приближение функции $p(A^m, A^k)$, реализацией которой является наблюдаемый мас-

сив амплитуд. Ниже приведена методика решения сформулированной задачи с помощью:

1. Сбор и наполнение базы данных акустических измерений;
2. Регуляризация амплитудных составляющих сигналов;
3. Подавление шума в акустическом сигнале при помощи вейвлет-анализа (Вейвлет Добеши второго порядка);
4. Решение задачи восстановления плотности распределения вероятностей (функции Гаусса $p(A^m, A^k)$);
5. Анализ восстановленных функций Гаусса для различных режимов измельчения.
6. Поддержка принятия решения о состоянии загрузки мельницы.

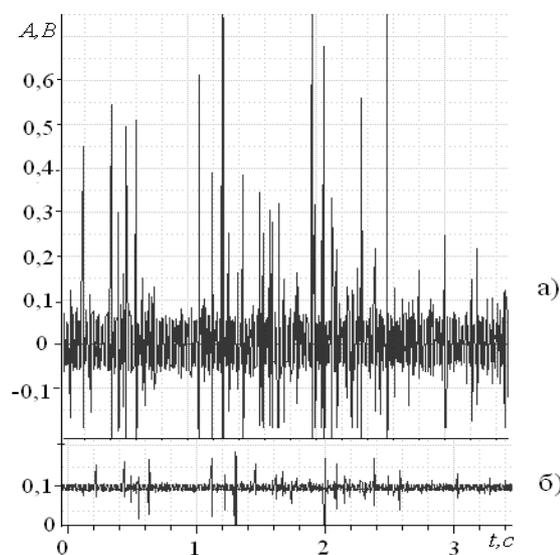


Рис. 2. Амплитуды АС: а – в зоне измельчения ($A = 0,2 \dots 0,8$ В); б – на выходе из классификатора ($A = 0,01 \dots 0,05$ В)

На рис. 3 и рис. 4 показано расположение функции плотности распределения вероятности для двух режимов загрузки мельницы.

Развитие компьютерных технологий, создание специализированных программ для графического представления данных MATLAB, дает возможность представления данных на новом, качественно более высоком уровне. Для восприятия данных в таком виде требуется меньше времени нежели при традиционном представлении их в цифровом и примитивно графическом ракурсе. Кроме того, такое представление данных открывает новое видение проблемы, ставит новые задачи. Приведенные примеры визуализации, в частности, позволяют выявить новый путь распознавания загрузки мельницы по АС.

Предлагаемое графическое дополнение к анализу данных АС в виде графиков поверхности распределения вероятности значений АС и его проекции на плоскость дает дополнительную информацию об особенностях поведения

АС, помогает в определении состояния загрузки мельницы. Наглядность графиков дает более целостное восприятие загруженности мельницы, разброса значений АС, превалирования тех или иных значений АС.

