

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОДРІБНЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК НА ОСНОВІ АКУСТИЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Інститут технічної механіки

Національної академії наук України і Державного космічного агентства України,
вул. Лешко-Попеля, 15, 49005, Дніпро, Україна; e-mail: np-2006@ukr.net

Висока енергоємність процесу подрібнення сипучих матеріалів пояснює актуальність завдання підвищення ефективності газодинамічних процесів в установках струминного подрібнення. Мета роботи полягає в аналізі результатів досліджень з розробки нових підходів до оптимізації процесу сухого тонкого подрібнення і контролю якості його продуктів.

Встановлено закономірності і механізм формування гранулометричного складу продуктів подрібнення для досягнення необхідної дисперсності при мінімальному енергоспоживанні. Виявлено критичний рівень енергоємності тонкого подрібнення. Розроблено науковий підхід до зниження питомих енерговитрат в замкнутих циклах тонкого подрібнення, що базується на балансовій та імітаційній моделях.

Створено метод дослідження струминного подрібнення на основі акустичного моніторингу робочих зон млина. Встановлено зв'язки технологічних і акустичних параметрів, визначені закономірності акустичного випромінювання струминної установки. Обґрунтовано застосування акустичного контролю дисперсності сипучих матеріалів різних властивостей. Розроблено експериментальні установки для аналізу гранулометричного складу матеріалів в потоці. Встановлено залежність дисперсії характерних частот від маси частинок і розміру фракції в суміші, яка дозволяє безконтактно визначати та прогнозувати гранулометричний склад матеріалу в газовому потоці. Розроблено методику контролю якості подрібненого продукту, що апробована в промислових умовах.

Розроблено кілька напрямків оптимізації процесу подрібнення, метод оцінки і прогнозування енерговитрат. Система візуалізації та ідентифікації режимів струминного подрібнення, розроблена на основі інформаційних технологій і результатів акустичного моніторингу, дозволяє при мінімальній кількості первинних експериментальних даних виконати вибір оптимальних параметрів процесу струминного подрібнення. Необхідно продовжити розробку автоматизованої системи управління струминним подрібненням на основі аналізу акустичних сигналів процесу.

Ключові слова: акустичний моніторинг, гранулометричний склад, контроль якості, струминне подрібнення.

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 Netherlands: 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 Switzerland. 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. Saarbrücken 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 В 02 С 25/00, В 02 С 19/06, G 01 N 29/00 / Пилов П. І., Горобець Л. Ж., Прядко Н. С., Тернова К. В.; заявник і патентоволодар Інститут технічної механіки НАНУ і ДКАУ. № а 2015 07099, заявл. 16.07.2011. 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 науки та освіта. Європейський досвід»: 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.

Отримано 12.07.2018,
в остаточному варіанті 27.09.2018