



Киричок В. І.



Кривенко П. В.



Гузій С. Г.

Киричок В. І., м.н.с.,

e-mail: v.kyrychok@gmail.com, +380930320640

Кривенко П. В., д.т.н., директор,

e-mail: pavlo.kryvenko@gmail.com, +380679762397

Гузій С. Г., к.т.н., с.н.с.,

e-mail: sguziy@ukr.net, +380956122693

Науково-дослідний інститут в'язучих речовин

та матеріалів ім. В.Д. Глуховського,

Київський національний університет будівництва та архітектури,

Повітрофлотський пр., 31, м. Київ, 03037, Україна

V. Kyrychok, Junior Researcher,

e-mail: v.kyrychok@gmail.com +380930320640

P. Kryvenko, D.Sc, Director,

e-mail: pavlo.kryvenko@gmail.com, +380679762397

S. Guzii, PhD., Senior Scientist,

e-mail: sguziy@ukr.net, +380956122693

Scientific-Research Institute for Binders

and Materials named after V.D.Glukhovsky,

Kyiv National University of Construction and Architecture,

Povitroflotskiy ave.31, Kyiv, 03037, Ukraine

ДИСПЕРСНЕ АРМУВАННЯ ЛУЖНИХ АЛЮМОСИЛІКАТНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ БЕТОНУ ВІД КОРОЗІЇ

ДИСПЕРСНОЕ АРМИРОВАНИЕ ЩЕЛОЧНЫХ АЛЮМОСИЛКАТНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ БЕТОНА ОТ КОРРОЗИИ

DISPERSE REINFORCEMENT OF ALKALINE ALUMINOSILICATE COATINGS FOR PROTECTION OF CONCRETE FROM CORROSION

Анотація. Проведено літературний огляд та аналіз проблеми тріщиноутворення захисних покриттів, запропоновано ефективний метод підвищення їх тріщиностійкості протягом усього терміну експлуатації. Досліджено вплив армування матриці лужних алюмосилікатних покриттів на їх технологічні та фізико-механічні властивості. Проаналізовано мікроструктуру покриття та контактної зони «покриття – армуючий компонент», встановлено вид та оптимальну кількість армуючого компоненту з забезпеченням технологічних та експлуатаційних властивостей захисного покриття.

Ключові слова: захисне покриття, армування, лужний алюмосилікат.

Анотация. Проведен литературный обзор и анализ проблемы трещинообразования защитных покрытий, предложен эффективный метод повышения их трещиностойкости в течении всего срока эксплуатации. Исследовано влияние армирования матрицы щелочных алюмосиликатных покрытий на их технологические и физико-механические свойства. Проанализированы микроструктуру покрытия и контактной зоны «покрытие – армирующий компонент», установлен вид и оптимальное количество армирующего компонента с обеспечением технологических и эксплуатационных свойств защитного покрытия.

Ключевые слова: защитное покрытие, армирование, щелочной алюмосиликат.

Annotation. A literature review and analysis of the problem of the cracking of protective coatings is carried out. The effect of reinforcing the matrix of alkali aluminosilicate coatings on their technological and physical-mechanical properties is studied. Analyzed the microstructure of the coating and the contact zone «coating – reinforcing component», set type and the optimal amount of reinforcing component for providing of technological and performance properties.

Keywords: protective coating, reinforcement, alkaline aluminosilicate.

Вступ

У сучасному будівництві захист будівель та споруд від дії факторів навколишнього середовища виконують за допомогою утворення ізоляції на межі розділу фаз «будівля–навколишнє середовище», яка обмежує або виключає їх вплив. До одного з видів такої ізоляції відносяться захисні покриття, довговічність та ефективність яких визначається стійкістю їх матриці до дії навколишнього середовища та збереженням їх суцільності, тобто тріщиностійкості, протягом усього терміну їх експлуатації. Основними вихідними параметрами при проектуванні складів захисних покриттів являються умови структуроутворення та експлуатації, враховуючи ці параметри можна досягнути найвищих показників їх експлуатаційних властивостей.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

У роботах наукової школи НДІВМ ім. Глуховського В.Д. було підтверджено високу стійкість штучного каменю на основі лужних алюмосилікатних зв'язуючих (ЛАЗ) до дії сильноагресивних середовищ [1-3], та запропоновано використання їх в якості матриці захисних покриттів для будівельних конструкцій [4-7].

