

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Прядко Наталії Сергіївни

«Розвиток теорії тонкого подрібнення корисних копалин»,
представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.15.08 – "Збагачення корисних копалин"

Актуальність теми роботи обумовлена необхідністю вдосконалення технологій тонкого подрібнення й технологічного устаткування в циклах збагачення корисних копалин, спрямованого на підвищення ефективності та зниження енергоємності процесу. Підготовка гірничої маси до збагачення є одним із найбільш енергоємних і витратних процесів у технології переробки корисних копалин. Переробка крупнозернистих матеріалів у тонкодисперсні порошки становить одну із часто використовуваних та найбільш складних технологічних операцій при збагаченні корисних копалин, при виробництві будівельних й оздоблювальних матеріалів, у порошковій металургії та в інших галузях промисловості. При цьому якість одержуваних продуктів залежить від їхньої дисперсності й однорідності. Необхідність підвищення дисперсності матеріалів приводить до потреби вдосконалювання існуючого та створення нового обладнання і технологій для тонкого й надтонкого здрібнювання. Однак зі збільшенням тонкості помольного продукту з деякого моменту продуктивність процесу починає різко знижуватися при одночасному збільшенні енергетичних витрат, а, починаючи з деякої критичної точки диспергування для даного матеріалу, подальше подрібнення стає практично нездійсненним. Все це змушує шукати шляхи керування технологіями з метою підвищення продуктивності й поліпшення якості продукту при зниженні енергоємності процесу.

У дисертаційній роботі вирішено **актуальну наукову проблему**, яка полягає у встановленні закономірностей та механізму формування гранулометричного складу продуктів тонкого подрібнення для досягнення необхідної дисперсності продукту при мінімальному енергоспоживанні.

Ідея роботи полягає у досягненні необхідної дисперсності продуктів подрібнення, що характеризується контрольним класом крупності при мінімально можливій питомій поверхні продукту, шляхом моніторингу результатів подрібнення й коректування режимів процесу. Постановка ідеї роботи аргументована, виходячи з аналізу науково-технічної інформації, нових і перспективних розробок теорії і технологій, що ґрунтуються на принципах фізики руйнування та основах подрібнення корисних копалин.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень дисертації, висновків, рекомендацій.

Розроблені наукові положення та висновки в роботі ґрунтуються на значному обсязі експериментів, виконаних за допомогою сучасних

методів дослідження для вивчення впливу різноманітних факторів на процес тонкого подрібнення. Теоретичні дослідження підтверджено значною кількістю експериментів, виконаних у лабораторних та промислових умовах. Основні наукові положення дисертаційної роботи є обґрунтованими висновками системного теоретико-експериментального дослідження. Інтерпретація експериментальних даних та їхнє теоретичне обґрунтування не суперечать основним сучасним уявленням збагачення корисних копалин. Матеріали дисертації досить повно викладено в основних 46 наукових працях у спеціалізованих виданнях, з яких 12 – в іноземних журналах та виданнях, що входять до науково-метричних баз та пройшли апробацію на міжнародних наукових конференціях, а нові технічні рішення представлено трьома патентами України на винахід. Основні положення дисертації і зміст автореферату – ідентичні.

Аналіз змісту дисертації

У вступі обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, сформульовано наукову проблему, мету і задачі досліджень, викладено наукові положення, доведено наукову новизну отриманих результатів, приведено дані про особистий внесок автора, апробацію наукових розробок та їхні публікації.

У першому розділі представлено аналіз фізичних основ руйнування в процесі дезінтеграції мінеральної сировини в замкнутих циклах, особливостей тонкого подрібнення й застосування методу акустичної емісії для вивчення ефектів подрібнення при руйнуванні порід, вказано основні **школи** щодо дослідження проблем подрібнення та моделювання процесу. Але слід відмітити, що в авторефераті недостатньо розглянуто роботи згідно з основним напрямком дисертації, зокрема, використання акустичної емісії для аналізу руйнування матеріалів та моделювання процесу подрібнення.

У другому розділі представлено результати дослідження енергетичних особливостей тонкого подрібнення і встановлення зв'язку дисперсності з енерговитратами на процес та існування критичного рівня енергоємності при тонкому подрібненні. Це встановлено на основі експериментальних досліджень різних матеріалів у кульових млинах та підтверджено при аналізі даних роботи на залізородних комбінатах Кривбасу та струминному подрібненні, проведеному автором. Але незрозуміло, які експериментальні дані кульового млина аналізує автор. Не наведено посилання щодо даних рис. 1 в авторефераті та рис. 2.1, 2.8 – у роботі.