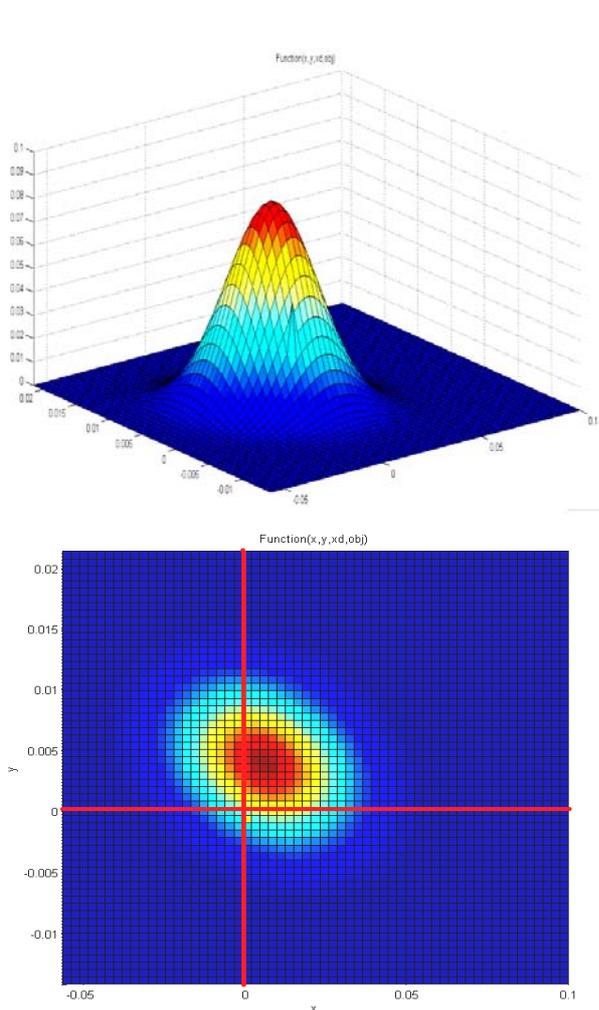


Рис. 3. Рабочий режим измельчения

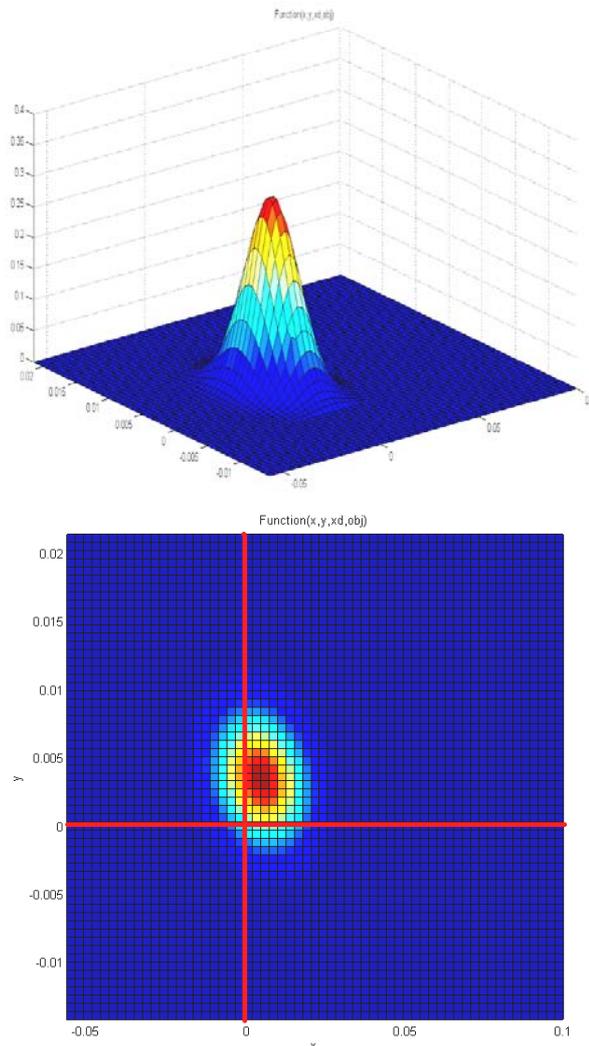


Рис. 4. Пустая мельница

Выводы

В ходе исследований определены параметры и критерии акустического мониторинга, позволяющие определять степень загрузки мельницы материалом, что дает возможность регулировать работу мельницы и повышать эффективность процесса измельчения. Исследованы поверхности и области расположения функции плотности распределения вероятностей амплитуд АС пустой мельницы, заполненной мельницы в рабочем режиме и мельницы в режиме разгрузки струй. Установлена связь этих величин для акустических сигналов рабочего режима процесса измельчения со степенью загрузки струй материалом.

Таким образом, сопоставление закономерностей кинетики технологических параметров процесса струйного измельчения и параметров акустического мониторинга позволяет создать алгоритм управления этим процессом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Выбор критической плотности энергии при тонком измельчении [Текст] / П. И. Пилов [и др.] // Обогащение руд. – 2007. – № 5. – С. 120–123.
2. О критериях акустического мониторинга струйного измельчения [Текст] / Л. Ж. Горобец [и др.] // Техническая механика. – 2009. – № 3. – С. 116–121.
3. Об износе разгонных трубок при газоструйном измельчении [Текст] / Н. С. Прядко [и др.] //

- Техническая механика. – 2009. – № 4. – С. 94–110.
4. Горобец, Л. Ж. Интенсификация процесса струйного измельчения на основе анализа акустических параметров [Текст] / Л. Ж. Горобец, Н. С. Прядко // Вібрації в техніці та технологіях. – 2009. – № 2 (54). – С. 15–19.
5. Пилов, П. И. Акустические и технологические характеристики процесса измельчения в струйной мельнице [Текст] / П. И. Пилов, Н. С. Прядко // Известия вузов. Горный журнал. – 2009. – № 4. – С. 117–121.
6. Анализ информативных акустических параметров при моделировании процесса струйного измельчения [Текст] / Н. С. Прядко [и др.] // Системные технологии: региональный межвуз. сб. науч. тр. – Д., 2011. – Вып. 2 (73). – С. 94–99.

Поступила в редколлегию 02.09.2011.
Принята к печати 14.09.2011.

Н. С. ПРЯДКО, Т. М. БУЛАНАЯ, К. В. ШЕГЕДА

ГРАФІЧНЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ДАНИХ АКУСТИЧНОГО МОНІТОРИНГУ ПРОЦЕСУ СТРУМЕНЕВОГО ПОДРІБНЕННЯ

Проведено аналіз теоретичних і експериментальних закономірностей тонкого здрібнювання твердих си-
пучих матеріалів. Встановлено зв'язок функції щільності амплітуд акустичних сигналів процесу подрібнен-
ня зі ступенем завантаження струменів матеріалом.

Ключові слова: струминне подрібнення, акустичні параметри, функція щільності, поверхня розподілу

N. S. PRYADKO, T. M. BULANAYA, K. V. SHEGEDA

GRAPHIC PRESENTATION OF INFORMATION OF ACOUSTIC MONITORING OF STREAM GRINDING PROCESS

The theoretical and experimental mechanisms of thin grinding the loose materials are analyzed. The relation of
the density function of acoustic signal amplitudes of grinding process to the degree of loading the jets by material is
established.

Keywords: jet grinding, acoustic parameters, density function, distribution surface