

УДК691.335:699.8

Плугін А.А., Лютий В.А., Савчук Ю.Ю., Звєрева А.С.
 Український державний університет залізничного транспорту
 (пл. Фейєрбаха, 7, Харків, 61050, Україна; e-mail: plugin_aa@kart.edu.ua)

КОМПОЗИЦІЇ НА ОСНОВІ ШЛАКОЛУЖНОГО В'ЯЖУЧОГО ДЛЯ РЕМОНТУ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД, ЩО ПІДДАЮТЬСЯ ВПЛИВУ ГАЗОПОДІБНИХ АГРЕСИВНИХ СЕРЕДОВИЩ

Стаття присвячена обґрунтуванню складу безцементної композиції проникної дії на основі доменного гранульованого шлаку і силікату натрію. Наведено результати дослідження впливу вмісту гідроксиду натрію і комплексної хімічної добавки, що забезпечує проникну дію, на фізико-механічні властивості композиції, а також електронно-мікроскопічних досліджень

Ключові слова: композиція проникної дії, шлаколужні в'язучі

Вступ. Під час тривалої експлуатації залізобетонні конструкції інженерних споруд зазнають пошкоджень від механічних навантажень, температурно-вологісних впливів і деформацій, впливу агресивних середовищ, інших зовнішніх і внутрішніх факторів [1-3]. Сучасні теплоенергетика, металургія, транспорт тощо обумовлюють великі обсяги викидів агресивних газоподібних, рідких і твердих речовин, витоку електричних струмів і відповідних потенціалів, які впливають на будівельні конструкції та споруди. Це вимагає нормувати і призначати відповідні заходи із захисту будівельних конструкцій та споруд від агресивних впливів хімічно та біологічно активних середовищ, електричних струмів і потенціалів. Дуже інтенсивно пошкодження утворюються і розвиваються в конструкціях інженерних споруд металургійних підприємств (рис. 1) [4]. Захист конструкції від агресивних впливів передбачає виготовлення конструкцій та зведення споруд із матеріалів, стійких до цих впливів (первинний захист), виконання захисних покриттів із антикорозійних матеріалів (вторинний захист) тощо [5]. Одним із популярних і ефективних сучасних способів захисту і ремонту залізобетонних конструкцій є застосування композицій проникної дії на основі портландцементу [6, 7].

Мета дослідження – обґрунтування і розробка складу композиції проникної дії для захисту і ремонту інженерних споруд, що піддаються впливу газоподібних агресивних середовищ.



Рис.1. Корозійні пошкодження залізобетонної прогонової споруди автодорожнього шляхопроводу на території Маріупольського металургійного комбінату «Азовсталь» внаслідок впливу газоподібного агресивного середовища з підвищеним вмістом кислих газів (вуглекислого газу CO_2 і сірчаного ангідриду SO_2)

Завдання досліджень: виконати теоретичні та експериментальні дослідження з розробки складу композиції проникної дії для захисту і ремонту інженерних споруд, що піддаються впливу газоподібних агресивних середовищ металургійних підприємств, дослідити особливості структури затверділої композиції.

Аналітичний огляд літературних джерел. Для розробки нових ефективних композицій проникної дії звертають на себе увагу шлаколужні в'язучі, що виготовляються із доменних гранульованих шлаків і мають досить високу корозійну стійкість в багатьох середовищах [8, 9]. Тому розробка композицій проникної дії на основі цих в'язучих, які були б стійкими в умовах експлуатації металургійних підприємств і могли б виготовлятися із наявної на них сировини, є актуальним завданням.

Створення таких композицій одночасно сприятиме розв'язанню екологічних та економічних проблем (використання відходів промисловості).

Композиції проникної дії для ремонту і захисту конструкцій інженерних споруд металургійних підприємств мають бути стійкими в умовах їх експлуатації. На ці конструкції впливає специфічна атмосфера, що містить гази, рідкі й тверді аерозолі [4].