Для забезпечення умов твердіння та структуроутворення захисних покриттів їх розчинова суміш повинна мати оптимальне наповнення, достатню рухливість, високу тиксотропність та водоутримувальну здатність. Основні процеси структуроутворення покриттів відбуваються на стадіях його пе-

ремішування, нанесення на основу та твердіння. Тріщиноутворення покриття на цих стадіях обумовлене усадочними деформаціями внаслідок випаровування води та поглинання її основою. Тому забезпечення оптимальних умов на даній стадії забезпечується за допомогою поліфракційного складу наповнювачів та використання у складі покриття органічних та мінеральних модифікаторів [8, 9].

Тріщиноутворення покриттів на стадії їх експлуатації є наслідком напружень, які виникають під дією механічних навантажень, температурних чи вологісних градієнтів. При експлуатації будівель чи споруд у агресивному навколишньому середовищі тріщиностійкість захисних покриттів являється основною вимогою. Для захисту залізобетонних та бетонних конструкцій цей показник покриттів являється особливо важливим з огляду можливості розкриття тріщин при їх експлуатації [10, 11].

Згідно даних робіт [12,13] для оцінки тріщиностійкості композитних матеріалів використовують умовний коефіцієнт тріщиностійкості, тобто відношення міцності на стиск до його міцності на розтяг при згині. Аналіз робіт [14, 15] щодо армування композитних матеріалів показує, що за допомогою введення до їх складу армуючих компонентів фізико-механічні показники суттєво зростають, особливо міцність композиту на розтяг при згині. Отже армування покриттів здатне суттєво підвищити їх тріщиностійкість протягом їх терміну експлуата-

ції. Тому з метою перекривання тріщин, зменшенню деформативності покриття та підвищення його тріщиностійкості були проведені дослідження з армування композиту покриття.

Мета даної роботи – проаналізувати вплив виду і кількості армуючих компонентів на технологічні та експлуатаційні властивості захисних покриттів на основі лужних алюмосилікатних зв'язуючих. Для досягнення цієї мети поставлені наступні завдання:

- дослідити вплив виду армуючих компонентів на властивості захисних покриттів;
- проаналізувати формування структури армованих покриттів;
- визначити оптимальну кількість армуючих компонентів у складі захисних покриттів.

Матеріали та методи

У виробництві захисних матеріалів [16, 17] для їх армування використовують такі види армуючих компонентів: поліпропіленова фібра (ППФ), базальтова фібра (БФ) та базальтова луска (БЛ) рис. 1.



Рисунок 1. Армуючі компоненти для захисних покриттів: а) поліпропіленова фібра; б) базальтова фібра; в) базальтова луска

Основним показниками оцінки впливу армуючих компонентів на формування структури покриття було обрано фізико-механічні характеристики композиту та умовний коефіцієнт тріщиностійкості $K_{тр}$, відношення міцності при згині до міцності при стиску. Оцінку щільності покриття проводили за допомогою фотографій мікроструктури композиту, технологічні властивості покриття оцінювали за допомогою розтічності розчинових сумішей.

Перед замішуванням розчинової суміші окремо готували рідку та суху частину покриття. До складу рідкої частини входили: лужний компонент та його хімічні модифікатори, до сухої – складові зв'язуючого, органічні добавки та наповнювачі. Армуючі компоненти вводили до сухої частини у кількості 1-3% від маси ЛАЗ у суміші, тобто сумарної маси рідкого лужного компоненту та сухих складових зв'язуючого. Після приготування рідкої та сухої частини покриття, їх ретельно сумісно перемішували за допомогою змішувача HOBART, проводили дослідження розтічності розчинової суміші, та формували зразки 40x40x160мм. Твердіння покриття відбувалось 28 діб при температурі $20 \pm 2^\circ\text{C}$: першу добу у формах, після чого відбувалось розпалублення та поміщення зразків у вологе середовище $W=95 \pm 5\%$. Після твердіння зразків покриття проводили випробування їх на міцність при стиску і згині, досліджували їх мікроструктуру та обчислювали умовний коефіцієнт тріщиностійкості.

Результати дослідження

Результати випробувань щодо впливу армувальних компонентів на властивості покриттів наведені у вигляді діаграм на рис. 2-4.

Згідно даних наведених на рис. 2 введення до складу покриття 1% поліпропіленової фібри призводить до збільшення міцності при згині на 4÷8% та міцності при стиску на 1÷3%, проте введення ППФ до складу покриття супроводжується різким зниженням розтічності суміші до 18.5 см.

