

**АННОТАЦИЯ**

Доказана целесообразность введения в состав цементной системы бетона компонентов, которые демпфируют, с целью снижения усадочных напряжений в процессе твердения бетона. Установлено, что проявление факторов, определяющих механизм демпфирования цементного камня и бетона, зависит от двух параметров демпфирующего компонента: его упругости и размера. Рассчитанные значения усадочных напряжений в сочетании с известными экспериментальными данными по релаксации напряжений цементного камня и бетона, а также полученные данные прямых измерений усадочных напряжений позволили провести следующую оценку влияния этого фактора на физико-механические характеристики бетона.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** бетон, сухое формование, прочность, цементная матрица, кристаллогидратный сросток, структура бетона, водонасыщение.

**ANNOTATION**

The expediency introduction of the system of cement concrete components, damping factor, to reduce shrinkage stresses in the hardening concrete. Established that the expression of factors that determine the damping mechanism of cement stone and concrete, depends on two parameters damping component: its firmness and size. Estimated value of shrinkage stress in combination with known experimental data from stress relaxation cement stone and concrete, as well as the data of direct measurements of shrinkage stress was allowed to hold the next assessment of the impact of this factor on the physical and mechanical properties of concrete.

**Keywords:** concrete, drymolding, strength, cement matrix, damping components, crystalline-hydrate joint.

**УДК 620.179.680**

**Горда О.В., к.т.н., доц., Пузько О.О., асп., КНУБА, м. Київ**

**ДОСЛІДЖЕННЯ СУМІЖНИХ ДЕФЕКТІВ НА ЦИФРОВОМУ ЗОБРАЖЕННІ ДЕФЕКТУ ТИПУ «ТРИЩИНА»**

Актуальність проведених досліджень обумовлена необхідністю розробки методів неруйнівного контролю технічного стану будівель та споруд серед яких важливе місце займає візуальний контроль. Розглядається поняття суміжної області, як одного з елементів дефекту типу тріщина. Проведений аналіз представлення суміжних дефектів магістральної тріщини на цифровому зображенні в оптичному діапазоні на металах та сплавах, їх типи, природа походження та вплив на виникнення та розвиток дефекту типу "тріщина".

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** цифрове зображення, дефект типу "тріщина", елементи дефекту, суміжна область, корозія, колірний простір.

**Актуальність та аналіз проблеми.** Новітні апаратні засоби візуального спостереження дають змогу ефективно використовувати оптичні методи на основі цифрових зображень, для моніторингу процесу будівництва та технічного стану будівель та споруд. Дефект типу «тріщина» (ДТТ) може представляти собою небезпечну загрозу для ОБ в залежності від його локалізації та ступеню розвитку, який значною мірою визначається геометричними характеристиками тріщини [5]. Такі характеристики тріщини, як ширина, протяжність, розкриття, а також місце розташування і ступінь захищеності від зовнішніх впливів дозволяють визначити чи є дійсно пошкодження і ступінь його небезпечності.

Необхідно зазначити, що процес формування та розвитку ДТТ, супроводжується таким побічним ефектом, як наявність суміжних дефектів різної природи та типу (рис.1), який може значною мірою сприяти послабленню матеріалу в місці виникнення ДТТ і приводити до загострення пошкодження.



Рис. 1. Зображення тріщини та суміжних дефектів: а) просідання; б) розтріскування; в) корозія

Попередня локалізація дефектів на цифровому зображенні значною мірою залежить від таких факторів отримання знімку, як апаратні засоби, умови зйомки та властивості матеріалу, які формують фон для задачі виявлення дефекту. Отже, задача виявлення ДТТ та визначення його впливу на об'єкт моніторингу, може бути встановлений тільки після ретельного аналізу, як об'єкту, так і його технічної документації.

