

УДК 622.73

Н.С. Прядко, Т.М. Буланая, Л.Ж. Горобец, Ю.Г. Соболевская,
Н.П. Сироткина

**ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ
ТОНКОДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ СТРУЙНЫМ
ИЗМЕЛЬЧЕНИЕМ**

Разработана информационная технология процесса газоструйного измельчения на основе акустического мониторинга. Используются базы экспериментальных данных записей акустических сигналов зоны измельчения. Технология позволяет совершенствовать акустический мониторинг и регулировать процесс измельчения.

Для подготовки полезных ископаемых к производству строительных материалов, изделий порошковой металлургии, взрывчатых веществ, твердых топлив и др. широко используют дробление и измельчение. Тонкоизмельченные продукты составляют основу для производства разнообразных видов продукции. При этом достигаются различные цели: увеличение удельной поверхности материала, повышение реакционной способности порошков, разделение полезных минералов и пустой породы. Цена реализуемых на рынках сбыта тонкодисперсных порошков (редкометалльные концентраты циркония, дистена, концентраты вольфрама, молибдена, марганца, железа и др. металлов, порошки синтетических алмазов, абразивные порошки карбида кремния и электрокорунда, технический мел, микротальк, диоксиды циркония и титана и др.) задается в первую очередь тониной помола (удельная поверхность, максимально допустимый и средний размер частиц, фракционный состав) и качеством порошка (отсутствие примесей, чистота, белизна, форма частиц, физико-химические свойства поверхности, реакционная способность вещества).

Для повышения гидравлической активности и дисперсности материалов используют их измельчение в различных мельницах: барабанных шаровых, стержневых, паро- и газоструйных. Однако исследованиями показано, что получение очень высокой дисперсности

© Прядко Н.С., Буланая Т.М., Горобец Л.Ж., Соболевская Ю.Г.,
Сироткина Н.П., 2010

в барабанных и шаровых мельницах практически невозможно из-за пластичных свойств материалов, снижения производительности мельницы и роста удельных энергозатрат на измельчение [1].

Газоструйный способ измельчения обеспечивает термодинамическую обработку частиц при использовании энергии сжатого рабочего газа (воздуха, продуктов сгорания газообразного топлива) с температурой до 600°C. Термоциклическое высокоскоростное воздействие струй энергоносителя (термоудары) на измельчаемые частицы способствует разупрочнению и разуплотнению (за счет смены деформаций сжатия и растяжения) гетерогенного вещества по межзерненным границам с преимущественным сохранением целостности полезных минералов. Таким образом, достигается эффективное раскрытие ценных минералов без их избыточного переизмельчения, и этот фактор обуславливает повышение качества обогащенного концентрата. В этой технологии измельчение также успешно совмещают с термической обработкой (сушкой, прокалкой, удалением реагентов с поверхности), классификацией по крупности, гравитационным обогащением газовзвеси. [2].

В связи с высокой энергоемкостью процесса струйного измельчения в области получения высокодисперсных порошков (более 0,6 -1 м²/г) актуальной проблемой является поиск и поддержание оптимального режима измельчения в различных режимах загрузки струй измельчаемым материалом [3]. Для этого используется акустический мониторинг процесса измельчения [4]. В ходе исследований определены наиболее информативные акустические характеристики, установлена их взаимосвязь с технологическими параметрами измельчения, накоплен большой объем экспериментальных данных струйного измельчения материалов различных свойств [5-7].

Целью данной работы является создание информационной технологии процесса газоструйного измельчения сыпучих материалов на основе акустического мониторинга.

Экспериментальные исследования проводились на противоточной газоструйной измельчительной установке лабораторного типоразмера производительностью 2 – 30 кг/ч, энергоноситель – сжатый воздух среднего давления.

Производительность мельницы рассчитывалась на основе взвешивания готового продукта, осажденного в циклоне после классификатора. На рис. 1 приведена общая схема измельчительного комплекса с указанием места установки датчиков, регистрирующих акустические сигналы в процессе измельчения, и аппаратура для проведения акустического мониторинга. Более подробно устройство экспериментальной установки описано в [8].

