

С.О. Жуков, д.т.н., проф.
Криворізький технічний університет
С.В. Кальчук, к.т.н., доц.
О.В. Камських, асист.
Р.В. Соболевський, к.т.н., доц.
Житомирський державний технологічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ЗОВНІШНІХ ПРОЯВІВ КОРОЗІЇ І ЗМІНИ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕКОРАТИВНОГО КАМЕНЮ

В статті досліджено взаємозв'язок зовнішніх проявів корозії і зміни фізико-механічних властивостей декоративного каменю, на основі якого обґрунтовано можливість дистанційного контролю стану облицювальних матеріалів.

Актуальність теми. Природний декоративно-облицювальний камінь широко застосовується для внутрішнього і зовнішнього облицювання будівель і споруд, виготовлення кам'яної дорожньо-будівельної продукції, виготовлення ритуальних та архітектурно-будівельних виробів різного призначення. Зовнішнє облицювання споруд виконують, головним чином природною кам'яною продукцією з високоміцних гірських порід, таких як граніти, гранодіорити, лабрадорити, габро, анортозити, діорити, габро-норити та ін. З цих же каменів виготовляють архітектурно-будівельну продукцію, яка монтується і експлуатується під відкритим небом, а також значну кількість монументальної продукції (п'єдестали, стилобати, колони,) та ритуальних виробів. Звичайно ж до перерахованої продукції пред'являються досить жорсткі вимоги щодо довговічності та стійкості в агресивних середовищах. Значна частина відміченої вище продукції виготовляється з базальтоїдів, до яких відносять лабрадорити, габро, базальт, анортозит, норит, габро-норит та їх аналоги, тобто породи з незначним вмістом сполук кремнію. На кам'яні вироби, що експлуатуються під відкритим небом, впливають температурні фактори, рух води і повітря, чинники механічного і хімічного впливу. Враховуючи, що атмосфера і води з кожним роком стають все агресивнішими, за рахунок надходження до них оксидів сірки, азоту, вуглецю та інших інгредієнтів, то й кам'яні вироби піддаються корозії, в окремих випадках значній.

Постановка проблеми. Оскільки корозія найчастіше проявляється на виробках, які вже змонтовані і в деяких випадках несуть проектне навантаження, то досить актуальним є питання про визначення відповідності цих виробів вимогам, які до них висуваються. Це дасть можливість об'єктивно прийняти рішення про заміну або укріплення виробу, що використовується. Тому досить актуальним є дослідження можливості оцінки зміни властивостей декоративного каменю за зовнішніми проявами.

Аналіз досліджень і публікацій. Дослідженням корозійної стійкості декоративного каменю в різний час займалися М.Т. Бакка [1], І.В. Ільченко [1], В.І. Малин [2, 3], В.І. Дамьє-Вульфсон [2], О.М. Вікторов [4], Л.О. Вікторова [4], І.О. Ковельман [5], Б.П. Беліков [6], В.П. Петров [6], О.О. Герасименко [7]. В більшості праць були розглянуті лише загальні аспекти корозійної стійкості декоративного каменю. Найбільш повно зовнішні прояви корозійних процесів на облицюванні будівель і споруд дослідив І.О. Ковельман [5]. Фізико-механічні властивості декоративного каменю детально вивчалися у працях М.Т. Бакка [1], І.В. Ільченка [1], Б.П. Белікова [6], В.П. Петрова [6] та О.О. Герасименка [7]. Дослідження взаємозв'язку зовнішніх проявів корозії і зміни фізико-механічних властивостей декоративного каменю не виконувалось в жодній з вищезазначених праць.

Викладення основного матеріалу дослідження. Найбільш яскравим зовнішнім проявом корозійних процесів є плями іржі, які виступають на поверхні лабрадориту. Це пов'язано з порівняно високим вмістом в цих породах окислів заліза (рис. 1).

Тому як критерій оцінки зміни властивостей декоративного каменю за зовнішніми проявами доцільно прийняти загальну площу плям іржі.