Сьогодні існує ряд методів, які дозволяють частково вирішити дану задачу та дозволяють виділити певні елементи ДТТ, а саме русло, корінь, точку росту, точку розгалуження і берег магістральної тріщини, але цього не достатньо для визначення повного впливу ДТТ на об'єкт. Враховуючи загрози, які несе ДТТ для будівель та споруд та необхідність проведення ремонтних робіт для його усунення актуальною стає задача не тільки оцінки параметрів самого дефекту, а і аналізу пошкоджень, які його супроводжують (суміжних об'єктів).

**Метою дослідження** є аналіз суміжної області ДТТ, що включає супутні пошкодження, врахування якої дає повне представлення про геометричні параметри дефекту. При виконанні досліджень будемо брати до уваги той факт, що спостереження ДТТ проводиться в оптичному діапазоні на основі цифрових зображень, що обумовлює ряд особливостей представлення дефекту. Необхідно зазначити, що дефект може бути представлений на зображенні не повністю, а окремими фрагментами. Така ситуація виникає, коли величина дефекту перевищує область за якою може вестися спостереження, і яка залежить від характеристик оптичного приладу та умов зйомки. Отже, задача визначення суміжної області повинна вирішуватись як з урахуванням факторів, які впливають на отримання зображення, так і особливостей представлення тріщини на ньому.

**Виклад основного матеріалу.**

Розглянемо більш детально елементи ДТТ, які схематично представлено рис. 2. До області яка виділяється будемо відносити, як сам ДТТ

з його традиційними елементами: русло, рів та берег магістральної тріщини, так і його супутні дефекти (суміжні об'єкти).

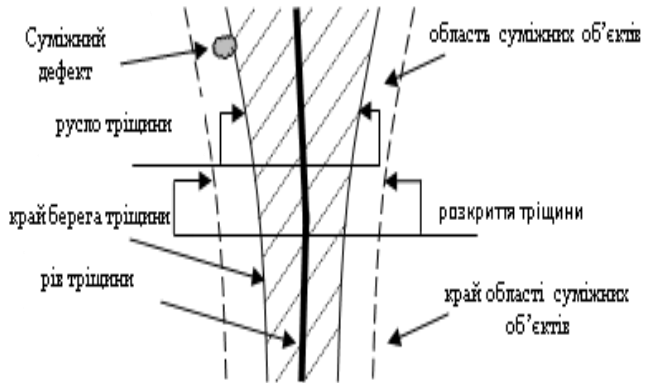


Рис. 2. Схематичне представлення ДТТ

Під суміжними об'єктами магістральної тріщини будемо розуміти дефекти різноманітного типу, які знаходяться в безпосередній близькості до берегів магістральної тріщини або доторкаються до них.

Формально суміжну область можна представити як фігуру, що утворюється множиною точок які визначають тріщину як відстань берегів до її русла плюс деякий  $\varepsilon$ -окіл, який включає крайню точку розташування суміжного дефекту:

$$O = \left\{ (x_0, y_0) \mid ((x_0 - x(t))^2 + (y_0 - y(t))^2 \pm \varepsilon) \leq d^2 \right\}, \quad (1)$$

де  $x = x(t)$ ,  $y = y(t)$  – параметрично задана лінія берегів тріщини,

$x_0, y_0$  – координати середньої лінії (визначає русло тріщини),

$\varepsilon$  – відстань від берегів до крайньої точки зони розташування суміжного дефекту.

У процесі експлуатації будівельні конструкції під дією напружень піддаються деформації, яка може призвести до руйнування. Процес виникнення та розвитку тріщини складний та багатоетапний [1]. Спочатку тріщини

зароджуються, поширюються, збільшення дефекту протікає в основному за рахунок поглиблення русла та розходження країв, що надалі спричиняє руйнування матеріалу. Слід зазначити, що перебіг процесу руйнування матеріалу залежить від ряду фізико-хімічних і біологічних факторів, які по-різному впливають на властивості та стан матеріалу, що обумовлює утворення суміжних дефектів різного типу, а також може бути причиною появи ДТТ [2].