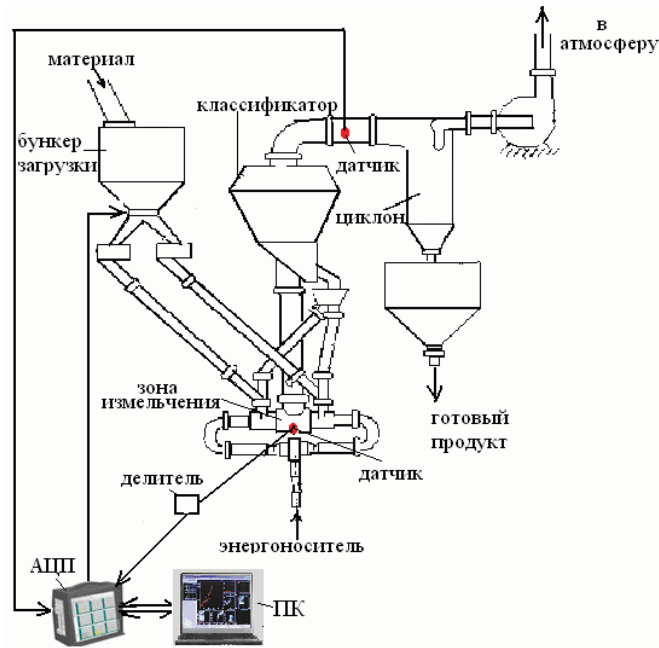


Рисунок 1

При установленных режимных параметрах струйного измельчения производительность мельницы зависит от наполнения струй материалом. В процессе измельчения выделяется три стадии работы мельницы – загрузка струй материалом, рабочий режим и разгрузка струй [9]. Экспериментальные исследования позволили установить, что величина амплитуды АС изменяется в зависимости от технологической стадии измельчения и крупности частиц, содержащихся в струе [10]. На рис.2 показана кинетика амплитуд акустических сигналов на различных стадиях измельчения (а) – загрузка, б) – рабочий режим, в) – разгрузка)

Проведенные исследования показали, что основными акустическими характеристиками при мониторинге струйного измельчения является кинетика счета и амплитуды АС [9], а технологическими характеристиками – кинетика производительности при заданной дисперсности продукта, параметрах энергоносителя и

режима классификации. В ходе измельчения различных материалов записывались акустические сигналы с датчиков, установленных в зоне помола и после классификации, создавалась база данных.

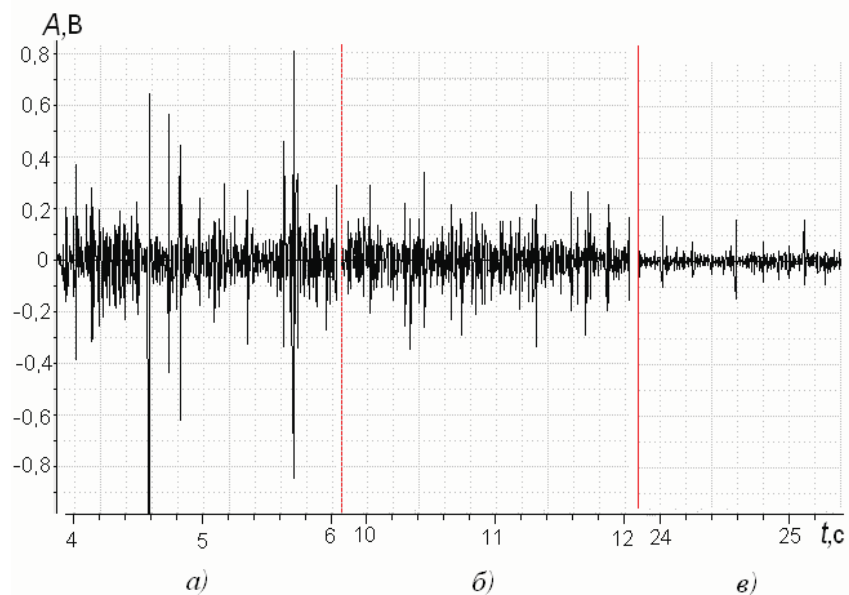


Рисунок 2

Установленные закономерности и полученные экспериментальные данные позволили разработать информационную технологию процесса струйного измельчения (ИТСИ) на основе мониторинга указанных акустических параметров. Для создания ИТСИ использовался комплексный подход, включающий несколько этапов: формирование баз данных и баз знаний, планирование и подготовка акустического мониторинга, интеллектуальный анализ результатов, выбор стратегии измельчения. Общая схема этих этапов показана на рис.3.

