

ВИСНОВОК

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення
результатів дисертації на тему**

**«Обґрунтування технологічних параметрів вібраційного розділення
мінералів при магнітно-флотаційному збагаченні магнетитових кварцитів»
здобувачки наукового ступеня доктора філософії**

Вільгельм Марини Миколаївни

**з галузі знань 18 Виробництво та технології
за спеціальністю 184 Гірництво**

1 Актуальність теми дослідження.

Виробництво високоякісного магнетитового концентрату на сьогодні для України є одним з найактуальніших завдань, так як наша країна посідає шосте місце у світі за запасами залізних руд. Зберегти своє місце на світовому ринку залізорудні гірничо-збагачувальні комбінати України можуть тільки у випадку виробництва концентрату, який має масову частку заліза загального на рівні 70 % і кремнезему не більше 2,5 %. Підвищення якості магнетитових концентратів можливе за рахунок застосування у схемах збагачення тонковкраплених важкозбагачувальних магнетитових кварцитів операцій оберненої катіонної флотації, тонкого грохочення та тонкого подрібнення. Аналіз основних напрямів і підходів до цього питання показав, що застосування розмагнічування, подрібнення до класу менше 0,044 мм, тонкого грохочення перед флотацією дає змогу збільшити вихід високоякісного концентрату внаслідок дезінтеграції кварц-магнетитових агрегатів, утворених при магнітній сепарації та неселективних флокул. При цьому одним із шляхів вирішення існуючої проблеми є використання математичного моделювання для оцінки процесів коагуляції. Тому, обґрунтування технологічних параметрів вібраційного розділення мінералів при магнітно-флотаційному збагаченні магнетитових кварцитів на підставі встановлення закономірностей магнітної коагуляції мінеральних частинок, умов руйнування неселективних флокул є актуальним науково-практичним завданням.

1.1 Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертацію виконано відповідно до пріоритетних програм розвитку гірничо-металургійної галузі, що були визначені постановами Кабінету Міністрів України та планами виконання науково-дослідних робіт у Криворізькому національному університеті, а також корпоративними планами розвитку компанії «МЕТІНВЕСТ ХОЛДІНГ». Дисертація є частиною держбюджетної науково-дослідної роботи Криворізького національного університету, а саме: №ДР 0121U109524 «Дослідження закономірностей та обґрунтування методів підвищення ефективності процесу магнітної сепарації залізної руди із застосуванням ультразвукових технологій».

1.2 Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів

Здобувачкою самостійно розроблені наукові результати, що винесені на захист, сформульовано мету, об'єкт та предмет дослідження, завдання досліджень. Теоретичне обґрунтування виконано здобувачкою особисто, за допомогою математичного моделювання, яке підтверджено експериментальними дослідженнями технології руйнування кварц-магнетитових агрегатів та не селективних флокул, утворених при магнітно-флотаційному збагаченні тонковкраплених та дуже тонковкраплених залізних руд внаслідок магнітної коагуляції, флокуляції та гетерокоагуляції для розробки технології вібраційно-магнітно-флотаційного збагачення магнетитового концентрату ПрАТ «Інгулецький ГЗК», яка дозволяє на відміну від існуючої отримати два типи товарної продукції, а також перевірку результатів досліджень у лабораторних і промислових умовах.

1.3 Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій підтверджуються коректністю поставлених завдань, використанням ефективних апробованих методів їх розв'язання. теоретичним обґрунтуванням базових положень, результатами апробації, відповідністю результатів, а також моделюванням експериментальних результатів, їх зв'язком з існуючими результатами, отриманими із застосуванням класичних методів; відповідність результатам інших авторів. Адекватність побудованих моделей для визначення закономірностей магнітної коагуляції підтверджено експериментальними даними. Розроблені математичні моделі магнітної коагуляції адекватно моделюють розподіл дисперсного складу нерудних домішок та магнетиту за критерієм Фішера зі ступенем ризику не більше 5%.

1.4 Ступінь новизни основних результатів дисертації порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру.

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

1. Вперше при розв'язанні завдання математичного моделювання взаємодії між магнетитовими частинками в магнітному сепараторі враховується анізотропний характер взаємодії, обумовлений подовжніми силами тяжіння і взаємно відштовхуючими поперечними силами щодо магнітних ліній зовнішнього поля, що дозволило розкрити фізичну причину механізму вилучення магнетиту у зовнішньому магнітному полі сепаратора у вигляді стійких ниткоподібних утворень при бінарному злитті магнетитових частинок, які практично не руйнуються при подальшому вібраційно-флотаційному збагаченні..

2. Доведено, що коефіцієнт глибини коагуляції пропорційний масовій концентрації магнетитових частинок у пульпі й магнітна коагуляція з'являється за певних, критичних значень масової концентрації магнетитових

частинок у суспензії більш ніж, при перевищенні яких коефіцієнт глибини коагуляції зростає, а саме збільшення критичного значення масової концентрації магнетитових частинок з 1,53 до 3,55 кг/м³ відбувається зі зменшенням середнього розміру магнетиту у пульпі з 0,16 мм до 0,01 мм і зі збільшенням швидкості потоку пульпи, що призводить до пришвидшення процесу магнітної коагуляції і до змінення розподілення дисперсного складу домішок в бік збільшення середньої маси знов утвореного агрегатів.

