

*Р.С. Яковчук, Р.В. Пархоменко, канд. техн. наук, доцент,
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)
М.М. Гивлюд, д-р техн. наук, професор, С.П. Брайченко, канд. техн. наук
(НУ «Львівська політехніка»)*

РОЗКРИТТЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ІНТУМЕСЦЕНТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ АТМОСФЕРО-ВОГНЕЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ БУДІВЕЛЬНИХ ВИРОБІВ НА ОСНОВІ БЕТОНУ

Розглянуто проблему корозійної активності будівельних виробів спричиненої комплексною дією несприятливих атмосферних факторів та високих температур. Наведено класифікацію загальних ознак, за якою проводять оцінку характеру корозійного процесу та ступеня агресивної дії різних речовин зовнішнього середовища, що призводить до руйнування бетону. Обґрунтовано необхідність підвищення корозійної стійкості бетону та стійкості до дії вогню нанесенням атмосферо-вогнезахисних покриттів.

Розкрито особливості інтумесцентної технології захисту будівельних виробів від пожеж, а також описано фактори, які зумовлюють вогнезахисну ефективність покриттів інтумесцентного типу.

Ключові слова: довговічність бетонних виробів, корозія бетону, вогнестійкість, атмосферо-вогнезахисні покриття, вогнезахист, коефіцієнт теплопровідності, інтумесцентна технологія.

Вступ. За рівнем технічних та економічних показників бетон є основним конструкційним матеріалом, який займає пріоритетне місце в загальній структурі світового виробництва будівельної продукції. Використання бетону та залізобетону зробило революцію в галузі технології будівництва, дало змогу зводити унікальні висотні будівлі та споруди. Сучасне будівництво неможливо уявити без залізобетону, який широко використовується у житловому секторі та будівлях громадського призначення, а також при зведенні інженерних споруд різного застосування, тощо.

Бетон в якості будівельного матеріалу відповідає таким критеріям, як міцність, жорсткість, довговічність, можливість надання йому складних форм. Однак, забезпечення такого важливого критерію, як довговічність бетонних та залізобетонних будівельних конструкцій залишається серйозною проблемою.

Постановка проблеми. Під час експлуатації будівельних виробів на основі бетону через комплексну дію несприятливих атмосферних факторів та високих температур значно підвищується їх корозійна активність. Особливо необхідно відзначити, що проблема довговічності тісно пов'язана з питанням корозії бетону. Цементний камінь бетонних споруд не є інертним щодо впливу зовнішнього середовища та руйнується набагато швидше, ніж природні гірські породи. Слід відзначити, що руйнування проходить значно глибше при дії на бетон води, яка містить розчинні солі, кислоти та інші хімічні речовини.

Хімічні та фізико-хімічні процеси, які проходять на поверхні бетону і у навколишньому середовищі, та внутрішні – між складовими цементного каменю і наповнювача, призводять до порушення його монолітності. Критичним фактором, який впливає на бетонні конструкції при дії вогню та високих температур, є втрата несучої здатності і, як наслідок, їх руйнування.

Тому актуальним питанням сучасного будівельного матеріалознавства є забезпечення надійної експлуатації та високої довговічності бетонних виробів і конструкцій завдяки відомим методам підвищення як корозійної стійкості бетону, так і його стійкості до дії вогню.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Оцінку характеру корозійного процесу та ступеня агресивної дії різних речовин зовнішнього середовища, що призводить до руйнування бетону, проводять за класифікацією, згідно з загальними ознаками. Тому виділяють три види корозії бетону [1, 2].

Перший вид корозії включає процеси, що проходять у бетоні при дії рідких речовин, які можуть розчиняти компоненти цементного каменю та виносити їх зі структури бетону.

Другий вид корозії включає процеси обмінних реакцій між компонентами цементного каменю та агресивного середовища з утворенням нових продуктів, які виносяться з бетону при дифузії вологи або осідають у вигляді аморфної маси.

Третій вид корозії включає процеси, в результаті яких накопичуються та кристалізуються малорозчинні продукти реакції зі збільшенням об'єму твердої фази в порах бетону, що приводить до збільшення внутрішніх напружень та пошкодження його структури.

При проектуванні бетонних та залізобетонних конструкцій для експлуатації в агресивному середовищі необхідно забезпечувати їх корозійну стійкість шляхом використання корозійно-стійких вихідних матеріалів та добавок, які підвищують вказаний показник, а також зниженням його газопроникності технологічними заходами, зокрема завдяки захисному шару бетону.

У випадку недостатньої ефективності вказаних засобів повинен передбачатися захист поверхні конструкції [3]:

- лакофарбовими покриттями (ЛФП);
- ізоляцією із листових та плівкових матеріалів;
- личкуванням, футеруванням або використанням виробів з кераміки, шлакоси- лікатів, скла, природнього каменю;
- штукатурними покриттями на основі цементних, полімерних в'язучих, рідкого скла та бітуму;
- ущільненням просочувальними хімічно стійкими матеріалами.