Розглянемо природу утворення суміжних дефектів на ОБ, які можна локалізувати на цифровому зображенні, з урахуванням зв'язків типу "причина-наслідок" між ДТТ і факторами що впливають на його утворення та розвиток. Аналіз будемо проводити на прикладі металів та металевих сплавів, які мають широке застосування на будівництві. Їх руйнування може відбуватися в результаті впливу різноманітних факторів [4], які супроводжують процес виготовлення, будівництва та експлуатації. Розглянемо виникнення ерозії та корозії. Необхідно зазначити, що процеси виникнення ерозії та корозії на металах та їх сплавах можуть відбуватися одночасно або в різних послідовностях, що призводить до певних змін їх властивостей. Розглянемо вплив декількох процесів виникнення дефектів на прикладі металевого леза лопати при взаємодії з вологим абразивним ґрунтом. Під впливом механічних дій, які виникають в процесі тертя металевого леза та абразивного ґрунту, на антикорозійному шарі та металевому лезі утворюються потертості, в результаті чого незахищені ділянки, піддаються впливу електрохімічної корозії, яка виникає при взаємодії незахищеного металу з вологою. Деякі прояви цих процесів можна спостерігати в оптичному діапазоні на цифровому зображенні, а саме відмінність кольору неушкоджених ділянок поверхні металевого леза від кольору областей, уражених продуктами корозії. Така різниця колірних просторів дає можливість виділити контури уражених ділянок. Уражена ділянка послаблює металеве лезо, в результаті чого, під час

критичних навантажень вірогідність утворення на ньому ДТТ збільшується. В якості прикладу розглянемо сталеве пофарбоване лезо (рис. 3), на якому уражені ділянки будуть спостерігатися у діапазоні жовтого кольору, який відповідає кольору процесів корозії сталі і вологи (іржа). Якщо взяти алюмінієве пофарбоване лезо, то на ньому уражені ділянки будуть спостерігатися у вигляді синюватих матових ділянок, Цей колір є характерним для корозійних процесів саме алюмінію. Отже, наявність технічних характеристик об'єкту дослідження, інформація про умови експлуатації та наявність даних про характеристики руйнувань дає можливість виявити та локалізувати дефекти на цифровому зображенні.



Рис. 3. Вплив корозійних і ерозійних процесів на металеве лезо: а) алюмінієве; б) сталеве

Розглянемо загальне представлення корозійних руйнувань на поверхні металів та металевих сплавів, не залежно від типів корозійних процесів, які їх породжують, а саме характер зміни поверхні та ступінь зміни фізико-механічних властивостей, які можна спостерігати в оптичному діапазоні на цифровому зображенні [6]. Можна виділити наступні види пошкоджень [3]:

1. Корозія розповсюджена по всій поверхні матеріалу – це загальна (суцільна) корозія металів та металевих сплавів. Вона являється найменш небезпечним видом корозії, так як матеріал, з якого зроблена конструкція, втрачає свої властивості незначною мірою. Розрізняють наступні типи загальної корозії:

- рівномірна корозія, коли поверхня металу рівномірно роз'їдається зовнішнім середовищем без змін в топографії поверхні (рис. 4). На цифровому

зображенні вона спостерігається як зміна кольору продуктів корозії, які проявилися на поверхні. Товщина шару продуктів корозії однорідна, за рахунок чого спостерігається однорідність фактури поверхні яка складає фон на цифровому зображенні. До такої корозії, наприклад, відноситься корозія вуглецевої сталі в розчинах сірчаної кислоти;

