

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ СТРУМИННИМ ПОДРІБНЕННЯ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ АКУСТИЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Музика Л.В., Євсеєнко М.В.

*Інститут технічної механіки Національної академії наук України і
Державного космічного агентства України*

Аналіз основних методів керування процесами подрібнення та моделювання систем керування, які застосовуються в даний час на збагачувальних комбінатах показав, що розглянуті способи мають як ряд переваг, так і недоліків. Основним недоліком властивим існуючим методам є затримки між аналізом стану процесу, режиму подрібнення і проведенням коригування його за зворотнім зв'язком, що веде до накопичення некондиційного продукту і зниження ефективності процесу [1].

Метою роботи було підвищення продуктивності струминних млинів та якості продукту подрібнення на основі автоматичного керування ступеня завантаження млина та крупності продукту за параметрами акустичних сигналів робочих зон подрібнення.

На базі дослідження замкнутого циклу процесу струминного подрібнення виявлено технологічні характеристики, що впливають на продуктивність процесу. Розроблена нелінійна регресійна модель, яка пов'язує технологічні параметри з продуктивністю млина, показала, що переважний вплив рівня завантаження помольної камери на продуктивність млина в цілому, при цьому дослідження взаємного впливу факторів підтвердив висновок переважного впливу завантаження.

Розроблено узагальнену модель процесу струминного подрібнення у замкнутому циклі. Для обґрунтування характеристик замкнутого циклу подрібнення з періодичною загрузкою матеріалу, як об'єкту керування, розроблено імітаційну модель процесу подрібнення, що базується на дискретно-подійному підході моделювання стохастичних динамічних процесів. Виконане моделювання об'єкта керування показало, що контроль процесу завантаження млина дозволяє підняти продуктивність млина [2].

Обґрунтовано використання акустичних сигналів робочих зон струминної установки подрібнення для керування режимами процесу. Розроблено методику визначення відхилення режиму подрібнення від оптимального за допомогою аналізу параметрів акустичних сигналів робочої зони процесу, що дозволяє на основі попереднього аналізу характеристик сигналів оцінювати продуктивність млина. Аналіз експериментальних даних показав, що в процесі струминного подрібнення режими недовантаження або перевантаження

млина, які призводять до зниження його продуктивності, визначаються відхиленням потужності акустичних сигналів робочої зони млина на 20% від потужності сигналів при робочому режимі, що стало основою визначення робочого режиму подрібнення та контролю необхідних параметрів об'єкта керування [3].

Експериментально встановлено, що акустичні сигнали в протилежних граничних відносно ефективності подрібнення режимах завантаження млина (розвантаження і перевантаження, так званий технологічний «завал») мають різницю у значенні середньої амплітуди A_{cp} більш ніж 2-4 рази. Це відмічено для лабораторного і промислового млина. Тому контролювати параметри об'єкта керування можна за величиною нормованої середньої амплітуди сигналів робочих зон млина. Для розробки системи керування продуктивністю млина встановлено зв'язок відносної потужності акустичних сигналів з продуктивністю і рівнем завантаження камери.

Розроблена регресійна модель процесу подрібнення за результатами акустичного контролю підтвердила переважний вплив на потужність сигналів рівня завантаження млина матеріалом, при цьому функцією відгуку регресійної моделі є потужність акустичних сигналів зони подрібнення струминного млина, факторами впливу прийняті основні технологічні параметри і продуктивність млина.

В роботі розроблена стохастична модель об'єкта керування для опису струминного подрібнення через параметри сигналів робочих зон подрібнювальної установки. Процес подрібнення розглядається як динамічна система, для якої стан однозначно визначається сукупністю акустичних сигналів в даний момент часу, і описується комірковою моделлю, заснованої на аналізі акустичних сигналів із застосуванням ланцюгів Маркова. Процес подрібнення в струминній установці з акустичним контролем робочих зон описується матрицями, що містять характеристики акустичних сигналів цих зон. Число матриць відповідає числу функціональних елементів установки, і вони об'єднуються в одну загальну блочну матрицю. Створена модель була верифікована на результатах подрібнення шамоту.

На основі встановлення закономірності зміни параметрів акустичних сигналів в залежності від завантаження робочої зони млина розроблено спосіб керування роботою бункера завантаження та створено пристрої для реалізації способу, що захищені патентом на корисну модель.

Система автоматичного керування процесом подрібнення заснована на побудованій моделі об'єкта, моделі бункеру завантаження і результатах акустичного контролю й визначення параметрів робочого режиму. В якості

регульованого параметра системи керування використана зміна концентрації масопотоків в зоні подрібнення. Основним збурюючим впливом при подрібненні є зміна наповненості потоків матеріалом. Сигнал завдання формується на основі моделювання масопотоків з урахуванням технологічних умов (параметрів енергоносія, режиму класифікації), властивостей і крупності початкового матеріалу, а також результатів аналізу акустичних сигналів робочих зон подрібнювальної установки [4].

Створено новий метод автоматичного керування продуктивністю струминного млина за акустичними сигналами зони подрібнення, що полягає в контролі завантаження млина і якості продуктів подрібнення в умовах зміни режимів процесу і крупності сировини і дозволяє підтримувати найвищу ефективність процесу. Розроблено алгоритми роботи системи автоматичного керування завантаженням млина, програмне та технічне забезпечення її реалізації, імітаційну модель роботи системи керування.

Запропоновано алгоритм та методику безперервного безконтактного контролю і керування продуктивністю струминного млина, які перевірено в промислових умовах Вільногірського гірничо-металургійного комбінату, що дозволяє підвищити продуктивність млина на 10 - 20 % в залежності від крупності продукту.

Література

1. Acoustic monitoring of jet grinding / N.S. Pryadko, K.V. Ternova; NAS of Ukraine, Institute of Technical Mechanics of NAS of Ukraine and SSA of Ukraine. — Kyiv : Akadem periodyka, 2020. — 192 p.
2. Прядко Н.С. Информационные технологии для оптимизации тонкого измельчения материалов // Системные технологии моделирования сложных систем/ Монография под общей ред. проф. А.И. Михалева.- Днепр: НМетАУ-ИБК «Системные технологии», 2016.- 608с.- С. 427 – 462.
3. Pryadko N., Muzyka L., Strelnikov H., Ternova K. Acoustic method of jet grinding study and control // E3S Web of Conferences 109, 00074 (2019) Essays of Mining Science and Practice 2019 p.1-11 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910900074>
4. Muzyka L.V., Pryadko N.S., Strelnikov H.A., Grenev A.F. Control of mass flow in jet mill on base of acoustic monitoring // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. – 2019. – № 4. – P. 5-10. <http://nv.nmu.org.ua/index.php/ru/> DOI: 10.29202/nvngu/2019-4/3