Серед експлуатаційних властивостей найбільше значення має межа міцності на стиск, оскільки цей показник в більшості випадків визначає міцнісні характеристики декоративного каменю, а значить і дозволяє оцінити загрозу, яку може створити виріб, що не відповідатиме експлуатаційним вимогам внаслідок агресивного впливу навколишнього середовища. Тому в роботі було виконане дослідження залежності між площею плям іржі і межею міцності на стиск декоративного каменю.

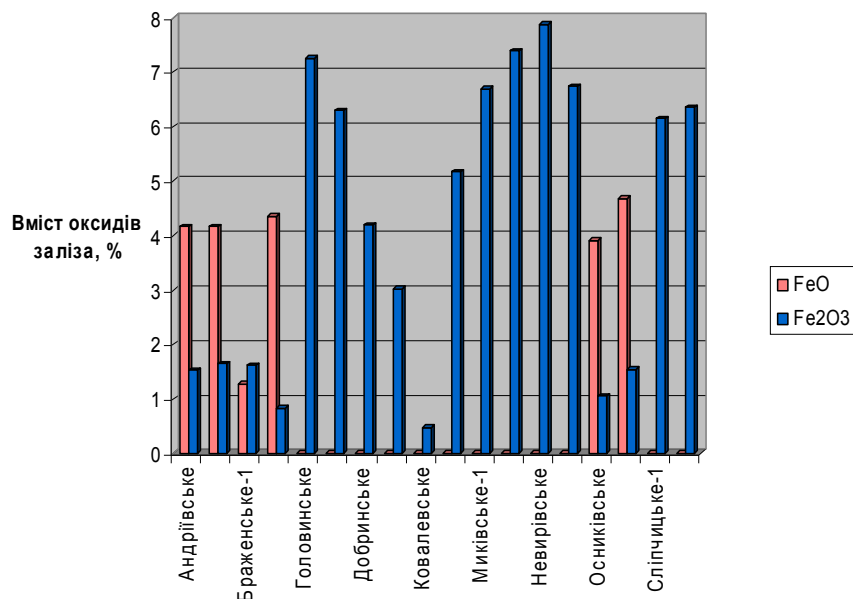


Рис. 1. Вміст оксидів заліза в лабрадоритах Житомирської області

Методика проведення експерименту наступна: зразки Головинського лабрадориту поміщались в агресивне середовище до появи на їх поверхні плям іржі. Потім зразки фотографувались цифровим фотоапаратом Kodak P-712.

Після цього частина зразків піддавалась випробуванням з метою визначення межі міцності на стиск за методикою, описаною вище. Інша частина залишалась під впливом дії агресивного середовища до того часу, поки в результаті візуального огляду площа плям іржі на цих зразках не буде перевищувати площу порушення у вже відібраних. Після цього виконуються випробування за описаними методиками. Операцію відбору зразків і їх випробування повторюють декілька разів, для забезпечення варіативності вибірки. Отримані цифрові зображення опрацьовувались за допомогою програми "MdiStones" з метою визначення площі, порушеної в результаті корозійних процесів. Результати досліджень наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Дослідження зв'язку між площею порушення поверхні і межею міцності на стискання

№ з/п	Межа міцності на стискання, МПа	Відносна площа корозії, %	№ з/п	Межа міцності на стискання, МПа	Відносна площа корозії, %
1	185,5	0,7	16	148	1,8
2	184,6	0,83	17	146,3	1,75
3	184,2	0,85	18	146,1	1,85
4	181,6	0,75	19	145,1	1,89
5	180,6	0,87	20	143,2	1,91
6	178,3	0,92	21	140,2	1,93
7	178,3	0,94	22	138,3	1,94
8	177,8	0,83	23	137,2	1,97
9	176,4	1,02	24	135,8	2,01
10	165,2	0,99	25	132,1	2,05
11	158,3	1,05	26	129,2	2,19
12	153	1,09	27	127,6	2,24
13	149	1,4	28	126,8	2,35
14	150,2	1,5	29	125,3	2,64
15	147,8	1,6	30	120,7	2,98

Аналіз даних, наведених в табл. 1, показав, що збільшення площі корозії супроводжується зменшенням межі міцності Головинського лабрадориту на стискання (рис. 2)