Аналізуючи вплив базальтової фібри на фізико-механічні характеристики покриття рис. 3, варто вказати, що міцність при згині зростає на 8÷20% та міцність при стиску на 9÷16%, додавання до складу покриття 1% БФ також супроводжується сильним погіршенням розтічності розчинової суміші до 19см.

Введення до складу покриття базальтової луски згідно рис. 4 основним чином має вплив на міцність його при згині, збільшуючи її на 14÷25%, а міцність при стиску зростає лише на 5÷10%. Розчинова суміш з вмістом у складі 1% БЛ характеризується достатнім показником розтічності – 20.2 см.

Для оцінки ефективності впливу армуючих компонентів на тріщиностійкість були виконані розрахунки умовного коефіцієнту тріщиностійкості покриттів $K_{тр}$, отримані результати наведено на рис 5.

Згідно рис. 5 можна зазначити, що найвищим умовним коефіцієнтом тріщиностійкості характеризується покриття з вмістом у своєму складі базальтової луски, збільшення коефіцієнту в порівнянні з покриттям без армування на 10÷15%. Поліпропіленова фібра також підвищує цей коефіцієнт на 3÷6%, базальтова фібра практично не змінює даний показник, що говорить про досить низьку її ефективність щодо підвищення тріщиностійкості покриття.

З огляду цифрових фотографій мікроструктури покриттів на рис. 6 можна зазначити, що поліпропіленова фібра у складі покриття виступає як інертна структура, на контактній зоні між фіброю та лужним алюмосиліка-

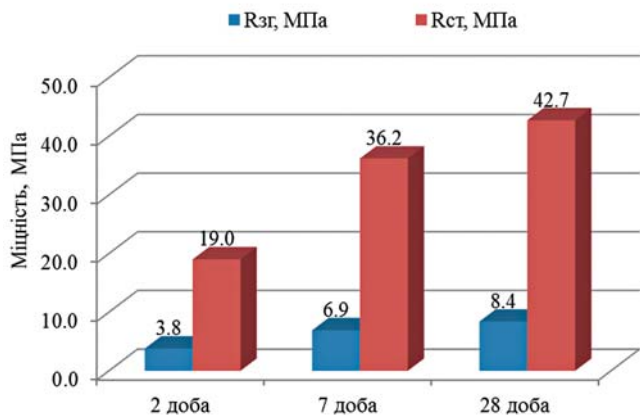


Рисунок 2. Вплив введення до складу покриття 1% ППФ від маси ЛАЗ на його фізико-механічні характеристики

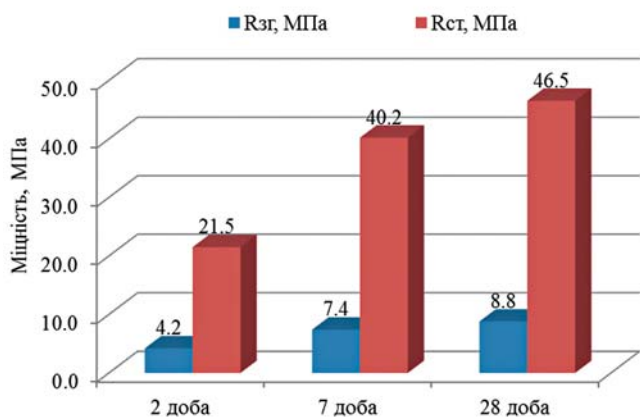


Рисунок 3. Вплив введення до складу покриття 1% БФ від маси ЛАЗ на його фізико-механічні характеристики

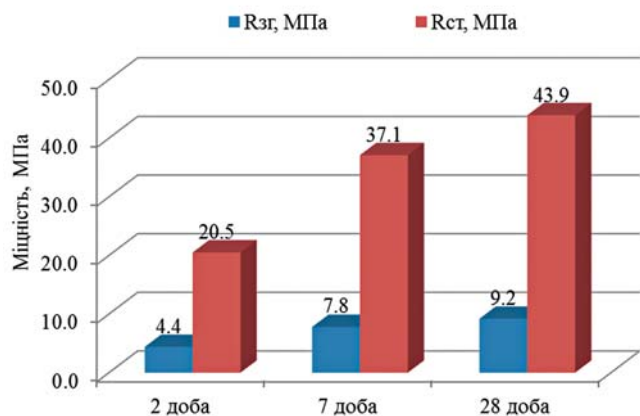


Рисунок 4. Вплив введення до складу покриття 1% БЛ від маси ЛАЗ на його фізико-механічні характеристики

том не виявлено щільного контакту. Аналіз контактної зони між алюмосилікатом та базальтовими армуючими компонентами, показує що контакт більш щільний та на поверхні волокон та луски наявні гідратні новоутворення алюмосилікату. Армування фіброю відбувається лише в одному напрямку, тоді як базальтова луска армує композит у двох напрямках, що і пояснює вищі показники тріщиностійкості захисного покриття.