Проникна дія, зчеплення з ремонтваною поверхнею і водонепроникність композицій проникної дії залежать від їх структури [11, 12] і досягаються за рахунок введення хімічних [13-15] та мінеральних добавок [16-18], дисперсного армування [19-24]. Комплекс таких добавок, серед яких нітрати, карбонати, сульфати, хлориди натрію і кальцію, запропоновані у [14, 15, 18, 22-24], проте дія цієї комплексної добавки перевірена лише для портландцементу та його різновидів.

Мінеральні добавки й дисперсне армування обумовлюють утворення щільної водонепроникної структури покриття, знижують усадкові явища. Хімічні добавки обумовлюють утворення комплексних солей - гідронітро-, гідрокарбо-, гідросульфо-, гідрохлоралюмінатів кальцію, що колюють поровий простір як покриття, так і поверхневого шару бетону ремонтваної конструкції (за рахунок дифузійного проникнення іонів) і забезпечують їм повну водонепроникність. Умови утворення, морфологічні особливості, характер розташування у структурі цементного цих комплексних солей досліджені у роботах [12, 25-28]. Вплив шлаку на властивості композицій проникної дії досліджувався і враховувався у [29, 24], проте не для безцементних в'язучих.

Матеріали і методи досліджень. Як компоненти розроблюваної композиції застосовували пісок кварцовий з модулем крупності 1,1, доменний гранульований шлак ПАТ «ММК «Азовсталь» (маріупольський), мелений до проходу крізь сито 008 не менше 85 %, гідроксид натрію NaOH. У складі комплексної хімічної добавки, що

забезпечує проникну дію і водонепроникність композиції, застосовували нітрати, карбонати, сульфати, хлориди натрію і кальцію у співвідношенні, встановленому у [14, 15, 18, 22-25]. Із всіх компонентів готували суху суміш, яку безпосередньо перед застосуванням замішували водою. Досліджували залежність середньої густини, вологопоглинання, міцності на згин і стиск, водостійкості (коефіцієнта розм'якшення) композиції від вмісту гідроксиду натрію і комплексної хімічної добавки.

Для розробки композиції досліджували залежності її властивостей від вмісту компонентів. Співвідношення у базовому складі: піску - 60 %, шлаку - 35 %, гідроксиду натрію - 5 % за масою. Кількість гідроксиду натрію варіювали від 2 до 20 %, комплексної хімічної добавки - до 3 %. Під час збільшення кількості гідроксиду натрію і комплексної хімічної добавки співвідношення піску і шлаку 60:35 зберігали. Для визначення міцності на згин і стиск і середньої густини, водопоглинання, водостійкості (коефіцієнта розм'якшення) із суміші виготовляли зразки-балочки розміром 40×10×10 мм, які випробували після встановленого терміну природного твердіння стандартними (традиційними) методами. Коефіцієнт розм'якшення визначали як відношення міцності зразка на стиск у водонасиченому до постійної маси стані до міцності на стиск у повітряно-сухому стані.

Дослідження структури шлаколужного каменю здійснювали електронно-мікроскопічним методом на відколах за допомогою скануючого електронного мікроскопу Philips XL 30 ESEM-FEG під напругою 15 кВ. Дослідження проводили в інституті будівельних матеріалів ім. Ф.А.Фінгера Веймарського архітектурно-будівельного університету.

Результати досліджень та їх аналіз. В результаті експериментальних досліджень було отримано залежності міцності на стиск, середньої густини та інших властивостей композиції від вмісту гідроксиду натрію, комплексної хімічної добавки, терміну твердіння (рис. 2), за допомогою яких розроблено склади композиції.

