

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ОТРИМАННЯ ВОГНЕТРИВКИХ ЦЕМЕНТІВ НА ОСНОВІ АЛЮМІНАТІВ ТА ТИТАНАТІВ КАЛЬЦІЮ

Кітченко А.В.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
andrii.kitchenko@iht.khpi.edu.ua

У сучасній промисловості вогнетривкі матеріали відіграють важливу роль, особливо в металургії, енергетиці, будівництві та виробництві скла. Зростання вимог до термостійкості та міцності матеріалів у високотемпературних умовах обумовлює необхідність розробки нових вогнетривких цементів. Системи на основі алюмінатів і титанатів кальцію мають перспективні властивості, зокрема високу термостійкість, низьку теплопровідність і хімічну інертність, що робить їх привабливими для використання в агресивних середовищах і при підвищених температурах. Вивчення теоретичних аспектів формування таких цементів дозволяє розширити їх потенційне застосування та покращити характеристики.

Метою даного дослідження є аналіз теоретичних основ отримання вогнетривких цементів на основі алюмінатів і титанатів кальцію, а також визначення оптимальних умов для синтезу цементів з підвищеними властивостями термостійкості та зносостійкості.

Теоретичний аналіз впливу співвідношення алюмінатних та титанатних компонентів на властивості вогнетривкого матеріалу дозволяє виявити оптимальні умови синтезу для досягнення високих показників термостійкості, міцності та хімічної інертності.

Алюмінати кальцію, як-от CaAl_2O_4 , CaAl_2O_4 , і титанати кальцію, як-от CaTiO_3 , CaTiO_3 , утворюють структури з різними температурними стійкостями та розмірами кристалічних ґраток. Зі збільшенням титанатних компонентів можна спостерігати зростання стійкості матеріалу до температурних змін, оскільки титанати мають більш стабільні кристалічні ґратки, які протидіють розширенню при нагріванні. Алюмінати ж забезпечують швидке утворення міцних зв'язків і високий рівень твердості.

Алюмінати кальцію широко використовуються у вогнетривких бетонах завдяки їх високій термостійкості та швидкому набору міцності. Титанати кальцію, у свою чергу, демонструють відмінну хімічну інертність, низьку теплопровідність та здатність зберігати структурну стабільність при високих температурах. Основні переваги таких цементів:

- Висока термостійкість (понад 1500 °C);
- Швидкий процес твердіння;
- Висока механічна міцність;
- Стійкість до агресивних середовищ;
- Низький коефіцієнт теплового розширення.

Підвищення вмісту алюмінатів кальцію зазвичай сприяє зменшенню пористості матеріалу завдяки ущільненню структури під час синтезу. Водночас надмірне зростання вмісту титанатів може призвести до збільшення щільності, але з ризиком появи мікротріщин через нерівномірне розширення кристалів. Оптимальне співвідношення обох компонентів дозволяє досягти зниженої пористості при збереженні стабільної щільності матеріалу.

Титанати кальцію проявляють високу стійкість до термічного розширення, що знижує ризик деформації матеріалу при високих температурах і температурних циклах. Збільшення частки титанатних компонентів в алюмінатно-титанатній системі підвищує температурну стійкість, але водночас зменшує теплопровідність, що може бути корисним для умов високих температур, де важлива стійкість до теплових ударів.

Алюмінати кальцію забезпечують високу початкову міцність, але при підвищених температурах можуть поступатися титанатним компонентам за стійкістю до деформацій. Додавання титанатів до складу матеріалу стабілізує міцність при нагріванні. Теоретично, оптимальне співвідношення алюмінатів і титанатів дозволяє досягти балансу між початковою міцністю матеріалу та його здатністю зберігати ці властивості при тривалому впливі високих температур.

Для отримання вогнетривких цементів на основі алюмінатів та титанатів кальцію можливі наступні підходи:

1. **Твердофазний синтез** – взаємодія вихідних компонентів при високих температурах для утворення відповідних фаз.

