

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію Сумарюка Олександра Васильовича “**Високоміцні композити на основі кремнеземистих і алюмосилікатних модифікаторів та методи їх діагностики**”, подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізика твердого тіла

Актуальність теми дослідження

Формування структури високоміцного бетону відбувається під час фізико-хімічних реакцій, які супроводжуються зв'язуванням вільної води з клінкерними мінералами, утворенням насиченого розчину кристалогідратів та їх подальшою кристалізацією. Зважаючи на складність і недостатню вивченість зазначених фізико-хімічних процесів, існують різні теоретичні тлумачення про характер і етапи їх протікання. Для контролю та оптимізації технологічного процесу при виробництві цементу необхідний аналіз складу сировини, проміжної та готової продукції. Крім того, потрібен аналіз інших матеріалів, наприклад, шлаку та пилу з фільтрів на всіх етапах виробництва (подрібнення, змішування), аналіз проміжних продуктів – клінкеру, робочої суміші, а також готового цементу. Міцність, характеристики схоплювання, гідраційні властивості та хімічна стійкість безпосередньо пов'язані з мінералогічним складом цементу. Рентгенівська дифракція - це метод прямого дослідження мінералів у цементі, що дозволяє пояснити природу гідролізу та гідратації цементного каменю та механізми формування композитів надвисокої структурної міцності і щільності і точніше передбачити фізичні властивості кінцевого продукту на стадії виробництва та підвищити ефективність та екологічність технологічного процесу. Створення високоміцних композитів дасть змогу надати будівельним поверхням та конструкціям заданих технологічних властивостей з метою використання на об'єктах спеціального призначення.

Встановлення фундаментальних закономірностей умов розробки та діагностики сумішей надвисокої міцності та пояснення структури, будови, умов їх утворення неможливе без застосування комплексу неруйнівних методик побудованих на основах X-променевої дифрактометрії.

Водночас, у зв'язку із стрімким розвитком програмних комплексів та методик обробки даних, при дослідженні полікристалічних структур методи рентгеноструктурного аналізу стають ще більш актуальними. Зокрема, метод Рітвельда, де дифрактограма полікристалічної структури розглядається як математична функція залежності піків інтенсивності від кута дифракції.

Окрім цього, застосування такого комплексу методів діагностики з успіхом може бути застосована в подальшому для інших полікристалічних матеріалів і

тому потребує інтенсивних експериментальних і теоретичних наукових досліджень.

Актуальність представленої роботи Сумарюка О.В. підтверджується також тим, що дослідження виконані у відповідності до програми наукової тематики кафедри інформаційних технологій та комп'ютерної фізики та кафедри будівництва Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами, зокрема: "Дослідження фізико-хімічних процесів структурної релаксації та старіння високоміцних бетонів з комплексними модифікаторами нової генерації та методів їх діагностики" (№ державної реєстрації №0112U002342, 2017-2019 рр.).

Обґрунтованість та достовірність наукових висновків дисертації Сумарюка О.В. забезпечені використанням комплексу взаємодоповнюючих сучасних методів X-променевої дифрактометрії, скануючої електронної мікроскопії, енергодисперсійного X-променевого аналізу, та засобів математичного моделювання і обробки отриманих результатів. Узгодженість результатів між собою та несуперечність їх результатам досліджень інших авторів у цьому напрямку підтверджує надійність отриманої у роботі нової інформації. Всі основні результати і висновки добре аргументовані, а численні серії випробувань, які проведені в атестованих лабораторіях та центрах колективного користування їх підтверджують.

Серед отриманих **основних результатів** варто відзначити наступні:

1. За даними рентгеноструктурного аналізу виявлено, що протягом року гідратації при введенні алюмосилікатних модифікаторів спостерігається значне зменшення вмісту портландиту та CSH-II з одночасним збільшенням вмісту дженіту та тоберморіту, які, вірогідно, трансформувалися з CSH, що і є причиною підвищення міцності.

Для композиту рецептури №2 ідентифіковано сполуки низькоосновних гідросилікатів кальцію та таких структурних моделей C-S-H, як дженіту (d/n , нм: 1.049; 0.262; 0.278) та тоберморіту (d/n , нм: 0.552; 0.310; 0.301; 0.308; 0.297; 0.351), що свідчить про їх наявність, а вища інтенсивність піків, яким відповідають дані сполуки, про більший кількісний склад в порівнянні з рецептурою №1.