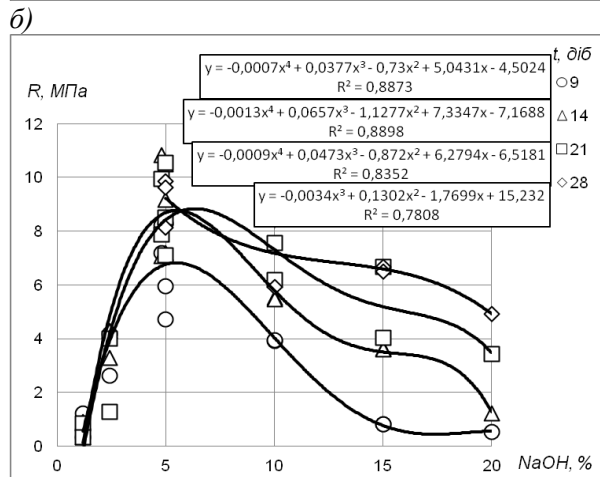
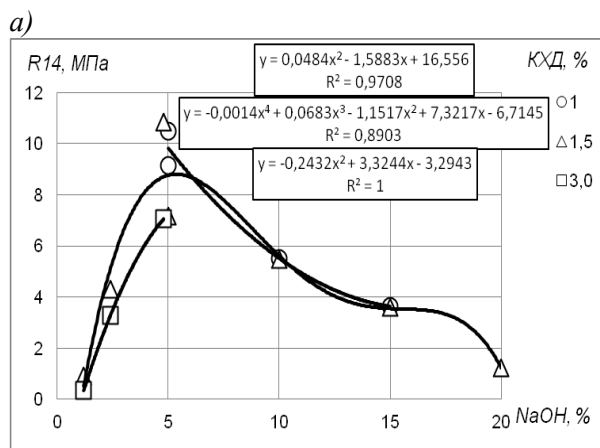


Рис. 2 Залежність міцності на стиск композиції від вмісту гідроксиду натрію за різного вмісту комплексної хімічної добавки КХД (а) та у різні терміни твердіння (б, вміст КХЖ узагальнено)

Результати дослідження структури отриманої композиції наведено на електронно-мікроскопічних знімках рис. 3. В результаті аналізу знімків рис. 3 та інших встановлено таке. На рис. 3, а видно частку піску і частки шлаку, вкриті продуктами гідратації. Продукти гідратації переважно гелеподібні (рис. 3, в-д), очевидно, гідросилікатний гель і цеолоітоподібні натрієво-кальцієві гідроалюмосилікати. У меншій кількості спостерігаються кристалічні продукти гідратації - призматичні кристали довжиною до 2 мкм (рис. 3, б, з, д), очевидно, комплексні солі алюмінатних AFm та AFt фаз [26]. Не спостерігаються гексагональні пластини портландиту, що може свідчити про загальний дефіцит кристалічних продуктів гідратації. Більшість пор – розміром до 2 мкм між продуктами гідратації (рис. 3, з, д), найбільший розмір пор – до 10 мкм (рис. 3, б).