2. **Хімічне осадження** – отримання наноструктурованих компонентів з покращеними властивостями.

3. **Соль-гелевий метод** – синтез матеріалів з контрольованою морфологією та високою чистотою фаз.

Поєднання алюмінатів та титанатів кальцію забезпечує високу хімічну стійкість матеріалу до агресивних середовищ, таких як кислоти, луки або флюси, що є важливим для експлуатації в хімічно активних умовах. Оптимальне співвідношення підвищує стійкість матеріалу до взаємодії з шкідливими речовинами, зокрема в металургії або енергетиці.

Розробка вогнетривких цементів на основі алюмінатів та титанатів кальцію відкриває нові можливості у створенні матеріалів із покращеними експлуатаційними характеристиками. Перспективним напрямом є подальша оптимізація складу та технології отримання таких цементів, що дозволить значно розширити їх застосування у високотемпературних процесах.

1. Korohodska A. M. Development of concrete compositions based on aluminochromite cements / A. M. Korohodska, H. M. Shabanova, S. M. Logvinkov // Chemical technologies for reconstructing Ukraine in the war and post-war periods: Collective monograph.–Riga,Latvia: «Baltija Publishing»–2023.– P. 25–41.

2. Гамова О. О. Вогнетривкий цемент на основі композицій системи BaO-CoO-Al₂O₃ [Електронний ресурс] : дис. ... д-ра філософії : спец. 161 : галузь знань 16 / Ольга Олександрівна Гамова ; наук. керівник Шабанова Г. М. ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків, 2020. – 241 с. – Бібліогр.: с. 192-216.

ІЗОТЕРМІЧНИЙ ПЕРЕРІЗ ДІАГРАМИ СТАНУ СИСТЕМИ Dy-Ti-Ge (800°C)

Коник М.Б., Ромака Л.П., Яцків Ю.І., Стадник Ю.В.

Львівський національний університет імені Івана Франка, mariya.konyk@lnu.edu.ua

Вивчення багатокомпонентних металевих систем є передумовою для пошуку та створення нових функціональних матеріалів з важливими для практичного застосування властивостями.

Потрійні системи R–M–Ge (R – рідкісноземельний метал, M – перехідний метал IV періоду) досліджені не у повному обсязі. Зокрема, у випадку M = Ti діаграми фазових рівноваг у повному концентраційному інтервалі побудовані для систем з R = Gd, Tb [1, 2], для інших РЗМ досліджували структурні та фізичні характеристики окремих тернарних сполук ізоструктурних рядів RTiGe (R= Y, Gd-Tm) та R₂Ti₃Ge₄ (R=Gd-Er) [3, 4].

Для побудови діаграми фазових рівноваг системи Dy–Ti–Ge сплави синтезували методом електродугового сплавлення шихти металів в атмосфері аргону. Гомогенізуюче відпалювання сплавів проводили у вакуумованих кварцевих ампулах за температури 800° С впродовж 700 год з подальшим гартуванням у холодній воді. Фазовий склад синтезованих зразків визначали на основі аналізу експериментально отриманих дифрактограм (дифрактометр ДРОН-4.0, FeK_α-випромінювання). Метод енергодисперсійної рентгенівської спектроскопії (ЕДРС) (електронний мікроскопом TESKAN VEGA 3 LMU) використовували для контролю хімічного складу синтезованих зразків і визначення точного вмісту компонентів у фазах. Для розрахунків та індексування порошкових дифрактограм використовували пакет програм WinCSD [5] (уточнення періодів ґратки). За температури 800° С в системі Dy–Ti–Ge підтверджено утворення двох тернарних сполук: DyTiGe (структурний тип MnAlGe, *P4/nmm*, *a*=0,4048(1), *c*=0,7630(2) нм) та Dy₂Ti₃Ge₄ (стр. Тип Sc₃Ce₂Si₄, *Pnma*, *a*=0,7029(4), *b*=1,3449(6), *c*=0,7121(1) нм).