На основі встановленої незалежності кінетики подрібнення фракцій крупності в суміші та отриманих оцінок кінетики процесу змін гранулометричного складу продукту розроблено метод прогнозування вугільних фракцій продукту під час подрібнення, та не сказано, в чому полягає підтвердження виконання гіпотези незалежності кінетики подріб-

нення різних фракцій у суміші (рис. 2 автореферату та рис. 2.15 тексту дисертації) і на яких млинах та матеріалах проведено дослідження.

Третій розділ присвячено вирішенню другої задачі, а саме, моделюванню процесу подрібнення. Автором розроблено п'ять різних моделей тонкого подрібнення (одну з моделей описано в четвертому розділі роботи). Розроблено балансову, імітаційну, динамічну і стохастичну моделі тонкого подрібнення та коміркову модель подрібнення матеріалу на основі результатів акустичного моніторингу процесу. Моделі описують процес подрібнення з різних точок зору, але не зовсім зрозуміло основну мету моделювання у згаданих підходах. Слід було б вказати особливості вживання різних моделей, їхнє функціональне призначення та умови вибору тієї чи іншої моделі.

У **четвертому розділі** наведено результати вирішення третьої задачі дослідження процесу тонкого подрібнення на основі використання акустичного сигналу зони помелу, що записується при безперервному моніторингу. Розроблено схеми, апаратну базу та методику проведення моніторингу, встановлено зв'язки технологічних і акустичних параметрів процесу. Визначено у аналітичному вигляді трипараметричну залежність величини максимальної амплітуди від розміру часток готового продукту й щільності матеріалу.

Виявлено закономірності акустичного випромінювання струминної установки, які стали базою подальшої оптимізації процесу, а саме:

- амплітуда акустичних сигналів та її розподіл за величиною характеризують ступінь завантаження струменів твердою фазою; надлишкове завантаження струменів матеріалом супроводжується зменшенням амплітуди акустичного випромінювання, що вказує на зниження динамічності подрібнення;

- підвищення рівня акустичної активності зони помелу на будь-якій стадії є чинником росту числа ударів часток і, отже, інтенсифікації подрібнення й збільшення продуктивності млина.

П'ятий розділ містить опис методів ідентифікації режимів тонкого подрібнення на основі використання інформаційних технологій для аналізу результатів акустичного моніторингу струминного подрібнення. Автор використала сучасні методи аналізу сигналів і розробила базу даних, в яку включено характеристики матеріалів, технологічні параметри і характеристики сигналів акустичного моніторингу процесу струминного подрібнення. В додатках наведено тексти комп'ютерних програм обробки та аналізу даних зазначеними методами. Але слід відмітити, що не скрізь вказано направленість розроблених методів, їхню роль при діагностиці режимів та оптимізації процесу подрібнення.

У **шостому розділі** представлено результати вирішення п'ятої задачі, розробки й пропозиції щодо практичної реалізації акустичної оптимізації тонкого подрібнення. Обґрунтовано використання встановлених акустично-технологічних параметрів ефективності роботи струминного млина та економічних показників використання системи опти-

мізації. Показано кінетику критеріїв у ході подрібнення при зміні режимів процесу.

Потрібно зауважити, що в авторефераті не вказано режими (рис. 14), а в тексті дисертації показано лише кінетику енергетичних параметрів (рис. 6.3, 6.18).

Наукові положення дисертації стосуються розробки теорії тонкого подрібнення та нових шляхів її використання:

1) інтенсивність утворення нової поверхні при тонкому подрібненні твердих корисних копалин прямо пропорційна витраченій енергії й знижується при досягненні крупності продукту подрібнення критичної величини (15-25 мкм залежно від матеріалу), обумовленої підвищенням міцності часток;

2) кінетика подрібнення фракції крупності твердих корисних копалин у суміші не залежить від наявності інших фракцій крупності, що подрібнюються сумісно;

3) продуктивність млина за готовим продуктом у замкнутому циклі подрібнення зростає пропорційно вмісту в млині класу, крупнішого за контрольний;

4) величина знову створеної питомої поверхні прямо пропорційна кількості малоамплітудних (до десятка мілівольт) сигналів і обернено пропорційна максимальним (порядку сотень мілівольт) значенням амплітуд акустичних сигналів, що виникають при руйнуванні рудних часток;

5) процес тонкого подрібнення корисних копалин визначається комплексом технологічно-акустичних критеріїв, які пов'язують продуктивність, дисперсність, енергоємність із амплітудно-частотними характеристиками сигналів, що виникають при руйнуванні рудних часток і дозволяють визначати раціональні режимні параметри для досягнення максимального технологічного ефекту. Це наукове положення є неконкретним, бо не дає рішення як саме «пов'язують...».