3. Запропонована, теоретично обґрунтована та експериментально підтверджена нова модель вібраційної руйнації мінеральних агрегатів і флокул, утворених у результаті магнітної та флотаційної коагуляції, що ґрунтується на теорії подібності та аналізу розмірностей у вигляді диференціального рівняння у частинних похідних другого порядку гіперболічного типу без початкових умов з урахуванням випадковості зміни параметрів: швидкості розповсюдження вібрацій з визначеною частотою 30-55 Гц та амплітудою 0,5-2 мм.

4. Вперше встановлено, що зі збільшенням частоти коливань декі грохоту від 30 до 55 Гц амплітуда необхідна для руйнування мінеральних агрегатів та флокул у пінному продукті флотації магнетитових концентратів, утворених в результаті магнітної коагуляції зменшується з 2 до 0,5 мм. При цьому у подрітний продукт грохоту попадають магнітні флокули поздовжньої форми за розміром, що перевищує розмір комірки грохоту в 1,3-2 рази, внаслідок того що сил вібрації та коливань недостатньо для їх руйнації.

1.5 Перелік наукових праць, які відображають основні результати дисертації

За результатами досліджень опубліковано 4 наукових праці, у тому числі 3 статті у наукових фахових виданнях які входять до фахових видань України категорії «Б» та 1 тез-доповідь в збірниках матеріалів конференцій.

Статті у фахових виданнях України

[1] Олійник Т.А., Вільгельм М.М. Передумови підвищення розділення рудної та нерудної складової пінного продукту флотації. *Гірничий вісник КНУ-Кривий Ріг.*- 2021. Вип. 109, с. 73-79. <http://ds.knu.edu.ua/jspui/handle/123456789/4437> (Фахове видання категорії Б).

[2] Олійник Т.А., Вільгельм М.М. Особливості коагуляції частинок та адсорбція реагентів на поверхні пінного продукту флотації. *Науковий вісник КНУ -Кривий Ріг.*- 2023. Вип. 57, с. 70-77: doi: 10.31721/2306-5451-2023-1-57-70-77 10.31713/vt3202319 (Фахове видання категорії Б).

[3] Олійник Т.А., Вільгельм М.М. Аналіз явищ коагуляції та седиментації пінного продукту з метою створення математичної моделі процесу магнітно-флотаційного збагачення. *Вісник НУВГП. Технічні науки - Рівне.*- 2023. Вип. 3(103), с. 213-224: doi: 10.31713/vt3202319 (Фахове видання категорії Б).

Тези доповідей на міжнародних наукових конференціях

[4] T. Oliinyk, M. Vilhelm: «Evaluation of the possibility of application in processing flowsheet of hydraulic screening by near-mesh grain». Тези, збірник VI Міжнародної науково-технічної конференції «Інноваційний розвиток ресурсозберігаючих технологій та раціональне користування природними ресурсами». Румунія.-2023 с. 107-110. ISSN 2734-6935. ISSN-L 2734-6935 https://www.upet.ro/cercetare/manifestari/Ukraine_2023_Book_of_Abstracts.pdf

Особистий внесок здобувача у наукових працях

[1] – проаналізовано основні проблеми магнітно-флотаційного збагачення магнетитових кварцитів і запропоновано нові підходи до реалізації шляхів їх вирішення; [2] – розглянуто особливості коагуляції та флокуляції продуктів магнітно-флотаційного збагачення магнетитових кварцитів, які є підставою для створення математичної моделі магнітної коагуляції магнетиту; [3] – запропоновано алгоритм математичного моделювання вібраційної руйнації мінеральних агрегатів і флокул, утворених у результаті магнітної та флотаційної коагуляції, що ґрунтується на теорії подібності та аналізу розмірностей у вигляді диференціального рівняння з урахуванням випадковості зміни параметрів: швидкості розповсюдження вібрацій з визначеною частотою та амплітудою; [4] – виконано оцінку можливості застосування в технологічній схемі збагачення магнетитового концентрату гідралічного вібраційного грохочення з метою руйнації кварц-магнетитових агрегатів і флокул

Висновок Відповідно до вимог п.8 Постанови КМУ № 44 від 12 січня 2022 року, наукові праці здобувача враховано у кількості 3 публікацій, за якими висвітлені результати дисертаційної роботи. Основні положення та результатів роботи повністю викладенні у наукових працях здобувачки

1.6 Апробація основних результатів дослідження.

Основні положення та результати дослідження були представлені й одержали схвалення на наукових семінарах кафедри збагачення корисних копалин і хімії Криворізького національного університету; на міжнародних науково-технічних конференціях «Розвиток промисловості і суспільства» (м. Кривий Ріг, 2021–2024 рр.), «Інноваційний розвиток ресурсозберігаючих технологій та раціональне користування природними ресурсами» (Румунія, 2023).

