

Борисенко О. М.¹, д-р техн. наук, проф.,

Логвінков С. М.², д-р техн. наук, проф.,

Іщенко А. М.¹,

Ареф'єв В. О.¹

¹Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна

²Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, м. Харків, Україна

АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВНИХ СКЛАДІВ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ВИРОБНИЦТВА ПЕРИКЛАЗОШПІНЕЛЬНИХ ВОГНЕТРИВІВ

Останніми роками периклазошпінельні вогнетриви привертають значну увагу як екологічно безпечна альтернатива периклазохромітовим матеріалам. Численні дослідження довели, що такі вогнетриви забезпечують довший термін служби в умовах експлуатації обортових цементних печей та, головне, виключають утворення токсичних сполук Cr^{6+} . У зв'язку з цим розробка нових складів і вдосконалення технологій виробництва периклазошпінельних матеріалів є одним із ключових напрямів сучасного вогнетривкового матеріалознавства.

Основна увага дослідників зосереджується на вивченні фізико-технологічних властивостей периклазошпінельних матеріалів, що визначаються мікроструктурою, а також впливу різних добавок на їх експлуатаційні характеристики.

Оксид магнію (периклаз) є базовим компонентом завдяки високій хімічній стійкості у контакт з цементним клінкером. Водночас вогнетриви з чистого MgO характеризуються низькою термічною стабільністю. Для її підвищення додають компоненти з іншим коефіцієнтом теплового розширення (корунд, шпінель), що покращує термостійкість, а також тонкоподрібнені добавки ZrO_2 та TiO_2 , які сприяють утворенню високотемпературних фаз та підвищують міцність.

Результати роботи [1] показали, що алюмовмісні добавки (електрокорунд, глинозем, спечена та плавлена шпінель) незначно впливають на пористість і щільність, але істотно змінюють механічні властивості. Зокрема, плавлена шпінель з оптимальним вмістом Al_2O_3 забезпечила найкращі показники міцності при стиску та згині за кімнатної температури та при 1300°C , а також високу термостійкість.

Натомість глинозем та електрокорунд показали знижену стійкість до дії цементного клінкеру.

Сучасні дослідження охоплюють широкий спектр методів синтезу шпінелі: твердофазне спікання, осадження, золь-гель технології, сублімаційне сушіння, гідротермальні процеси. Вони доповнюються введенням спеціальних добавок, спрямованих на ущільнення структури. Добре відомо, що використання високочистої сировини, утворення міцних прямих зв'язків MgO-MgO та MgO-шпінель і мінімізація низькоплавких силікатних фаз забезпечують отримання матеріалів з високою міцністю, покращеною стійкістю до клінкерної корозії та стабільністю розмірів за високих температур.

Важливим технологічним прийомом є застосування поліфракційного зернового складу шихти, що забезпечує щільніше пакування, підвищує щільність і знижує пористість готових виробів.

Кількість та тип шпінелі у складі шихти є визначальними для експлуатаційних властивостей вогнетривів. Згідно з [1–5], саме шпінельна фаза, а не периклаз, взаємодіє з клінкером з утворенням захисного шару.

При вмісті шпінелі понад 50 мас. % спостерігається швидке руйнування скелетної структури на межі «вогнетрив – клінкер».

Оптимальні показники стійкості та міцності виявлені за вмісту шпінелі 15–40 мас. %, а найкраще співвідношення властивостей – при 20–25 мас. %.

Патентні джерела [5, 6] підтверджують доцільність введення 5–30 мас. % шпінелі у високоякісних периклазошпінельних матеріалах.

Таким чином, контроль вмісту шпінелі є ключовим чинником для забезпечення оптимального балансу між міцністю, термостійкістю та корозійною стійкістю.

Традиційно у складі таких вогнетривів використовувалася алюмомагнезійальна шпінель. Проте останнім часом з'явилися нові напрями – застосування герцинітових та плеонастових шпінелей, що дало поштовх до створення периклазогерцинітових та периклазоплеонастових матеріалів.

Периклазогерцинітові вогнетриви на основі MgO та FeAl_2O_4 стали важливою тенденцією у розвитку безхромових матеріалів. Введення герциніту знижує модуль пружності, підвищує гнучкість та зменшує крихкість при термічних навантаженнях, а також покращує здатність до утворення захисного шару та стійкість до дії лугів і клінкерної корозії. Технологічно їх виробництво не відрізняється від виготовлення традиційних периклазошпінельних матеріалів.

Перспективним напрямком є поєднання різних типів шпінелей (алюмозалізистої, алюмотитанової, алюмомарганцевої та алюмомагнезійної), що дозволяє підвищити стійкість вогнетривів до комплексного впливу високотемпературних, механічних і корозійних факторів.

Аналіз літературних та патентних джерел свідчить, що перспективність розвитку периклазошпінельних вогнетривів визначається оптимізацією складу шихти, контролем вмісту шпінельної фази та застосуванням нових комбінацій шпінельних структур. Поєднання різних типів шпінелей у складі матеріалу відкриває нові можливості для підвищення довговічності та екологічної безпечності футерівки обертових цементних печей.

Література

1. Shubin V. I., Sakulin V. Y., Migal' V. P., Gershkovich S. I., Margishvili A. P., Bulin V. V. Choosing functional additives for optimizing the properties of periclase-spinel components. *Refractories and Industrial Ceramics*. 2007. Vol. 48, No 1. P. 69–72. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11148-007-0029-1>.
2. Lin X., Yan W., Ma S., Chen Q., Li N., Han B., Wei Y. Corrosion and adherence properties of cement clinker on porous periclase-spinel refractory aggregates with varying spinel content. *Ceramics International*. 2017. Vol. 43, No 6. P. 4984–4991. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2017.01.00>.
3. Wu G., Yan W., Schafföner S., Lin X., Ma S., Zhai Y., Liu X., Xu L. Effect of magnesium aluminate spinel content of porous aggregates on cement clinker corrosion and adherence properties of lightweight periclase-spinel refractories. *Construction and Building Materials*. 2018. Vol. 185. P. 102–109. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.07>.
4. Шихта для изготовления алюможелезистой шпинели и огнеупоров с использованием алюможелезистой шпинели: пат. 105389 Российская Федерация. № 2013159119/03; заявл. 30.12.2013; опубл. 20.02.2015, Бюл. № 5. 10 с.
5. Magnesia spinel refractory brick: pat. 6,261,983 B1 United States. No 09/481,576; appl. 12.01.2000; publ. 17.07.2001. 10 p.
6. Шихта для виробництва периклазошпінельних вогнетривів: пат. 77591 Україна. № u201207748; заявл. 25.06.2012; опубл. 25.02.2013, Бюл. № 4. 5 с.