2. Показано, що основні максимуми інтенсивності продуктів гідратації на X-променевих дифрактограмах знаходяться на тих же кутових положеннях, що і максимуми інтенсивності для клінкерних мінералів. Кутові положення аліту (C_3S) та беліту (C_2S) знаходяться на основних кутових положеннях продуктів гідратації. Це свідчить про визначальну роль даних сполук в утворенні сполук гідратації

3. Встановлено, що значне підвищення міцності (36%) на пізніх етапах твердіння (понад рік) викликане хімічною взаємодією сполук гідроксиду кальцію та аморфного діоксиду кремнію та перетворенням у сполуки гідросилікатів кальцію.

4. Розроблена нова рецептура високоміцного композиту дає можливість виготовити бетонні композити високої структурної щільності і міцності із заданими фізико-механічними параметрами (міцність на стиск яких перевищує 120 МПа).

В дисертації проведено комплекс теоретичних та експериментальних досліджень за допомогою методів X-променевих, X-спектральних, електронно-растрових, що суттєво розширює розуміння розглянутих явищ та вказує на **важливість результатів роботи** для наукових досліджень.

Практична значимість роботи полягає у тому, що автором запропоновано технологічні основи та розроблено рецептуру високоміцного композиту та подано заявку на корисну модель №u202105002.

Отримані в роботі дані та висновки можуть бути використані на підприємствах, які займаються виготовленням цементів або матеріалів на їх основі, з метою контролю якісного і кількісного складу вхідних матеріалів та контролю за фізико-хімічним станом продуктів гідратації.

Структура та об'єм дисертації.

Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку цитованої літератури та додатків. Загальний обсяг роботи – 135 сторінок машинописного тексту, містить 23 таблиць та 51 рисунка. Список цитованої літератури містить 120 найменувань.

Повнота викладення наукових положень та висновків в опублікованих працях. У дисертації узагальнено наукові результати, опубліковані у 16 працях, з них – 6 статей (опубліковано у журналах, які внесені до реєстру міжнародних наукометричних баз Scopus та/або Web of Science), 2 патенти на корисну модель, 5 тез доповідей на міжнародних і всеукраїнських наукових конференціях.

Обсяг друкованих робіт та їх кількість відповідають вимогам МОН України щодо публікації основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук.

Автореферат у повній мірі відображає основний зміст дисертації.

Поряд із цікавими з наукової та прикладної точок зору результатами, до роботи є ряд **зауважень та запитань**:

1. Теоретично розраховані Х-променеві дифрактограми мають скоріше якісне ніж кількісне співпадання, оскільки не всі піки інтенсивності ідентифіковані.

2. Не в повній мірі проаналізовано вплив на розширення дифракційних піків можливих розмірів зерен, їх розорієнтації, а також напружень. Це дало б більш повну картину про хід структурних та фазових переходів у таких композитах.

3. В дисертації детально описано результати досліджень, в основному, для розробленої автором рецептури №2 високоміцного композиту, водночас, для порівняння змін механічних характеристик з часом (старіння), варто було б привести аналогічні результати дослідження еталонних (рецептура №1) зразків.

4. Як відомо, коректність отриманих результатів суттєво залежить від попередньої підготовки зразків для Х-променевого структурного аналізу, проте, в роботі нічого про це не сказано.

5. У тексті дисертації зустрічаються окремі граматичні помилки та стилістичні неточності.

Вказані зауваження не знижують наукової цінності роботи та не стосуються її новизни та основних висновків і результатів.

Висновок.

Вважаю, що дисертаційна робота Сумарюка О. В. “Високоміцні композити на основі кремнеземистих і алюмосилікатних модифікаторів та методи їх діагностики” за своїм науковим рівнем, актуальністю виконаних досліджень, об’ємом та практичним значенням є завершеною науковою роботою в рамках поставлених мети і завдань, а отримані в ній результати є новими і науково обґрунтованими. Дисертація повністю відповідає спеціальності 01.04.07 – фізика твердого тіла та задовольняє всім вимогам ДАК МОН України, а саме п.10, п.12 та п.13 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №567 від 24.07.2013 року, які висуваються до кандидатських дисертацій, а її автор – Сумарюк Олександр Васильович – заслуговує присвоєння наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук.

Член-кореспондент НАН України,

доктор фізико-математичних наук, професор,
завідувач відділу структурного і елементного
аналізу матеріалів і систем Інституту фізики
напівпровідників імені В.Є. Лашкарьова НАН України

Кладько В.П.

Підпис Кладька В.П. засвідчую:

Вчений секретар ІФН ім. В.Є. Лашкарьова

канд. фіз.-мат. наук



Редько Р.А.