ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

ВІЛЬГЕЛЬМ Марини Миколаївни

на тему: «**Обґрунтування технологічних параметрів вібраційного розділення мінералів при магнітно-флотаційному збагаченні магнетитових кварцитів»**,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 184 – «Гірництво»,

за спеціальністю 18 – «Виробництво та технології»

Актуальність теми дисертації.

Виробництво високоякісного магнетитового концентрату є важливим для України, яка є одним із вагомих постачальників залізних руд у світі. Щоб зберегти свою позицію на світовому ринку, українські гірничо-збагачувальні комбінати повинні підвищити якість концентрату, доводячи вміст заліза до 70% та вище, тим самим знижуючи вміст кремнезему.

Одним з перспективних підходів до цього є вдосконалення технологічних схем збагачення. Зокрема, пропонується використовувати комбінацію оберненої катіонної флотації, тонкого грохочення та подрібнення. Ці методи дозволяють ефективніше відокремлювати магнетит від кварцу, особливо в тонковкраплених рудах.

Дослідження показали, що попереднє розмагнічування руди, подрібнення до дуже дрібних фракцій (менше 0,044 мм) та тонке грохочення перед флотацією сприяють підвищенню виходу високоякісного концентрату. Це пояснюється руйнуванням кварц-магнетитових агрегатів, які утворюються під час магнітної сепарації та флотації.

Треба також зазначити важливу роль математичного моделювання у вирішенні цього питання. Для подальшої оптимізації процесу збагачення важливо зрозуміти механізми коагуляції мінеральних частинок під час магнітної сепарації, флотації. Математичне моделювання процесів грохочення дозволить визначити оптимальні параметри вібраційного розділення мінералів. Це допоможе

ефективніше руйнувати неселективні флокули та покращити якість кінцевого продукту.

Таким чином, актуальним завданням для української гірничо-видобувної промисловості є розробка нових технологій збагачення магнетитових кварцитів, заснованих на глибокому розумінні фізико-хімічних процесів, що відбуваються під час збагачення. Застосування математичного моделювання дозволить оптимізувати ці процеси та підвищити ефективність виробництва високоякісного магнетитового концентрату.

Отже, тема дисертаційної роботи Вільгельм М.М. «Обґрунтування технологічних параметрів вібраційного розділення мінералів при магнітно-флотаційному збагаченні магнетитових кварцитів», що присвячена дослідженню технологічних параметрів вібраційного розділення мінералів при магнітно-флотаційному збагаченні на підставі встановлення закономірностей магнітної коагуляції мінеральних частинок, умов руйнування мінеральних флокул та розробці технології підготовки оптимального живлення для основної флотації та перечищення пінного продукту, безумовно є актуальною.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Вперше в моделі враховано, що магнітні частинки взаємодіють нерівномірно: вони притягуються вздовж магнітних ліній і відштовхуються перпендикулярно до них. Це пояснює утворення стійких ниток з магнетиту, які практично не руйнуються при подальшому вібраційно-флотаційному збагаченні.

2. Доведено: що коефіцієнт коагуляції залежить від концентрації магнетиту, розміру частинок і швидкості потоку пульпи.

Магнітна коагуляція починається лише за умови досягнення певної критичної концентрації магнітних частинок.

Чим більше магнітних частинок у пульпі, тим інтенсивніше відбувається процес коагуляції.

Зменшення розміру магнітних частинок призводить до збільшення критичної концентрації, необхідної для початку коагуляції.

Збільшення швидкості потоку пульпи прискорює процес магнітної коагуляції.

3. Запропоновано нову модель, що описує процес руйнування мінеральних агрегатів під дією вібрацій. Модель базується на теорії подібності та враховує випадкові зміни параметрів вібрацій. Модель теоретично обґрунтована та експериментально підтверджена.

4. Дослідження показали, що для руйнування мінеральних агрегатів у пінному продукті флотації при збільшенні частоти коливань грохоту потрібна менша амплітуда. Однак, при цьому утворюються довгі магнітні флокули, які проходять крізь грохіт, не руйнуючись.

Вивчення впливу різних факторів на процес руйнування магнітних флокул відкриває нові перспективи для розробки більш ефективних технологій збагачення корисних копалин.