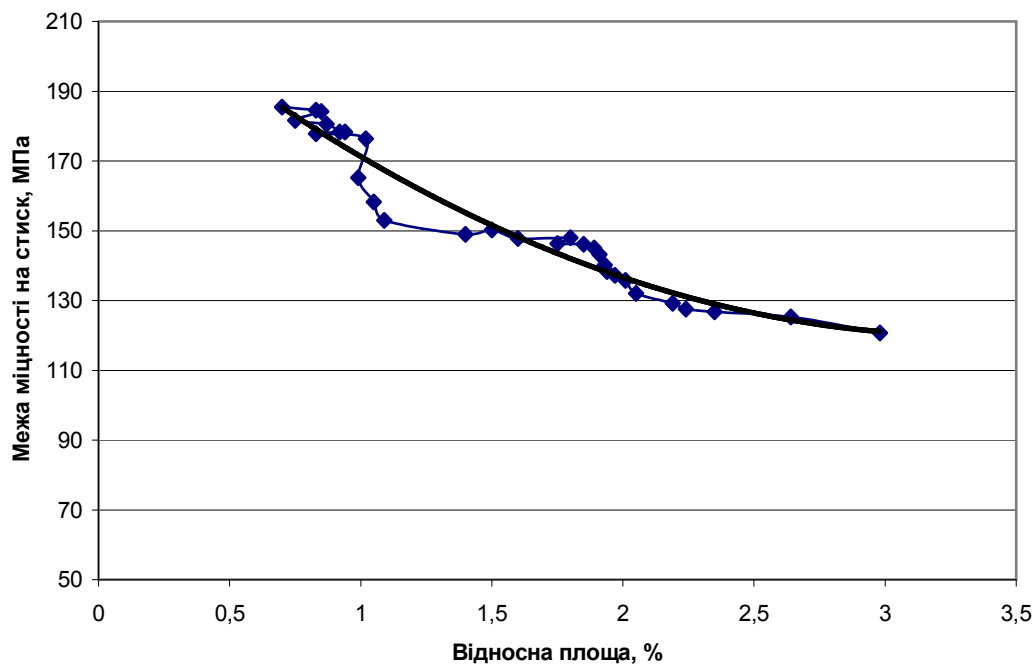


Рис. 2. Залежність межі міцності каменю на стиск від площі порушення поверхні зразка

Для оцінки тісноти зв'язку між цими величинами скористаємось коефіцієнтом кореляції:

$$r = \frac{\sum x \cdot y - \frac{\sum x \cdot \sum y}{n}}{\sqrt{C_x C_y}} = 0,95 . \tag{1}$$

Похибка репрезентативності коефіцієнта кореляції:

$$m_r = \pm \sqrt{\frac{1 - r^2}{n - 2}} = 0,059 . \tag{2}$$

Дослідимо вірогідність коефіцієнта кореляції:

$$t_r = \frac{r}{m_r} = 16,1 . \tag{3}$$

Стандартне значення критерію Стьюдента $t_{st} = 2,1$ для $\nu = 30 - 2 = 28$, $\beta = 0,95$.

Оскільки $t_r = 16,1 > t_{st} = 2,1$, то кореляційний зв'язок вірогідний.

Значення коефіцієнта кореляції, яке близьке до 1, свідчить про досить тісний зв'язок між параметрами, що розглядаються.

Це дозволяє створити математичну модель об'єкта дослідження.

Будемо вважати, що залежність між приведеними змінними x та y має вигляд:

$$y = b_2 \cdot x^2 + b_1 \cdot x + b_0 , \tag{4}$$

необхідно обчислити значення параметрів b_2, b_1, b_0 . Для знаходження даних параметрів за результатами досліджень використовували метод найменших квадратів.

Цей метод дає можливість визначити коефіцієнти b_2, b_1, b_0 , необхідні для встановлення закономірності, яка описує залежність між параметрами, що досліджуються.

В результаті отримали наступні значення:

$$b_2 = 9,496 ;$$

$$b_1 = -63,134 ;$$

$$b_0 = 224,93 .$$

Таким чином це дало змогу знайти вигляд регресії, за якою змінюється швидкістю корозії залежно від тривалості впливу сірчаної кислоти:

$$y = 9,496 \cdot x^2 - 63,134 \cdot x + 224,93 . \tag{5}$$

Оскільки дійсно $F(1.06) < F_{кр}(1.84)$, то гіпотеза про незначимість моделі відхиляється.

