

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, доцента, професора кафедри хімічних та біологічних технологій Дніпровського державного технічного університету

Іванченко Анни Володимирівни,

на дисертаційну роботу **Витяганця Валентина Сергійовича**

«ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ РОБОТИ ШАХТНОЇ ПЕЧІ ВАПНЯКОВОГО ВИРОБНИЦТВА В МЕТАЛУРГІЙНІЙ ГАЛУЗІ»,

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія

Актуальність теми.

Вапно у хімічній інженерії представляє собою в'язучий матеріал, який отримують випалюванням у печах з подальшою переробкою вапняку, крейди та інших вапняно-магнезійних гірських порід. Вапно є невід'ємною частиною металургійної промисловості, адже використовується на різних стадіях технологічного процесу від шлакоутворення до виробництва кольорових металів. У металургійній промисловості вапно, головним чином, застосовується для очистки металу від фосфатних, сульфурних, манганових та кремнієвих домішок, що утворюються при введенні кисню до розплавленого чавуну або сталі.

В основі дисертації доктора філософії здобувача Витяганця Валентина – створення нових ефективних технологічних умов процесу випалу вапна у шахтних печах для металургійної галузі, що призведе до максимального виходу продукції при мінімальних витратах енергії та негативного впливу на навколишнє середовище, що є важливим науково-практичним завданням хімічної інженерії.

Дисертаційна робота Витяганця Валентина виконана на кафедрі хімічної техніки та промислової екології НТУ «ХПІ» у рамках держбюджетних науково-дослідних робіт «Розробка наукових основ управління та утилізації твердих відходів» (ДР 0124U001841) та «Теоретичні та розрахункові дослідження для вироблення кисне утримуючих з'єднань лужноземельних металів для використання в якості адсорбентів та антипіренів» (ДР0118U002176), де здобувач був виконавцем розділів.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

Положення винесені на захист та висновки, наведені у дисертаційній роботі Витяганця Валентина обґрунтовані та не суперечать теоретичним засадам хімічної технології.

Для вирішення поставленої мети автором використано методи математичної обробки результатів експериментів, фізичні випробування, новітні методи аналізу складних гетерогенних систем.

Обґрунтованість результатів наукових досліджень підтверджується також коректним використанням методів математичного моделювання хіміко-технологічних систем, теорії хімічної кінетики.

Результати дисертації доктора філософії апробовано в умовах ДУ «НІОХІМ» та на чотирьох конференціях, опубліковано тези доповіді.

Достовірність результатів досліджень.

Достовірність результатів, одержаних здобувачем, підтверджуються застосуванням сучасних уявлень про механізм фізико-хімічних процесів, закономірності перебігу газу та фільтраційного горіння в щільному газопроникному шарі, динаміки руху гранульованого середовища, основоположних законах теорії тепло- та масообміну. Основні положення дисертаційної роботи підтверджується значним обсягом експериментальних досліджень та їх математичної обробки, атестованих засобів вимірювань, відповідністю результатів моделювання даних експериментів.

Кожен розділ дисертації закінчується висновками, що впливають із результатів досліджень, наведених у розділі.

У роботі застосовано сучасні методи дослідження у хімічній інженерії, а саме фізичні, фізико-хімічні та хімічні методи вивчення властивостей сировини та кінцевого продукту: скануюча електронна мікроскопія, енергодисперсійна рентгенівська спектроскопія, гравіметрія, термогравіметрія, а також математичне моделювання та системний аналіз.

До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:

- удосконалена математична модель роботи шахтної печі, використання якої дозволяє оптимізувати процес випалу вапняку з урахуванням технологічних параметрів;

- закономірності випалу одиничної гранули кальцій карбонату від температури, концентрації вуглекислого газу в газовій фазі, крупності та швидкості дисоціації шматкового вапняку на різних стадіях випалу і лімітуючі фактори;

- особливості підвищення теплової ефективності шахтної печі в залежності від сировини, систем завантаження та вивантаження, перенесення поясів опалення, режимного налаштування.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.

Результати, наведені у дисертації доктора філософії Витяганця Валентина, створюють внесок у розвиток теоретичних засад хімічної технології у частині вивчення складних гетерогенних систем «газ-тверда речовина» та процесів окислення, захисту навколишнього середовища, а саме запропоновано технічні рішення для реалізації модернізованої схеми теплообміну, використання вузла відведення пічних газів та повітря в нижній частині зони випалу. Матеріали дисертаційної роботи впроваджено у навчальний процес кафедри «Хімічна техніка та промислова екологія» НТУ «ХП» при підготовці добувачів вищої освіти зі спеціальності 101 «Екологія» та 133 «Галузеве машинобудування».