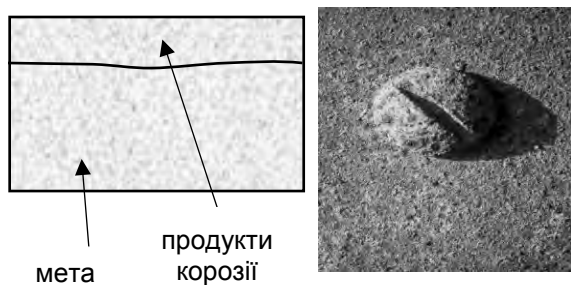


Рис. 4. Рівномірна корозія

- нерівномірна корозія, коли поверхню металу під шаром продуктів корозії носить «поритий» характер (рис. 5). На поверхні виникають місця більш глибоких ушкоджень – корозійні каверни. В місцях корозійних каверн на цифровому зображенні за рахунок зміни товщини шару продуктів корозії спостерігаються різкі зміни яскравості кольору. В місцях більш глибокого проникнення корозії метал нерівномірно втрачає міцність, що збільшує вірогідність утворення ДТТ. До такого виду корозії відноситься корозія вуглецевої сталі в морській воді.

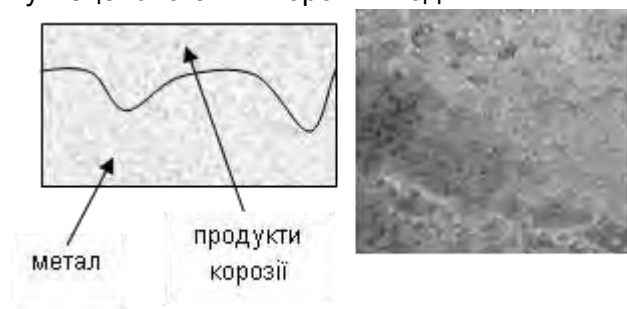


Рис. 5. Нерівномірна корозія

2. Місцева корозія – руйнування окремих ділянок поверхні матеріалу з різним ступенем пошкодження. Розрізняють наступні типи місцевої корозії:

- корозія плямами – ураження окремих ділянок, у формі плям (рис. 6). Така корозія поширюється порівняно неглибоко і займає відносно великі ділянки

поверхні. На цифровому зображенні ділянки, які піддалися руйнуванню спостерігається за рахунок перепаду кольору і яскраво вираженні в порівнянні з не пошкодженими ділянками. До такого виду корозії, наприклад, відноситься корозія вуглецевої сталі, яка частково піддалася впливу вологи;

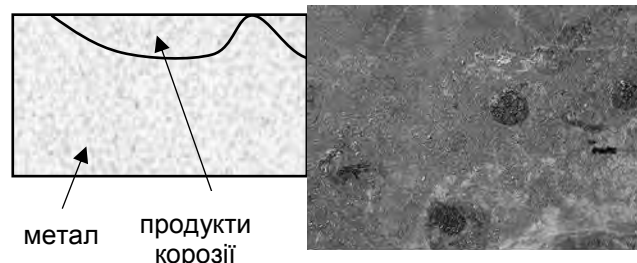


Рис. 6. Корозія плямами

- корозія виразками – руйнування сконцентровані в обмежених ділянках, з великою глибиною проникнення в шар метал (рис. 7). На цифровому зображенні ураження спостерігаються за рахунок перепаду кольору між неушкодженими та ушкодженими ділянками у вигляді плям з неоднорідним забарвленням. Глибина кольору корозії змінюється в залежності від глибини ушкодження. В залежності від величини ділянки та глибини проникнення корозії вірогідність утворення ДТТ збільшуються. До такого виду корозії, наприклад, відноситься корозія вуглецевої сталі, яка частково піддалася впливу морської води;

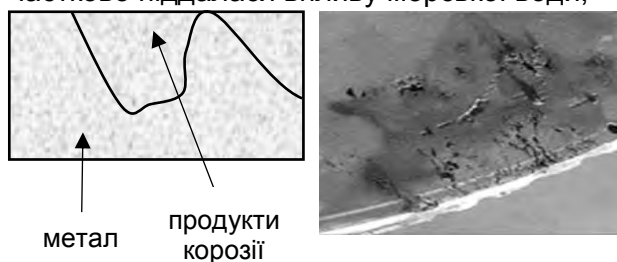


Рис. 7. Корозія виразками

- точкова (піттингова) корозія – ураження утворюються у вигляді скупчення маленьких ділянок (точок) (рис. 8). На цифровому зображенні спостерігається у вигляді точок відповідного кольору. На зображеннях, отриманих з малою роздільною здатністю або при поганому освітленні може спостерігатись як "затуманена" область;

