УДК 622.73

Н. С. ПРЯДКО, Г. А. СТРЕЛЬНИКОВ, Е. В. ТЕРНОВАЯ, А. М. ШЕВЕЛЕВА, Л. В. МУЗЫКА

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК НА ОСНОВЕ АКУСТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Институт технической механики
Национальной академии наук Украины и Государственного космического агентства Украины,
ул. Лешко-Попеля, 15, 49005, Днепр, Украина; e-mail: np-2006@ukr.net

Высокая энергоемкость процесса измельчения сыпучих материалов объясняет актуальность задачи повышения эффективности процессов в установках струйного измельчения. Цель работы заключается в анализе результатов исследований по разработке новых подходов к оптимизации процесса сухого тонкого измельчения и контроля качества его продуктов.

Установлены закономерности и механизм формирования гранулометрического состава продуктов измельчения для достижения необходимой дисперсности при минимальном энергопотреблении. Выявлен критический уровень энергоемкости тонкого измельчения. Разработан научный подход к снижению удельных энергозатрат в замкнутых циклах тонкого измельчения, базирующийся на балансовой и имитационной моделях.

Создан метод исследования струйного измельчения на основе акустического мониторинга рабочих зон мельницы. Установлены связи технологических и акустических параметров, определены закономерности акустического излучения струйной установки. Обосновано применение акустического контроля дисперсности сыпучих материалов различных свойств. Разработаны экспериментальные установки для анализа гранулометрического состава материалов в потоке. Установлена зависимость дисперсии характерных частот от массы частиц и размера фракции в смеси, которая позволяет бесконтактно определять и прогнозировать гранулометрический состав материала в газовом потоке. Разработана методика контроля качества измельченного продукта, апробированная в промышленных условиях.

Разработаны несколько направлений оптимизации процесса струйного измельчения, метод оценки и прогнозирования энергозатрат. Система визуализации и идентификации режимов струйного измельчения, разработанная на основе информационных технологий и результатов акустического мониторинга, позволяет при минимальном количестве начальных экспериментальных данных выполнить выбор оптимальных параметров процесса струйного измельчения. Необходимо продолжить разработку автоматизированной системы управления струйным измельчением на основе анализа акустических сигналов процесса.

Ключевые слова: *акустический мониторинг, гранулометрический состав, контроль качества, струйное измельчение.*

1. *Прядко Н. С.* Развитие теории тонкого измельчения полезных ископаемых: автореферат дисс. д-ра техн. наук: 05.15.08. НГУ. Днепропетровск. 2015. 36 с.
2. *Pryadko N.* Application of information technology for decrease of fine grinding power consumption. Power Engineering and Information Technologies in Technical Objects Control, Annual publication. Leiden, The Netherland: CRC Press/Balkema. 2016. P. 67–73.
3. *Pivnyak G. G., Pilov P. I., Pryadko N. S.* Decrease of Power Consumption in Fine Grinding of Minerals. Mine Planning and Equipment Selection C Drebenstedt and R. Singhal (eds). Springer International Publishing Switserland. 2014. P. 1069–1079. DOI: 10.1007/978-3-319-02678-7_104.
4. *Пилов П. И., Прядко Н. С.* Моделирование замкнутых циклов измельчения руд на основе баланса контрольного класса крупности. Металлургическая и горнорудная промышленность. 2013. № 6. С. 75–80.
5. *Пилов П. И., Прядко Н. С., Терновая Е. В.* О кинетике измельчения отдельных фракций в смеси. Збагачення корисних копалин. 2014. №57 (98). С. 101–106.
6. *Саксонов Г. М., Прядко Н. С., Терновая Е. В.* Имитационная модель замкнутого цикла измельчения минерального сырья. Системные технологии: региональный межвузовский сборник научных трудов. 2014. № 3 (92). С. 19–25.
7. *Саксонов Г. М., Прядко Н. С., Терновая Е. В.* Имитационная модель кинетики тонкого измельчения материалов. Вестник НТУ «ХПИ». 2014. № 53 (1095). С. 89–97.
8. *Прядко Н. С.* Акустические исследования струйного измельчения. LAP LAMBERT Academic Publishing.OmniScriptum GmbH&Co.Kg. Saarbrucken Germany. 2013. 172 p.
9. *Горобец Л. Ж., Прядко Н. С., Бовенко В. Н.* Акустический метод исследования процесса измельчения. Обогащение руд. 2013. № 3. С. 18–24.
10. *Прядко Н. С.* Информационные технологии для оптимизации тонкого измельчения материалов. Системные технологии моделирования сложных систем. 2016. С. 427–462.
11. *Pryadko N.* Optimization of fine grinding on the acoustic monitoring basis. Energy Efficiency Improvement of Geotechnical Systems. Taylor & Francis Group, London. 2015. P. 99–108.
12. Спосіб визначення гранулометричного складу сипучого матеріалу в потоці в процесі подрібнення. Патент на винахід № 114442 Україна, МПК B 02 C 25/00, B 02 C 19/06, G 01 N 29/00 / *Пілов П. І., Горобець Л. Ж., Прядко Н. С., Тернова К. В.*; заявник і патентоволодар Інститут технічної механіки НАНУ і ДКАУ. № a 2015 07099, заявл. 16.07.201. опубл. 12.06.2017. Бюл. № 11. 6 с.