Тріщиностійкість покриття зростає з підвищенням його здатності чинити опір напруженням розтягу, при армуванні матриці покриття його міцність при згині збільшується, але погіршуються показники рухомості розчинової суміші.

Тому, проаналізувавши результати досліджень впливу виду армуючого компоненту на формування структури покриттів можна зазначити, що найкращими показниками фізико-механічних випробувань та тріщиностійкості покриття характеризується склад з вмістом базальтової луски. Тому по-

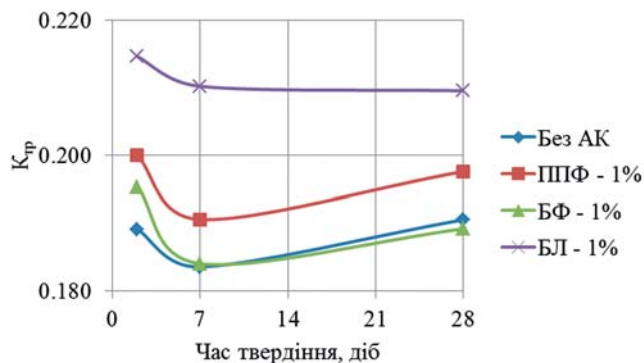


Рисунок 5. Вплив введення до складу покриття армуючих компонентів на його умовний коефіцієнт тріщиностійкості ($K_{тр}$)



Рисунок 6. Фотографії мікроструктури покриття з армуючими компонентами: а) ППФ – 1%; б) БФ – 1%; в) БЛ – 1%;

дальші дослідження були направлені на визначення впливу кількості базальтової луски на розтічність розчинової суміші та умовний коефіцієнт тріщиностійкості покриття, результати випробувань наведені у вигляді графіку на рис. 7.

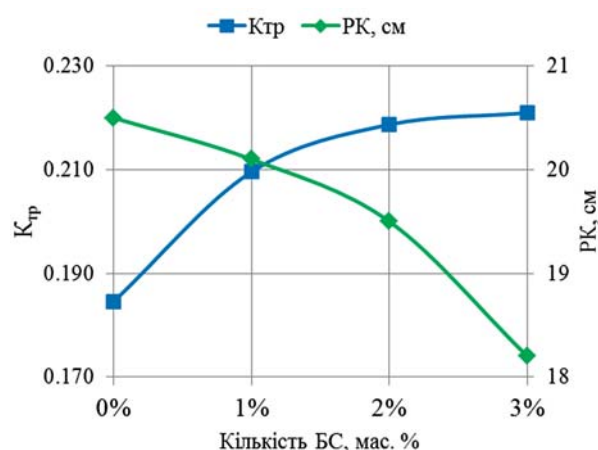


Рисунок 7. Вплив кількості БС на розтічність розчинової суміші (ПК) та умовний коефіцієнт тріщиностійкості покриття (K_{тр})

На рис. 7 наведено діаграму результатів дослідження впливу кількості базальтової луски на рухомість розчинової суміші та тріщиностійкість покриття. З огляду діаграми можна зазначити, що різке підвищення коефіцієнту тріщиностійкості відбувається при введенні до складу покриття 1÷2% базальтової луски, подальше збільшення її кількості призводить до різкого зниження рухомості суміші та незначного підвищення коефіцієнту тріщиностійкості покриття.

Висновок

З огляду дослідження впливу виду і кількості армуючих компонентів на технологічні та експлуатаційні властивості захисних покриттів на основі лужних алюмосилікатних зв'язуючих необхідно зазначити:

- Внесення до складу лужного алюмосилікатного покриття армуючих компонентів сприяє підвищенню їх міцнісних характеристик та умовного коефіцієнту тріщиностійкості.
- Найвищим показником тріщиностійкості захисного покриття характеризуються склади з вмістом у своєму складі в якості армуючого компоненту базальтової луски.
- Аналіз мікроструктури захисних покриттів вказує на те, що контактна зона «алюмосилікатне покриття – базальтова луска» характеризується найвищою щільністю.
- Оптимальною кількістю для підвищення тріщиностійкості покриття, з забезпеченням технологічності розчинової суміші, являється 1÷2% базальтової луски від маси лужного алюмосилікатного зв'язуючого.