Наукова значимість роботи полягає у встановленні закономірностей формування гранулометричного складу тонкодисперсного продукту та в зміні зв'язку дисперсності з енерговитратами на подрібнення, що стало базою контролю енергоємності процесу. Розроблено моделі тонкого подрібнення, що дозволяють ідентифікувати режими процесу й вибирати оптимальні. Розроблено новий метод оптимізації технології струминного подрібнення, що відрізняється використанням явища акустичної емісії при руйнуванні твердих тіл для моніторингу процесу подрібнення, і для його реалізації отримано теоретичні й експериментальні залежності, які характеризують зв'язок питомої поверхні матеріалу, що подрібнюється, його гранулометричного складу, продуктивності млинів з акустичними параметрами процесу подрібнення. Створено методи візуалізації й ідентифікації процесу подрібнення на основі використання інформаційних технологій для аналізу акустично-емісійних сигналів зони подрібнення та класифікації, які дозволили ко-

нтролювати режими роботи млина й вибирати оптимальне його завантаження.

Практична значимість дисертаційної роботи

Розроблено методики акустичного моніторингу й створено базу даних акустичних параметрів, що дозволяють визначати оптимальні технологічні параметри струминного подрібнення для досягнення заданої дисперсності продукту. На основі використаних сучасних інформаційних технологій розроблено методики ідентифікації технологічних параметрів та режимів процесу струминного подрібнення. Це дозволило на базі обмеженої кількості вихідних даних виконати вибір оптимальних параметрів процесу струминного подрібнення для одержання заданої дисперсності продуктів різних матеріалів. Результати теоретичних досліджень підтверджено експериментально перевіркою струминного подрібнення в лабораторних і промислових умовах.

Результати використання акустичної оптимізації промислового млина ВГМК показали можливість підвищення його продуктивності до 50 %, що визначило річний розрахунковий економічний ефект 185-507 тис. грн. в залежності від контрольної крупності цирконового концентрату.

Зауваження по роботі:

1. У авторефераті недостатньо розглянуто роботи згідно з основним напрямком дисертації, зокрема, використання акустичної емісії для аналізу руйнування матеріалів та моделювання процесу подрібнення.

2. Незрозуміло, які експериментальні дані кульового млина аналізує автор (у розділі 2 дисертації) при встановленні зв'язку дисперсності з енерговитратами при тонкому подрібненні. Не наведено посилання щодо даних рис. 1 автореферату, та рис. 2.1, 2.8 у роботі.

3. В тексті роботи не сказано, в чому полягає підтвердження виконання гіпотези незалежності кінетики подрібнення різних фракцій у суміші (рис. 2.15).

4. В роботі розроблено 5 моделей тонкого подрібнення. Слід було б зазначити особливості використання різних моделей, їхнє функціональне призначення та умови вибору тієї чи іншої моделі. При аналізі експериментальних результатів та наведених формул залежностей не скрізь показані точність чи коефіцієнти кореляцій.

5. У роботі описано кінетику критеріїв у ході подрібнення при зміні режимів процесу. Але в авторефераті не вказані режими (рис. 14), а в тексті дисертації показано лише кінетику енергетичних параметрів (рис. 6.13, 6.18).

Загальний висновок. Дисертація є закінченою науковою роботою, в якій розв'язано актуальну наукову проблему встановлення закономірностей та механізму формування гранулометричного складу продуктів тонкого подрібнення для досягнення необхідної дисперсності продукту при мінімальному енергоспоживанні. Матеріали дисертацій-

ної роботи викладено логічно, послідовно. Розділи закінчуються аргументованими висновками. Задачі досліджень у кожному розділі обґрунтовано та вирішено досить повно. Зроблені зауваження не знижують значущості головних отриманих наукових результатів.

Зміст реферату відповідає змісту дисертації.

Основні результати досліджень повністю опубліковано у фахових виданнях.

За змістом та оформленням дисертаційна робота відповідає вимогам Департаменту атестації кадрів Міністерства освіти і науки України, а її автор, Прядко Наталія Сергіївна, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.15.08 – Збагачення корисних копалин.

Офіційний опонент
завідувач відділу механіки машин
і процесів переробки мінеральної
сировини Інституту геотехнічної
механіки ім. М.С. Полякова НАН
України доктор технічних наук,
професор



В.П. Надутий