Коефіцієнт детермінації $k_d = 0,94$, що свідчить про те, що отримане рівняння регресії на 94 % пояснює загальний розкид результатів відносно середнього значення.

Висновки. Наявність тісного зв'язку між межею міцності каменю на стиск і відносною площею корозійного руйнування поверхні декоративного каменю дозволяє створити експрес-методику дистанційної оцінки міцності виробів з декоративного каменю, використання якої дозволить збільшити термін використання виробів з декоративного каменю за рахунок можливості уникнення передчасного демонтажу виробів або визначення моменту, коли необхідно вжити заходів щодо укріплення виробу, що використовується.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Бакка Н.Т., Ильченко И.В. Облицовочный камень // Геолого-промышленная и ехнологическая оценка месторождений. – Москва: Недра, 1992. – 303 с.
2. Малин В.И., Дамьё-Вульфсон В.И. Наружная и внутренняя облицовка зданий природным камнем: Учеб. для ПТУ. – М.: Высш. школа, 1981. – 304 с.
3. Малин В.И. Облицовка поверхностей природным камнем: Ученик для сред. проф.-тех.уч-щ. – М.: Высш. школа, 1981. – 304 с.
4. Викторова А.М., Викторова Л.А. Природный камень в архитектуре. – М.: Стройиздат, 1983. – 189 с.
5. Ковельман И.А. Коррозия и разрушение каменных сооружений. – М., 1938. – С. 112.
6. Беликов Б.П., Петров В.П. Облицовочный камень и его оценка. – М.: Наука, 1977. –138 с.
7. Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений: Справочник: В 2 т. – Т. 2. – М.: Машиностроение, 1987. – 784 с.

ЖУКОВ Сергій Олександрович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри будівничих конструкцій Криворізького технічного університету.

Наукові інтереси:

- гірництво;
- радіоекологія.

КАЛЬЧУК Сергій Володимирович – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри геотехнологій ім. проф. Бакка М.Т. Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- технологія видобування нерудних корисних копалин;
- технологія обробки кам'яної сировини.

КАМСЬКИХ Олександр Валерійович – асистент кафедри геотехнологій ім. проф. Бакка М.Т. Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- каменедобування і каменеобробка;
- фізичний процес обробки каменю.

СОБОЛЕВСЬКИЙ Руслан Вадимович – кандидат технічних наук, доцент, заступник завідувача кафедри маркшейдерії Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- гірництво;
- маркшейдерська справа.

Подано

Жуков С.О., Кальчук С.В., Камських О.В., Соболевський Р.В. Дослідження взаємозв'язку зовнішніх проявів корозії і зміни фізико-механічних властивостей декоративного каменю
Zhukov S.O., Kamskich O.V., Kalchuk S.V., Sobolevskiy R.V. Research of intercommunication of external displays of corrosion and change of physics-mechanical properties of decorative stone
Жуков С.А., Кальчук С.В., Камських А.В., Соболевский Р.В. Исследование взаимосвязи внешних проявлений коррозии и изменения физико-механических свойств декоративного камня

УДК 622.35.097:622.271

Research of intercommunication of external displays of corrosion and change of physics-mechanical properties of decorative stone / S.O. Zhukov , O.V. Kamskich, S.V. Kalchuk, R.V. Sobolevskiy

Intercommunication of external displays of corrosion and change of physics-mechanical-properties of decorative stone on the basis of which the possibility of distance checking controll of state of facing materials is grounded in the article.

УДК 622.35.097:622.271

Исследование взаимосвязи внешних проявлений коррозии и изменения физико-механических свойств декоративного камня / С.А. Жуков, С.В. Кальчук, А.В. Камських, Р.В. Соболевский

В статье исследована взаимосвязь внешних проявлений коррозии и изменения физико-механических свойств декоративного камня, на основе которой обоснована возможность дистанционного контроля состояния облицовочных материалов.