13. *Терновая Е. В.* Анализ частот сигналов при транспортировании и измельчении сыпучих материалов в потоке. Збагачення корисних копалин. 2016. № 63 (104). С. 59–65.
14. *Прядко Н. С., Терновая Е. В.* Установление возможности оценки фракционного состава сыпучих материалов по частотным характеристикам. Збагачення корисних копалин. 2017. № 67 (108). С. 161–168.
15. *Прядко Н. С., Терновая Е. В.* Экспериментальные исследования характеристик акустических сигналов при транспортировании материалов в установках «Гранулометр». Збагачення корисних копалин. 2016. № 64 (105). С. 111–118.
16. *Терновая Е. В.* Разработка модели установки для определения дисперсности материала в потоке энергоносителя на основе регрессионного анализа. Техническая механика. 2017. № 1. С. 100–106.
17. *Прядко Н. С., Терновая Е. В.* Прогноз гранулометрического состава продуктов измельчения при обогащении магнетитовых кварцитов на основе акустического мониторинга. Збагачення корисних копалин. 2017. № 68 (109). С. 32–36.
18. *Прядко Н. С., Терновая Е. В.* Интегро-дифференциальное уравнение кинетики тонкого измельчения. Техническая механика. 2016. № 4. С. 104–112.
19. *Сухомлин Р. О., Михальов О. І., Прядко Н. С., Тернова К. В.* Дослідження можливості використання декомпозиції SSA для оцінювання гранулометричного складу матеріалу. ВІСНИК ХНТУ. 2017. Т. 1, №3 (62). С. 228–232.
20. *Прядко Н. С., Коваленко Н. Д., Стрельников Г. А.* Развитие теории и технологии тонкого измельчения. Техническая механика. 2015. №4. С. 72–84.
21. *Mikhalyov A., Pryadko N., Suhomlin R., Kotyra A*. Application of wavelet transform in analysis of jet grinding process. Elektronika. 2013. №8. P. 20–22.
22. *Прядко Н. С.* Моделирование процесса струйного измельчения на основе акустического мониторинга. Техническая механика. 2012. №3. С.179–184.
23. *Pryadko N. S.* Improving of the jet grinding efficiency based on acoustic monitoring. Міжнародна конференція «Інноваційні науці та освіті. Європейський досвіт»: Матеріали у 2-х томах. Том 1. 2017. С. 302–307.
24. *Bevzenko B., Pilov P., Gorobets L., Pryadko N.* Acoustic monitoring for optimization of grinding equipment. MPES-15, Smart Innovation in Mining.SAIMM. P. 1155–1160.
25. *Горобец Л. Ж., Прядко Н. С.* Акустические параметры оптимизации процесса струйного измельчения. Зб. наукових праць ПолНТУ. 2012. Вип. 2 (32). С. 128–136.
26. *Горобец Л. Ж., Прядко Н. С., Краснопер В. П., Бакум П. А.* Акустический метод оценки энергозатрат на струйное измельчение. Збагачення корисних копалин. 2014. №56 (97). С. 94–102.
27. *Музыка Л. В., Прядко Н. С.* Методика автоматического управления струйным измельчением на основе моделей объекта и системы управления. Системные технологии. 2017. № 2 (109). С. 51–58.

Получено 12.07.2018,
в окончательном варианте 27.09.2018