1.7 Наукове значення виконаного дослідження

Наукове значення роботи полягає у встановленні закономірностей руйнації мінеральних агрегатів і флокул, утворених у результаті магнітної та флотаційної коагуляції, що ґрунтується на теорії подібності та аналізу розмірностей у вигляді диференціального рівняння у частинних похідних другого порядку гіперболічного типу без початкових умов з урахуванням

випадковості зміни параметрів: швидкості розповсюдження вібрацій з визначеною частотою та амплітудою. При цьому введено поняття коефіцієнту глибини коагуляції, який залежить від критичного значення масової концентрації магнетитових частинок, середнього розміру магнетиту у пульпі і швидкості потоку пульпи.

Результати роботи використовуються у Криворізькому національному університеті при підготовці фахівців за спеціальністю 184 Гірництво ОПІ «Збагачення корисних копалин»

1.8 Практична цінність результатів дослідження

На підставі аналізу й синтезу результатів проведених теоретичних та практичних досліджень розроблено нову технологію вібраційно-магнітно-флотаційного збагачення магнетитових кварцитів ПрАТ «Інгuleцький ГЗК» з отриманням двох типів товарної продукції з масовою часткою заліза загального 70,43 % та 66,2 % та масовою часткою діоксиду кремнію 1,83% та 7,52%.

Техніко-економічним розрахунком визначено позитивні результати запропонованих нововведень, а саме: розрахунок чистої поточної вартості NPV є позитивним. Встановлено, що термін окупності за коефіцієнта дисконтування 0,426 становить близько п'яти років. Сумарний дисконтований економічний ефект для гірничо-збагачувального підприємства середньої потужності близько 227 034,1 US\$. Для досягнення терміну окупності проєкту 5 років внутрішню норму прибутку IRR можна підтримувати близько 62,7 % річних.

Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення

Текст дисертаційної роботи викладено грамотною, технічною мовою, логічно та послідовно. Структура дисертації, мова та стиль викладення відповідають вимогам, щодо оформлення дисертацій доктора філософії. Застосована в роботі наукова термінологія є загальновизнаною, стиль викладення результатів теоретичних і практичних досліджень, нових наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їх сприйняття та використання. В цілому дисертація є закінченою науковою працею, що відповідає вимогам спеціальності 184 Гірництво

У ході обговорення дисертації до неї не було висунуто жодних зауважень щодо самої суті роботи.

2. 3 урахуванням зазначеного, на засіданні кафедри збагачення корисних копалин і хімії ухвалили:

2.1 Дисертація Вільгельм Марини Миколаївни здобувачки вищої освіти ступеня доктора філософії «Обґрунтування технологічних параметрів вібраційного розділення мінералів при магнітно-флотаційному збагаченні магнетитових кварцитів» є завершеною науковою працею, у якій розв'язано актуальне науково-практичне завдання, що полягає у обґрунтуванні та розробці технологічних рекомендацій щодо впровадження у гірничо-збагачувальне виробництво технології вібраційно-магнітно-флотаційного збагачення магнетитових кварцитів на підставі встановлення закономірностей магнітної коагуляції мінеральних частинок, умов руйнування неселективних флокул для розробки технології підготовки оптимального живлення для основної флотації магнетитових концентратів та перетищення пінного продукту, що має важливе значення для галузі знань 18 Виробництво та технології за спеціальністю 184 Гірництво.

2.2 Розглянувши звіт подібності щодо перевірки на плагіат, рецензенти дійшли висновку, що дисертаційна робота Вільгельм М.М. «Обґрунтування технологічних параметрів вібраційного розділення мінералів при магнітно-флотаційному збагаченні магнетитових кварцитів» є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

2.3 Основний зміст результатів дисертаційної роботи відображено в 4 наукових працях, в тому числі: 3 статтях у фахових наукових виданнях та 1 матеріалі конференцій.

2.4 Дисертація відповідає вимогам до оформлення дисертацій, які затверджені наказом МОН України від 12.01.2017 № 40 зі змінами і доповненнями, внесеними наказом МОН України від 31.05.2019 № 759 та вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, який затверджено постановою КМУ від 12.01.2022 № 44, зі змінами, внесеними Постановою КМУ від 21.03.2022 №341.

2.5 З урахуванням наукової зрілості та професійних якостей Вільгельм Марини Миколаївни здобувачки вищої освіти ступеня доктора філософії дисертація «Обґрунтування технологічних параметрів вібраційного розділення мінералів при магнітно-флотаційному збагаченні магнетитових кварцитів» рекомендується для подання до розгляду та захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

За затвердження висновку проголосували науково-педагогічні працівники кафедри збагачення корисних копалин і хімії:

«ЗА» - десять

«ПРОТИ» - не має

«УТРИМАЛИСЬ» - не має

Головуючий на засіданні кафедри,
Доцент кафедри збагачення корисних
копалин і хімії, канд. техн. наук

Наталія КУШНІРУК

25.06.2024 р.



Підпис	<i>Кушнірук Н.</i>
ЗАСВІДЧУЮ:	
Учений секретар	
Кіровоградського національного	
університету	
<i>Кушнірук</i>	<i>А. Хусак</i>
« 25 »	06 20 24 р.