Основу ИТСИ образуют разработанные базы данных, в которых хранится информация о результатах измельчения на экспериментальной установке, разделенная на трех группы:

- закодированные названия всех материалов, подвергающихся измельчению, с указанием источника и региона получения или добычи его;
- технологические параметры процесса измельчения, включающие давление и температуру энергоносителя, показатели режима классификации (число оборотов ротора классификатора);
- записи акустических сигналов зафиксированных датчиками в зоне помола и области после классификации.

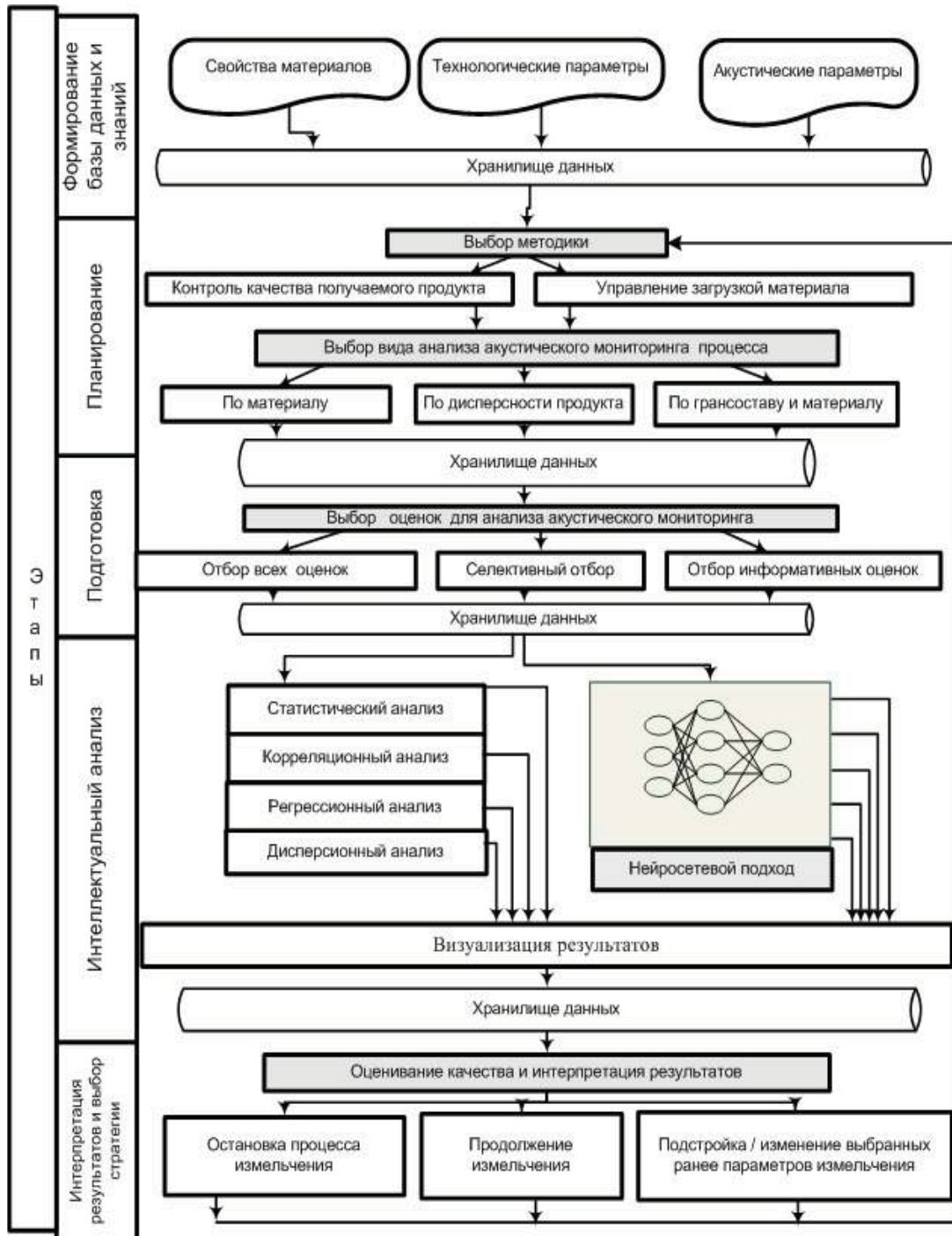


Рисунок 3

Сведения, наполняющие базы данных, сохранялись в необходимом формате и были взаимосвязаны. На основании баз данных создаются базы знаний, хранящие образцы сигналов определенных стадий процесса измельчения различных материалов при соответствующих режимных параметрах.