Подальші дослідження будуть направлені на оптимізацію складу захисного покриття для бетону на основі лужного алюмосилікатного зв'язуючого та визначення його експлуатаційних властивостей.

Подяка

Автори висловлюють подяку за фінансову підтримку роботи, яка виконувалась в рамках бюджетного фінансування відповідно до наказу МОН України № 1243 від 31.10.2014, теми № 1ДБ-2015 (реєстр. № 0115U000332).

Література:

1. Kryvenko, P. Sulfate Resistance of Alkali Activated Cements [Text] / P. Kryvenko, S. Guzii, O. Kovalchuk, V. Kyrychok // Materials Science Forum. – 2016. – Vol. 865. – P. 95–106. doi: 10.4028/www.scientific.net/msf.865.95
2. Киричок В. І. Корозійна стійкість модифікованих геоцементів отриманих за умов нормальних температур / В. І. Киричок, П. В. Кривенко, С. Г. Гузій. // Будівельні матеріали, виробництво та санітарна техніка. – 2016. – №57. – С. 32–40.
3. Krivenko P. V., Popel G. N., 1997. Corrosion Resistant Coatings Based on Alkaline Aluminosilicate Binders. Proc. International Conference on Durability of Concrete, pp. 241–254 (Sydney, Australia).
4. Guzii, S. G. Rehabilitation of Concrete Surfaces of Hydropower Engineering Structures Deteriorated by Soft Corrosion and Cavitation [Text] / S. G. Guzii, R. Hela, V. I. Kirichok // Advanced Materials Research. – 2013. – Vol. 688 – P. 107–112. doi: 10.4028/www.scientific.net/amr.688.107
5. Krivenko, P. V. Geocement-based Coatings for Repair and Protection of Concrete Subjected to Exposure to Ammonium Sulfate [Text] / P. V. Krivenko, S. G. Guzii, V. I. Kyrychok // Advanced Materials Research. – 2014. – Vol. 923. – P. 121–124. doi: 10.4028/www.scientific.net/amr.923.121
6. Kyrychok, V. Influence of Temperature on Structure Formation Processes Geocements for Rehabilitation of Concrete [Text] / V. Kyrychok, R. Drochytka, P. Kryvenko // Advanced Materials Research. – 2015. – Vol. 1122. – P. 111–114. doi: 10.4028/www.scientific.net/amr.1122.111
7. Guziy S., Kryvenko P., Kyrychok V. Technological features of the application of geocement-based coatings for protection of concrete from exposure of ammonium salts, – Proc. AMCM 2014, 2014. – pp. 550-559.
8. Raupach M, Wolff L. Long-term durability of surface protection systems over concrete. J Protect Coat Linings 21(6) – 2004. – pp. 29-37.
9. M.V. Diamanti, A. Brenna, F. Bolzoni, M. Berra, T. Pastore, M. Ormellese, Effect of polymer modified cementitious coatings on water and chloride permeability in concrete, Constr. Build. Mater. 49 – 2013. – pp. 720-728.
10. Stark J.; Wicht B. (2001) Dauerhaftigkeit von Beton: Der Baustoff als Werkstoff, Weimar: Baupraxis.
11. Page C. L.; Page M. M. (2007) Durability of Concrete and Cement Composites, Elsevier.
12. Леонов В.В., Артемьева О.А., Кравцова Е.Д. Материаловедение и технология композиционных материалов – Красн.: СФУ, 2007. –241с.
13. Chung Deborah D.L., Composite Materials: Science and Applications, 2nd Edition. – N.Y. : Springer, 2010. – 349 p.
14. Brigante D. New Composite Materials: Selection, Design, and Application, Springer International Publishing, Switzerland, 2014. – 210 p.
15. Coatings Technology Handbook, Third Edition / Arthur A. Tracton. // – New York, Taylor & Francis 2007. – 370 p.
16. Paint and Coatings: Applications and Corrosion Resistance / Philip A., Schweitzer P.E. // – New York, Taylor & Francis 2006. – 652 p.
17. Fernando Pacheco-Torgal, João Labrincha, C Leonelli, A Palomo, P Chindaprasit, Handbook of Alkali-Activated Cements, Mortars and Concretes – N.Y. : Springer, 2014. – 852 p.