5. Про достовірність отриманих здобувачкою результатів свідчить узгодженість експериментальних результатів з розрахунковими дослідженнями. Отже, в дисертаційній роботі наукові завдання виконано у повному обсязі. Здобувачка повною мірою оволоділа методологією наукової діяльності.

Практична цінність результатів дисертаційної роботи полягає у наступному:

- результати теоретичних та експериментальних досліджень лягли в основу нової технології збагачення;

- нова технологічна схема дозволяє отримати два типи товарної продукції з масовою часткою заліза загального 70,43 % та 66,2 % та масовою часткою діоксиду кремнію 1,83 % та 7,52 %;

- позитивний показник чистої поточної вартості (NPV) свідчить про економічну доцільність запропонованих нововведень;

- термін окупності технології становить близько п’яти років.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувачки ВІЛЬГЕЛЬМ МАРИНИ МИКОЛАЇВНИ повністю відповідає освітній програмі підготовки докторів філософії за спеціальністю 184 – «Гірництво» Криворізького національного університету, яка враховує Стандарт вищої освіти зі спеціальності 18 – «Виробництво та технології».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувачки у науковій галузі 184 – «Гірництво».

Після ретельного аналізу звіту про перевірку дисертації Вільгельм М.М. на текстові співпадіння, можна констатувати, що робота виконана самостійно і не містить елементів плагіату. Всі використані ідеї та цитати інших авторів належним чином оформлені і мають посилання на відповідне джерело.

Дисертація Вільгельм М.М. є результатом оригінальних наукових досліджень, проведених здобувачкою самостійно.

Мова та стиль викладання результатів

Дисертація, написана українською мовою, відзначається логічним викладом матеріалу та використанням наукової термінології, що відповідає загальноприйнятим стандартам.

Дисертаційна робота включає: вступ, п’ять розділів, з висновками по кожному розділу, висновку в цілому по дисертаційній роботі та списку використаних джерел. Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 219 сторінок, включно 46 рисунків, 50 таблиць. Список використаних джерел містить 79 найменувань.

У **вступі** обґрунтовується актуальність вибраної теми дослідження, наведені цілі і завдання дослідження, зв’язок роботи з науковими програмами, пояснюється наукова новизна і практичні значення отриманих результатів, апробація результатів.

Перший розділ присвячений аналізу сучасного стан флотаційного збагачення, тонкого грохочення та інших процесів, які застосовуються для

магнетитових концентратів. Автором також описуються умови виникнення явищ коагуляції, флокуляції та гетерокоагуляції в процесах збагачення магнетитових кварцитів. На основі виконаного аналізу формуються напрямки для подальших досліджень.

Другий розділ присвячений аналізу властивостей вихідної сировини, за рахунок чого встановлено чіткий зв'язок між її складом і результатами флотації магнетитових концентратів. В рамках розділу показано, що для підвищення ефективності флотації магнетитових концентратів необхідно враховувати склад і властивості вихідної сировини та впроваджувати додаткові операції у технологічний процес.

У третьому розділі використано математичне моделювання для дослідження магнітної коагуляції та розділення магнетитової суспензії. Було розроблено та перевірено математичну модель, яка описує взаємодію магнітних частинок у зовнішньому полі.

Моделювання бінарного злиття магнетитових частинок виконано з урахуванням анізотропної взаємодії, яку використано для опису ймовірнісні функції розподілу дисперсного складу агрегатів.

Запропоновано новий підхід до моделювання магнітної коагуляції на основі згортки ймовірнісних функцій.

Математична модель процесу магнітної коагуляції та осадження магнетитових частинок побудована з урахуванням змінної додаткової сили, яка діє на частинки в різних зонах сепаратора. Частина магнітних частинок, що потрапляють у магнітний сепаратор, осаджується на магнітах ще до того, як відбудеться їхня коагуляція.

Розроблені математичні моделі дозволили глибше зрозуміти природу процесу магнітної коагуляції та розкрити характерні особливості процесу.

Автор також дослідив процес руйнування магнітних агрегатів за допомогою кібернетичного моделювання.