При обращении к ИТСИ по заданному материалу выбираются необходимые параметры из баз данных и баз знаний, затем в соответствии с техническим заданием или требованиями к получаемому продукту измельчения определяется режим мониторинга, его оценки (параметры). Таким образом, после стадии планирования и подготовки мониторинга выбирается вид дальнейшего интеллектуального анализа.

Нейросетевой анализ показателей и оценок в ИТСИ для мониторинга процесса измельчения и оценки качества измельчения включает следующие этапы:

- предпроцессинг данных;
- кодирование входов-выходов нейросети;
- нормировка данных;
- подбор структуры нейронной сети;
- обучение нейронных сетей с различной архитектурой (результат обучения зависит, как от размеров сети, так и от её начальной конфигурации);
- отбор сетей, которые дадут наименьшую ошибку предсказания на тестовых данных;
- оценка адекватности нейросетевой модели.

Нейросетевой анализ ИТСИ позволяет строить нейронные сети вида: многослойный перцептрон, логистическая регрессия, вероятностная нейронная сеть, каскадная корреляция и сеть теории адаптивного резонанса. [12]. ИТСИ позволяет проводить оптимизацию параметров сети на основе генетического алгоритма и оценивать адекватность модели при помощи Receiver Operator Characteristic – анализа.

На последнем этапе ИТСИ осуществляется анализ результатов, на основе которого выдаются рекомендации по дальнейшему ходу процесса измельчения – продолжать измельчение, добавлять материал в струи, корректировать параметры измельчения или полностью прекращать процесс.

Вывод. Разрабатываемая ИТСИ сочетает в себе большой объем экспериментальных данных измельчения различных материалов, преимущества акустического мониторинга процесса, позитивные качества интеллектуального анализа результатов исследования, а также позволяет совершенствовать методику акустического

мониторинга и принимать решения по повышению эффективности и качества струйного измельчения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Струйная технология измельчения металлургических шлаков / Пилов П. И., Бовенко В. Н., Горобец Л. Ж., Прядко Н. С., Стрельников Г. А. // Материалы международного научно-практического семинара памяти Олевского В. А. –Ставрополь. – 2007. – С. 1 – 3.
2. Влияние измельчения минерального сырья в нагретых струях на показатели его обогащения / П. И. Пилов, Л. Ж. Горобец, Н. С. Прядко, В. В. Гаевой, И. А. Шуляк, Б. Ф. Бевзенко // Сб. материалов VI конгресса обогатителей стран СНГ (28 – 30 марта 2007). – Москва. – 2007. – С. 182 – 184.
3. О критериях акустического мониторинга струйного измельчения / Л. Ж. Горобец, Н. С. Прядко, И. А. Шуляк, Б. Ф. Бевзенко // Техническая механика. – 2009. – № 3. – С. 116 – 121.
4. Акустическое исследование измельчаемости материалов / П. И. Пилов, В. Н. Бовенко, Л. Ж. Горобец, Н. С. Прядко // Збагачення корисних копалин. – НГУ. – Дн-ск, 2008. – № 34 (75). – С. 67 – 74.
5. An acoustic monitoring of the sizes changes of grinded particles / P. Pilov, L. Gorobets, V. Bovenko, N. Pryadko // Науковий вісник НГУ. – 2008. – № 6. – С. 23 – 26.
6. Peter Pilov Research of acoustic monitoring regularities in a jet grinding process / Peter Pilov, Larisa Gorobets, Natalya Pryadko // Ach.Min.Sci., Vol.54 (2009), No 4, p. 841 – 848.
7. Акустические и технологические характеристики процесса измельчения в струйной мельнице // П. И. Пилов, В. Н. Бовенко, Л. Ж. Горобец, Н. С. Прядко // Известия вузов. Горный журнал. – 2009. – № 4. – С. 117 – 121.
8. Об износе разгонных трубок при газоструйном измельчении / Н. С. Прядко, Н. Д. Коваленко, Г. А. Стрельников, В. А. Грушко, Н. Ю. Пясецкий, Н. П. Сироткина // Техническая механика. – 2009. – № 4. – С. 94 – 110.
9. 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.
10. 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. – Вып. 25. – С. 74 – 82.
11. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 344 с.