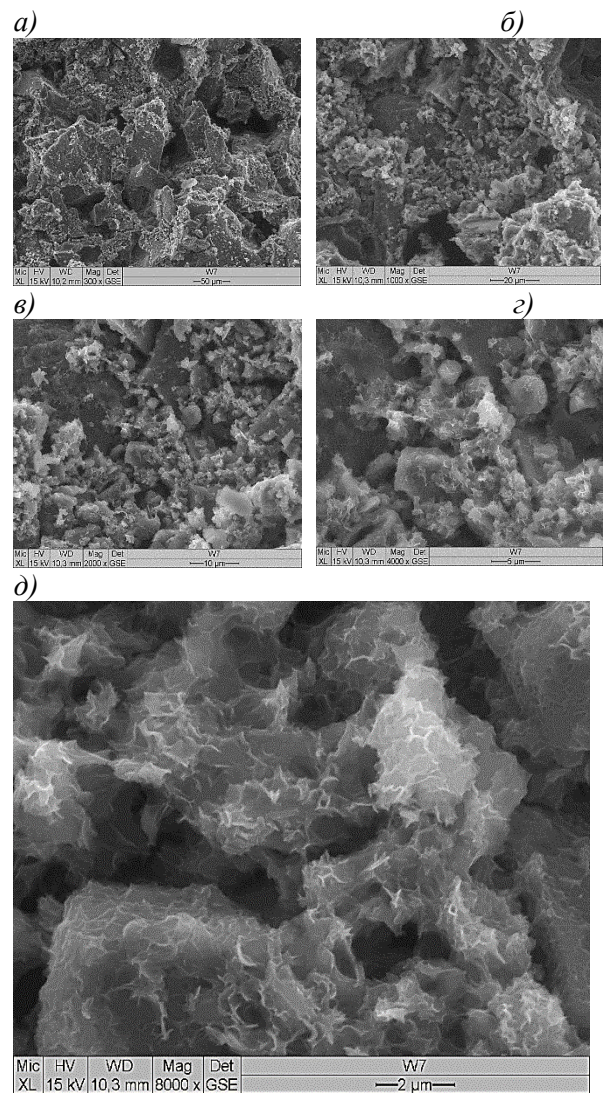


Рис. 3 Електронно-мікроскопічні знімки композиції зі збільшенням: а – $\times 300$; б – $\times 1000$; в – $\times 2000$; з – $\times 4000$; д – $\times 8000$. Кожний наступний знімок є збільшеним фрагментом попереднього

Висновки. В результаті проведених досліджень розроблено склад композиції проникної дії на основі шлаколузного в'язучого для захисту і ремонту інженерних споруд, що піддаються впливу газоподібних агресивних середовищ зі вмістом і комплексної хімічної добавки 1 %.

В результаті електронно-мікроскопічних досліджень встановлено: продукти гідратації композиції переважно гелеподібні, очевидно, гідросилікатний гель і цеолоітоподібні натрієво-кальцієві гідроалюмосилікати, кристалічні продукти гідратації представлені в меншій кількості призматичними кристалами, очевидно, комплексних