Найважливішим елементом системи пожежної безпеки будівель і споруд є забезпечення вогнестійкості будівельних конструкцій до необхідного рівня протягом регламентованого часу. Виконання цієї вимоги знижує ймовірність загибелі людей під час пожеж, а також зменшить матеріальні збитки від них. Одним з найбільш ефективних і доступних способів підвищення вогнестійкості будівельних конструкцій є вогнезахист [4], тобто обробка їх поверхні вогнезахисними покриттями.

Виклад основного матеріалу. Головною метою вогнезахисту залізобетонних будівельних конструкцій є максимальне зниження швидкості їх прогрівання, для запобігання руйнуванню через тиск парів в порах, під дією термічних напружень, а також через різниці в температурних коефіцієнтах лінійного розширення різних заповнювачів бетону. Так, наприклад, металеві конструкції, швидко нагріваючись під час пожежі, вже при 500°C втрачають свою несучу здатність, а підвищення температури більш ніж 300°C на поверхні залізобетонних конструкцій призводить до їх руйнування.

На даний час перспективними серед відомих типів покриттів є композиційні лакофарбові покриття, які спучуються (інтумесцентного типу) [5].

Інтумесцентна технологія захисту будівельних виробів від пожеж полягає у створенні на їх поверхні спученого теплоізоляційного шару, який має низькі показники теплопровідності. Цей шар не дозволяє вогню пошкодити будівельні конструкції, а високій температурі, яка виникає під час пожежі, нагрівати їх до критичних значень, при яких вони втрачають свою несучу здатність та руйнуються.

Доцільність використання спучувальних вогнезахисних покриттів зумовлена насамперед тим, що вони тонкошарові, при нагріванні не виділяють токсичних речовин, мають високу вогнезахисну ефективність, а їх приготування та нанесення на поверхню (як ручним способом, так і механізованими методами) дає змогу застосовувати загальноприйнятую у лакофарбовій промисловості технологію загальноприйнятую лакофарбову технологію.

У звичайних умовах експлуатації ці покриття виконують захисні антикорозійні функції, завдяки використанню корозійностійких вихідних матеріалів та добавок. Атмосферостійкість захисних покриттів характеризується їх високою ізолювальною здатністю. Крайовий кут змочування таких покриттів більший за 90 градусів, а водопоглинання захищеного бетону знаходиться в межах 0,18-0,58 мас. %, що у 10-25 разів менше від вихідного.



Рис. 1. Спучений шар вогнезахисного покриття інтумесцентного типу, нагрітого до температури 600°C

Формування якісного захисного покриття на поверхні бетону залежить від складу вихідних композицій, фізико-хімічного складу бетону та умов тверднення. При впливі високої температури покриття спучується (рис. 1), збільшуючись по товщині в десятки разів завдяки утворенню негорючого і поризованого шару з щільністю $3 \cdot 10^{-3} - 3 \cdot 10^{-2} \text{ г/см}^3$ і низькими коефіцієнтами теплопровідності. Поризований шар діє як бар'єр для впливу вогню та високих температур, тим самим зменшуючи швидкість прогрівання конструкцій углиб приблизно в 100 разів.

Ефективне спучення цього виду покриттів досягається тільки за наявності в їх складі спеціальних компонентів (наповнювачів), які виконують певні функції, а також при оптимальному кількісному співвідношенні між цими компонентами.

За своїми основними функціями компоненти вогнезахисних покриттів інтумесцентного типу поділяють на такі групи:

- плівкоутворювачі (стирол-акрилові дисперсії, епоксидні і силіційорганічні смоли);
- карбонізуючі сполуки (пентаеритрит, дипентаеритрит та ін);
- неорганічні кислоти та їх похідні (фосфорна кислота, поліфосфат амонію та ін.);
- спінюючі агенти (порофори, меламін тощо).

Також до складу таких вогнезахисних покриттів входять галогенвмісні добавки, деякі пігменти і наповнювачі.

Спучення покриттів супроводжується різними фізико-хімічними процесами, що протікають, як правило, в певній послідовності з підвищенням температурного впливу на вогнезахисну композицію. Механізм спучення покриттів вивчений недостатньо детально. Це пов'язано з тим, що основні реакції, що призводять до отримання захисного поризованого шару, протікають в межах високих температур (до 900°C), що ускладнює моделювання зазначених процесів.

Крім того, такі вогнезахисні покриття є багатокомпонентними композиційними матеріалами. Це, своєю чергою, зумовлює велику кількість можливих взаємодій між утвореними при високих температурах компонентами вогнезахисного покриття. При цьому передбачити напрямок високотемпературних реакцій також досить складно.

Вогнезахисна ефективність покриттів інтумесцентного типу зумовлена різними факторами:

- ендотермічним відведенням тепла, що витрачається на різні фазові і хімічні перетворення інгредієнтів в процесі утворення спученого шару. Газоподібні продукти, які при цьому виділяються (аміак, вуглекислий газ, азот, водяна пара), проходячи через нагрітий вогнезахисний шар, значно охолоджують його, відводячи таким чином значну кількість енергії;

- термічним опором утвореного вогнезахисного шару, який залежить від його теплопровідності, термостабільності, товщини, структури, кінетики та умов отримання;
- здатністю до поглинання падаючого теплового потоку поверхнею утвореного вогнезахисного шару.