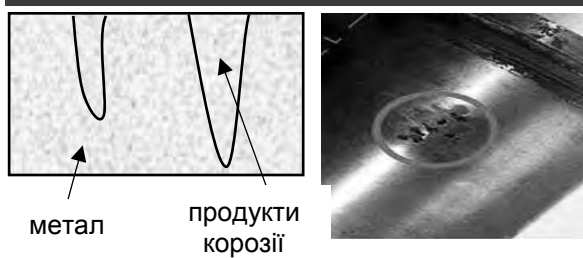


Рис. 8. Точкова (піттингова) корозія

• підповерхнева корозія – корозія поширюється на підповерхневому шарі. Підповерхнева корозія часто проявляється у вигляді розшарування металу. На цифровому зображенні (рис. 9) початкові етапи процесу корозії взагалі не можливо ідентифікувати, але при поширенні корозії, вона стає помітною на зображенні, характерними ознаками якої є випуклостей, луски.



Рис. 9. Підповерхнева корозія

**Висновок.** Проведено аналіз причин виникнення ДТТ на металах та їх сплавах на ділянках, які піддаються руйнуванню корозійними та ерозійними процесами. Визначено вплив різних типів корозійних процесів на причини виникнення ДТТ, які можна спостерігати поверхні металу та його сплавів на цифровому зображенні. У ході дослідження визначено, що суміжні дефекти не тільки виникають у наслідок процесу формування ДТТ, але можуть бути його причиною.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Братков А. А. Теоретические основы химмотологии / Под ред. А.А.Браткова. – М.: Химия, 1987. – 252 с.
2. Зайнуллин Р.С., Шарафиев Р.Г. Сертификация нефтегазохимического оборудования по параметрам испытаний / Под ред. Е.М. Морозова. М.: ОАО Издательство «Недра», 1998. – 150 с.
3. Малахов А. И., Жуков А. П. Основы металловедения и теории

коррозии Текст. / А. И. Малахов, А. П. Жуков. М.: Высш. школа, 1978. – 71 с.

4. Клинов И.Я. Коррозия химической аппаратуры и коррозионностойкие материалы. Госхимиздат, 1952. – 100 с.

5. Винокуров В.А. Сварные конструкции. Механика разрушения и критерии работоспособности / В.А. Винокуров, С.А. Куркин, Г.А. Николаев; Под ред. Б.Е. Патона. М.: Машиностроение, 1996 – 393 с.

6. Бартенев Г.М., Зуев Ю.С. Прочность и разрушение высокоэластичных материалов. – М.: Химия, 1964. – 262 с.

#### АННОТАЦИЯ

Актуальність проведених досліджень обумовлена необхідністю розробки методів неруйнівного контролю технічного стану будівель та споруд серед яких важливе місце займає візуальний контроль. Розглядається поняття суміжної області, як одного з елементів дефекту типу тріщина. Проведений аналіз представлення суміжних дефектів магістральної тріщини на цифровому зображенні в оптичному діапазоні на металах та сплавах, їх типи, природа походження та вплив на виникнення та розвиток дефекту типу "тріщина".

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** цифрове зображення, дефект типу "тріщина", елементи дефекту, суміжна область, корозія, колірний простір.

#### ANNOTATION

The relevance of the conducted research is caused by a necessity for development of non-destructive control methods, more precisely the control of buildings' and structures' technical condition, great role in which visual inspection plays. Concepts from related areas are also discussed, as part of such defects as a crack. The analysis of the represented adjacent defects of the cracks in a digital image at optical wavelengths for metals and alloys, show their types, nature of origin and the impact on the appearance and development of defect type "crack".

**Keywords:** digital image, the defect of "crack" defect items, related fields, corrosion, color space.