солей алюмінатних фаз; розмір пор в структурі композиції переважно не перебільшує 2 мкм, хоча зустрічаються окремі пори розміром до 10 мкм.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Пухонто, Л. М. Довговічність залізобетонних конструкцій інженерних споруд. – Москва, 2004. – С. 6-13.
2. Плугін, А.А. Аналіз впливу агресивних дій на конструкції та споруди залізниць: Промислові та цивільні будівлі та споруди / А.А. Плугін, В.І. Наконечний, Є.Г. Щур, О.А. Калінін, С.В. Мірошніченко, Д.А. Плугін // Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті: Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків, 2007. – Вип.87. – С.68–79.
3. Плугін, А.А. Аналіз впливу агресивних дій на конструкції та споруди залізниць: Огляд характерних пошкоджень залізобетонних, бетонних і кам'яних конструкцій штучних споруд / А.А. Плугін, В.О. Систренський, О.О. Скорик, С.В. Мірошніченко, О.А. Калінін, Д.А. Плугін // Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті: Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків, 2007. – Вип.87. – С.79–88.
4. Савчук, Ю.Ю. Агресивні впливи на залізобетонні конструкції залізничних мостів на металургійних підприємствах / Ю.Ю. Савчук, В.А. Лютий, А.А. Плугін // Композиційні будівельні матеріали і виробы – шляхи підвищення надійності, довговічності, корозієстійкості: Зб. матер. Всеукр. інтернет-конфер. молодих учених і студентів. – Полтава, 2015. – С.27–29.
5. Бабушкін, В.І. Захист будівельних конструкцій і споруд від агресивних дій з рішенням практичних задач / В.І. Бабушкін, А.А. Плугін, І.Е. Казімагомедов, О.О. Скорик. – Харків: УкрДАЗТ, 2006. – 214 с.
6. Бабушкин, В.И. Безусадочные сухие строительные смеси широкого спектра действия / В.И. Бабушкин, Т.А. Костюк, Е.В. Кондращенко, О.Ю. Прошин // Всерос. научно-практ. конфер. «Строительное материаловедение – теория и практика». – Москва: СИП РИА, 2006. – С.106-108.
7. Bondarenko, D.O. Multifunctional composites «Viatron» in construction / D.O. Bondarenko, R.A. Yakovleva, T.O. Kostyuk, O.Yu. Proshin // 30th SAMPE Europe International Jubilee Conference. – Paris, 2009. – P.563-569.
8. Кривенко, П.В. Долговечность шлакощелочного бетона / П.В. Кривенко, Е.К. Пушкарева. – Київ: Будівельник, 1993. – 224 с.
9. Бродко, О.А. Шлакощелочные вяжущие и бетоны повышенной кислотостойкости / Дисс... к.т.н.: 05.23.05. – Киев: КИСИ, 1991. – 227 с.
10. Буренина, Е.М. Загрязнение воздуха: Электронный учебник по экологии / Е.М. Буренина, Е.П. Буренин. – Парский Угол (Моршанский р-н, Тамбовская обл.), 2003 [Электронне джерело] / Режим доступу: <http://www.burenina.narod.ru/6-3.htm>
11. Костюк, Т.А. О формировании структуры проникающей гидроизоляции / Т.А. Костюк, Е.В. Кондращенко // Научный вестник строительства. – Харків: ХДТУБА, 2007. – Вип.43. – С.138-141.
12. Салия, М.Г. Физико-химические исследования цементного камня с химическими и минеральными добавками, повышающими трещиностойкость и водонепроницаемость / М.Г. Салия, Т.А. Костюк, Ю.А. Спирин, А.А. Плугин // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків, 2012. – Вип.130. – С.49–56.
13. Костюк, Т.А. Обоснование выбора солей-электролитов для содержащих кальцит и стекло волокно комплексных добавок в гидроизоляционные смеси / Т.А. Костюк, А.А. Плугин, Н.Н. Партала, М.Г. Салия, Д.А. Бондаренко // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. – 2012. – №44 – С.105-108.
14. Пат.103280 UA Композиційний матеріал для ремонтних та інших будівельних робіт / Т.А. Костюк, В.Н. Арутюнов, А.А. Плугін, О.В. Старкова, Д.О. Бондаренко; ХНУБА. – Заявл.08.10.2012. – Заявка № а 2012 11582 UA. – Опубл.25.09.2013. – Бюл. №18.
15. Пат.103852 UA Композиційний матеріал для екстреного ремонту та відновлення бетонних та кам'яних споруд / Т.А. Костюк, В.Н. Арутюнов, А.А. Плугін, О.В. Старкова, Д.О. Бондаренко, ХНУБА. – Заявл.06.11.2012. – Заявка № а 2012 12669. – Опубл.25.11.2013. – Бюл. №22.