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Основний зміст та результати дисертації відображено у 8 наукових працях, а саме 4 статті у наукових періодичних фахових виданнях України категорії «Б» та 4 матеріалах апробаційного характеру. Всі праці опубліковано у співавторстві і вказано особистий внесок здобувача.

Публікації здобувача відображають зміст дисертації та відповідають вимогам пункту 8 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. №44.

Оцінка змісту дисертаційної роботи

Дисертаційна робота складається з анотації двома мовами, вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи викладено на 146 сторінках, серед них: 20 рисунків по тексту, 15 таблиць по тексту, список використаних джерел зі 100 найменувань на 13 сторінках.

У анотації дано характеристику структурі дисертації, її змісту, науковим результатам, що відображають суть роботи.

У вступі представлено актуальність теми дисертації доктора філософії, мету, завдання, зв'язок роботи з науковими темами, об'єкт, предмет дослідження, методи та методики аналізу, наукову новизну, практичне значення одержаних результатів, особистий внесок здобувача, апробацію результатів дисертації та публікації.

У першому розділі зроблено критичний аналіз науково-технічної літератури за темою дисертації доктора філософії, наведено загальні положення та відомості про вапнякові виробництва, особливості процесу шахтного випалу вапняку, методи теплотехнічного розрахунку шахтних печей, принципи розрахунку теплообміну в щільному шарі та системне моделювання процесів випалу вапняку у середовищі печі та руху матеріалу, дисоціації кускового вапняку, здійснено аналіз аеродинаміки газового потоку. Останній пункт першого розділу присвячений обґрунтуванню напрямку дослідження, що полягає в оптимізації технології випалу вапняку, підвищення загальної ефективності виробничого процесу, зниженню витрат та підвищення якості кінцевого продукту.

Другий розділ присвячений розробці математичної моделі руху матеріалу в шахтній печі, окреслено фактори, що впливають на її роботу, а саме спосіб введення та умови витікання газових струменів у простір щільного шару. Кінетика робочого простору печі визначається гідродинамічними і тепловими процесами. Представлено рівняння суцільності для газу в пористому шарі в радіальній системі координат та рівняння суцільності для квазінерозривної твердої засипки, рівняння компонентного балансу для газу. Наведено особливості математичної моделі дисоціації одиночної гранули кальцій карбонату, алгоритм вирішення моделі та оцінено її адекватність.

В основі третього розділу – удосконалення процесу випалу вапняку в шахтних печах, їх конструктивне оформлення з використанням газоподібного палива та особливості процесу. Дослідження проведено на холодній і гарячій

аеродинамічній моделі, виконаній у вигляді сектора промислової печі при температурі 1200–1250 °С та перпендикулярному русі газів у зоні випалювання відносно напрямку потоку твердого матеріалу. У розділі виведено рівняння для розрахунку глибини проникнення топкових газів у шар твердого матеріалу, встановлено кінетичні закономірності процесу термічного розкладання полідисперсного вапняку в модернізованій шахтній печі, встановлено оптимальну температуру матеріалу в зоні випалу для одержання вапна потрібної якості та зниження енерговитрат на випал і збільшення продуктивності.

У четвертому розділі основна увага здобувача приділялась збагаченню вапняку з використанням фотоелектронного сепаратора. Під час досліджень використовувалися вапняки Вінницького, Донецького, Тернопільського, Хмельницького, Чернівецького родовищ основних надгоризонтів. У даному розділі встановлено, що коефіцієнт відбиття вапняків даних родовищ змінюється в інтервалі 14,0–63,8 %. Вапняки можна збагачувати за колірною ознакою, оптимальна величина порогу поділу відповідає значенню коефіцієнта відбиття 33%. Збагачений вапняк містить 98,7 % мас. CaCO_3 , а також сполуки MgO , R_2O_3 . Виявлено полідисперсний склад вапняків 40–120 мкм.

П'ятий розділ присвячений оптимізації випалу вапняку у шахтній печі. Одержано значення реакційної здатності вапна, представлено геометричну схему шахтної печі, наведено розподіл ключових параметрів по висоті шахтної печі. Здобувачем у п'ятому розділі запропоновано напрямок удосконалення шахтних печей із прямим профілем футерування, а саме перехід на принцип теплообміну за прямоточно-протитечійною схемою та організацію нижнього контуру рециркуляції продуктів згоряння з подальшим їх спалюванням у суміші з паливом та повітрям, задекларовано збільшення продуктивності реконструйованої печі на 15–20%.