У розділі виконано перевірку адекватності запропонованих моделей за допомогою критерію Фішера. Застосування даного критерію показало, що

розроблені моделі адекватно описують розподіл дисперсного складу з високою вірогідністю (рівень значущості не перевищує 5%).

У четвертому розділі проаналізовано, як різні параметри вібраційного процесу впливають на ефективність тонкого грохочення і руйнування мінеральних агрегатів.

Поведінка мінеральної флокули під час вібраційного розділення при магнітно-флотаційному збагаченні магнетитових кварцитів досліджена за допомогою двох математичних моделей: резонансної моделі з урахуванням випадкових змін параметрів та моделі динамічної системи другого порядку під дією статичного навантаження.

Встановлено, що в процесі тонкого грохочення пінного продукту не лише руйнуються мінеральні агрегати і флокули, але й здійснюється додаткове збагачення, що дозволяє вилучити товарний залізорудний концентрат.

П'ятий розділі наведені результати розробки нової технологічної схеми. Розроблена нова технологія збагачення магнетитових кварцитів має високий потенціал для практичного застосування в гірничо-збагачувальній промисловості. Також у розділі наведені дані по техніко-економічній оцінці комерційної привабливості проєкту, які виконані на основі методу варіантного дисконтного аналізу, показують рентабельність інвестицій та доволі низькі терміни окупності.

Оформлення дисертаційної роботи відповідає вимогам наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Наукові результати дисертації висвітлені у 4 наукових публікаціях здобувачки, серед яких: 3 статті – у фахових наукових виданнях; 1 тези – в іноземному виданні.

Результати проведеного дослідження були презентовані та успішно апробовані не лише на локальному рівні (кафедра збагачення корисних копалин і хімії КНУ), а й на міжнародних наукових форумах, таких як конференції «Розвиток промисловості і суспільства» (Кривий Ріг) та «Інноваційний розвиток

ресурсозберігаючих технологій» (Румунія). Це свідчить про актуальність та наукову новизну дисертаційного дослідження.

Аналіз публікацій здобувачки дозволяє зробити висновок, що вони в достатній мірі висвітлюють результати дисертаційного дослідження.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

Не зважаючи на загальне позитивне враження від дисертації Вільгельм М.М., робота має ряд недоліків і дискусійних питань:

1. В дисертаційній роботі використовується поняття «вібрація», «вібраційне розділення». Вібрація – це динамічний процес, а чи є в ньому інтервали стаціонарності?

2. Не наведено достатньої аргументації для застосування вертикальних млинів для доподрібнення пінного продукту та надрешітного продукту грохоту.

3. В роботі стор. 168, табл. 4.5 наведені вихода надрешітного та підрешітного продуктів без позначення розмірності.

4. Стор. 123 наведена кількісна оцінка флокул, без зазначення обладнання, за допомогою якого виконувалась оцінка.

5. В розділі 5, стор. 180, табл. 5.3 наведені дані розкриття мінеральних зерен без зазначення продукту, до якого вони відносяться.

6. Не зовсім некоректна форма ствердження 2 (стор.96), воно звучить як допущення, але автор доводить це ствердження.

7. У тексті роботи в таблицях відмічається наявність некоректних переносів цифр та словосполучень, на рисунках немає позначень (рис. 3.6). Трапляються окремі стилістичні помилки (стор. 76, 78, 80).

В цілому зазначені зауваження не зменшують наукового рівня роботи та її практичного значення.

Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувачки ступеня доктора філософії Вільгельм Марини Миколаївни на тему «Обґрунтування технологічних параметрів вібраційного розділення мінералів при магнітно-флотаційному

збагаченні магнетитових кварцитів» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для гірничо-видобувної галузі у цілому, і збагачення зокрема.

Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в пп. 6-9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувачка Вільгельм Марини Миколаївни заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 184 – «Гірництво», за спеціальністю 18 – «Виробництво та технології».

Офіційний опонент:
Доктор технічних наук, професор,
провідний науковий співробітник відділу
термогазодинаміки енергетичних установок,
Інститут технічної механіки Національної
академії наук України і Державного
космічного агентства України Наталія Прядко

М.П.

Підписи Прядко
засвідчую
Нач.відділу кадрів
Інституту технічної механіки
НАН України і ДКА України
Тетеріна

«09» серпня 2024 року