16. Плуґин, А.А. Обоснование выбора наполнителей для гидроизоляционных сухих смесей на основе портландцемента / А.А. Плуґин, Т.А. Костюк, М.Г. Салия и др. // VIII Междунар. научно-практ. конфер. «Ключевые вопросы в современной науке – 2012». – София: БялГрад-БГ, 2012. – Т.29. – С.62-67.
 17. Плуґин, А.А. Применение карбонатных минеральных добавок для снижения усадки цементных растворов / А.А. Плуґин, Т.А. Костюк, Д.А. Бондаренко, М.Г. Салия // Наук. вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, 2010. – Вип.59. – С.157-162.
 18. Пат.107431 UA Композиційний матеріал для фарбування з гідроізоляційними властивостями / А.А. Плуґін, Т.О. Костюк, Д.О. Бондаренко, О.А. Плуґін, Н.М. Партала, С.Г. Нестеренко; УкрДАЗТ. – Заявл.05.12.2013. – Заявка № а 2013 14204. – Опубл.25.12.2014. – Бюл. №24.
 19. Кондращенко, Е.В. Влияние фиброармирования на свойства смесей проникающего действия / Е.В. Кондращенко, Т.А. Костюк // Коммунальное хозяйство городов. – 2007. – Вып.76. – С.59-63.
 20. Плуґин, А.А. Изотропное микроармирование цементного камня продуктами гидратации для повышения физико-механических характеристик гидроизоляционных покрытий / А.А. Плуґин, М.Г. Салия, Т.А. Костюк // Вісник НТУ «ХП». – Харків, 2011. – Вип.50. – С.97-103.
 21. Плуґин, А.А. Гидроизоляционные составы на основе портландцемента, армированные полимерными волокнами: Оценка возможности применения полиэфирной микрофибры / А.А. Плуґин, В.А. Арутюнов, Т.А. Костюк // 3б. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків, 2013. – Вип.138. – С.70-77.
 22. Костюк, Т.А. Влияние волокнистых наполнителей на физико-механические свойства цементных композитов / Т.А. Костюк, А.А. Плуґин, Ал.А. Плуґин // 3б. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків, 2014. – Вип.148. – Ч.2. – С.32-38.
 23. Plugin, A.A. Interaction of Mineral and Polymer Fibers with Cement Stone and their Effect on the Physical-Mechanical Properties of Cement Composites / A.A. Plugin, T.O. Kostyuk, O.A. Plugin, D.O. Bondarenko, Yu.A. Sukhanova, N.N. Partala // International Journal of Engineering Research in Africa. – 2017. – V.31. – pp. 59-68. - doi:10.4028/www.scientific.net/JERA.31. 59
 24. Пат.111024 UA Композиція для виготовлення рулонного матеріалу для гідроізоляції та ремонту / УкрДУЗТ; А.А. Плуґін, Т.О. Костюк, О.А. Плуґін, Д.О. Бондаренко, Н.М. Партала, Ю.А. Суханова. – Заявл. 17.11.2014. – Заявка № 2014 12308. – Опубл.10.03.2016. – Бюл. №5.
 25. Demina, O.I. Interaction of Portland cement hydration products with complex chemical additives containing fiberglass in moisture-proof cement compositions / O.I. Demina, A.A. Plugin, E.V. Dedenyova, D.O. Bondarenko, T.A. Kostuk, A.I. Bondarenko // Functional Materials, 2017; 24 (3), p. 415-419. doi: 10.15407/fm24.03.415
 26. Matschei, T. The AFm phase in Portland cement / T. Matschei, B. Lothenbach, F.P. Glasser // Cement and Concrete Research. – 2007. – 37(2). – pp. 118-130. – doi.org/10.1016/j.cemconres.2006.10.010
- Плуґин А.А., Лютий В.А., Савчук Ю.Ю., Зверева А.С. КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ШЛАКОЩЕЛОЧНОГО ВЯЖУЩЕГО ДЛЯ РЕМОНТА ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ, ПОДВЕРГАЮЩИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ ГАЗООБРАЗНЫХ АГРЕССИВНЫХ СРЕД.** Статья посвящена обоснованию состава бесцементной композиции проникающего действия на основе доменного гранулированного шлака и силиката натрия. Приведены результаты исследования влияния содержания гидроксида натрия и комплексной химической добавки, обеспечивающей проникающее действие, на физико-механические свойства композиции, а также электронно-микроскопических исследований.
- Ключевые слова:** композиция проникающего действия, шлакощелочные вяжущие.
- Plugin A.A., Lyuti V.A., Savchuk Yu.Yu., Zvereva A.S. COMPOSITIONS BASED ON SLAG-ALKALI BINDER FOR THE REPAIR OF ENGINEERING STRUCTURES EXPOSED TO GASEOUS AGGRESSIVE MEDIA.** The article is devoted to the substantiation of the non-cement composition of penetrating action on the basis of blast furnace granulated slag and sodium silicate. The results of the investigation of the influence of the content of sodium hydroxide and the complex chemical additive that provides penetrating action on the physical and mechanical properties of the composition and the results of electronic-microscopic study are given.
- Key words:** composition of penetrating action, silicic acid binders.