Спучений вогнезахисний шар також обмежує дифузію летких продуктів деструкції полімеру до поверхні полум'я. Збільшення термостійкості поризованого шару призводить до зростання температури його поверхні і сприяє підвищенню витрати енергії на нагрівання.

Надійність тривалої експлуатації вогнезахисних покриттів значною мірою залежить від взаємодії покриття з підкладом, яка характеризується силою адгезійного зчеплення. При формуванні покриття проходять такі процеси: змочування і розтікання суспензії; утворення площі контакту між двома фазами; утворення адгезійного зв'язку. На межі розділу покриття і підкладу можуть відбуватися фізико-хімічні процеси, які впливають на величину адгезійної міцності. До числа таких процесів належать: хімічна взаємодія контактуючих тіл, адсорбція молекул і груп молекул (головним чином покриття) на межі розділу фаз, дифузія молекул одного із контактуючих тіл в об'єм іншого. Фізико-хімічні процеси ініціюються підвищенням температури і залежать від часу контакту покриття з поверхнею підкладу.

Висновки. Будівельні матеріали на основі бетону під час експлуатації у вологих атмосферних умовах та при дії високих температур піддаються корозійному впливу зовнішніх агресивних чинників. Тому, для збільшення довговічності таких матеріалів необхідно проводити їх поверхневу обробку захисними матеріалами. Утворення вогнезахисного спученого шару з оптимальними захисними властивостями при дії на покриття високих температур визначається значною мірою складом розробленої вогнезахисної речовини, кількісним співвідношенням між компонентами і хімічними процесами, що протікають при його формуванні. Тому знання основних функціональних властивостей компонентів і хімічних процесів їх перетворень в кінцеві продукти є ключовим фактором для цілеспрямованого підвищення ефективності атмосферо-вогнезахисних покриттів.

Список літератури:

1. **Коррозия** бетона и железобетона, методы их защиты / В.М. Москвин, Ф.М. Иванов, С.Н. Алексеев, Е.А. Гузеев. – М.: Стройиздат, 1980. – 536 с.
2. **Федосов С.В.**, Базанов С.М. Сульфатная коррозия бетона. / С.В. Федосов, С.М. Базанов. – М.: Издательство АСВ, 2003. – 192 с.
3. **Бабушкин В.И.** Защита строительных конструкций от коррозии, старения и износа. / В.И. Бабушкин. – Харків: Вища школа, 1989. – 168 с.
4. **ДСТУ-Н-П Б В.1.1-29-2010.** Захист від пожежі. Вогнезахисне оброблення будівельних конструкцій. Загальні вимоги та методи контролювання.
5. **Огнезащитные** вспучивающиеся покрытия / А.В. Павлович, В.В. Владенков, В.Н. Изюмский, С.Л. Кильчицкая // Ж-л «Лакокрасочная промышленность». Издательство ЛКМ-пресс, 2012. – С. 22-26.

Р.С. Яковчук, Р.В. Пархоменко, Н.Н. Гивлюд, С.П. Брайченко

РАСКРЫТИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ИНТУМЕСЦЕНТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ АТМОСФЕРО-ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ БЕТОНА

Рассмотрена проблема коррозионной активности строительных изделий за счет комплексного воздействия неблагоприятных атмосферных факторов и высоких температур. Приведена классификация общих признаков, по которым оценивают характер коррозионного процесса и степень агрессивного воздействия различных веществ внешней среды, что приводит к разрушению бетона. Обоснована необходимость повышения коррозионной стойкости бетона и устойчивости к воздействию огня, нанесением атмосферо-огнезащитных покрытий.

Раскрыты особенности интумесцентной технологии защиты строительных изделий от пожаров, а также описаны факторы, обуславливающие огнезащитную эффективность покрытий интумесцентного типа.

Ключевые слова: долговечность бетонных изделий, коррозия бетона, огнестойкость, атмосферо-огнезащитные покрытия, огнезащита, коэффициент теплопроводности, интумесцентная технология.

R.S. Yakovchuk, R.V. Parkhomenko, M.M. Hyvlyud, S.P. Braychenko

DISCLOSURE OF FEATURES INTUMESCENT TECHNOLOGY FIRE AND ATMOSPHERIC PROTECTIVE COATINGS FOR BUILDING PRODUCTS BASED ON CONCRETE

The problem of corrosion activity of construction products due to the complex effects of adverse weather conditions and high temperatures. A classification of the common grounds on which to assess the nature and extent of the corrosion process aggressive influence of various substances of the environment, which leads to the destruction of the concrete. The necessity of improving the corrosion resistance of concrete and resistance to fire, the application of fire and atmospheric protective coatings.

The features of intumescent protection technology of building products from fires, and describes the factors that contribute to the effectiveness of fire retardant intumescent coating type.

Keywords: durability of concrete products, concrete corrosion, fire resistance, fire and atmospheric protective coatings, fire protection, thermal conductivity, intumescent technology.