У шостому розділі представлено відомості про шахтні печі, процес випалу та отримання готового продукту, досліджено морфологію та зроблено елементний аналіз зразків CaO методом скануючої електронної мікроскопії в поєднанні з детектором енергодисперсійної спектроскопії; рентгеноструктурний аналіз готового продукту. Вапно демонструє ізотерми типу I, які спостерігаються під час фізичної сорбції більшості газів на непористих або макропористих адсорбентах і свідчить про одношарово-багатошарову адсорбцію. Здобувачем представлено розподіл пір за розміром досліджуваного зразка вапна. Середній діаметр пір становив 4,08 нм. Наведено рентгеноструктурний аналіз вапняку, що містив у своєму складі 96,21 % CaO та 1,141 % Ca(OH)_2 . Автором зроблено висновок, що в інтервалі температур випалу 1050–1070°C забезпечується висока якість вапна зі вмістом основної речовини 96–97%.

Висновки роботи відповідають змісту дисертації. Список використаних джерел із 100 найменувань включає іноземні та українські публікації.

Академічна доброчесність

Порушень академічної доброчесності в тексті роботи та наукових публікаціях під час аналізу дисертації, українських та закордонних джерел з даної тематики, не виявлено.

Положення наукової новизни, що винесено здобувачем на захист, отримані самостійно і містяться в опублікованих роботах. У працях, опублікованих у співавторстві, використані тільки ті положення, які є результатом наукових пошуків здобувача.

Зауваження до дисертаційної роботи

1. На ст. 9 зазначено, що матеріали дисертаційної роботи покладено в основу навчального процесу кафедри «Хімічна техніка та промислова екологія» НТУ «ХП» при підготовці студентів спеціальності 101 «Екологія» та 133 «Галузеве машинобудування». Вважаю за доцільне рекомендувати впровадити одержані дані для підготовки здобувачів за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія», наприклад, у дисципліну «Загальна хімічна технологія», а саме вивчення промислових хімічних реакторів для здійснення процесів у системі «газ–тверда речовина».

2. Дисертація містить технологічні рішення модернізації шахтної печі, проте, на жаль, вони не підкріплені патентами.

3. Ст. 37. З яких окремих моделей складається повна модель шахтної печі?

4. На стор. 57 представлено рівняння для визначення константи швидкості реакції розкладання вапняку. Яке значення енергії активації реакції та у якій області протікає процес?

5. На стор. 77 рисунок 3.3 (а) наведена схема конструкції печі, яка передбачає очищення димових газів. Які новітні методи очищення димових газів пропонує здобувач, у тому числі від CO_2 , який є продуктом реакції при спалюванні вапняку.

6. На стор. 123 здобувачем визначено питому поверхню зразка вапна, яка становить $84,0 \text{ м}^2/\text{г}$. Чи корелюється це значення з літературними даними?

7. Наведені у дисертації заходи по оптимізації роботи шахтної печі не підтверджені економічними розрахунками.

Вказані зауваження, запитання та недоліки не знижують позитивного враження від дисертації та її наукового рівня.

ВИСНОВОК

Вважаю, що дисертаційна робота Витяганця Валентина Сергійовича «Оптимізація режиму роботи шахтної печі вапнякового виробництва в металургійній галузі» за своїм змістом відповідає спеціальності 161 – Хімічні технології та інженерія. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв'язує важливе завдання хімічної інженерії, що полягає у визначенні оптимальних параметрів процесу випалу вапняку в шахтних печах для забезпечення максимального виходу якісної продукції при мінімальних витратах сировини, енергії та зниженні негативного впливу на навколишнє середовище.

Подана дисертаційна робота Витяганця Валентина Сергійовича «Оптимізація режиму роботи шахтної печі вапнякового виробництва в металургійній галузі» в повній мірі задовольняє вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, а саме вимогам пунктів 6, 7, 8 і 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 КМУ від 12.01.2022 р. № 44, а здобувач Витяганець Валентин Сергійович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія.

Офіційний опонент,
доктор технічних наук, доцент,
професор кафедри хімічних та біологічних
технологій
Дніпровського державного технічного
університету

23.07.2024

Анна ІВАНЧЕНКО

Особистий підпис професора Анни Іванченко засвідчую

Учений секретар Дніпровського державного
технічного університету

к. соц. наук, доцент



Людмила СОРОКІНА