

ХІМІЧНЕ ВИВІТРЮВАННЯ ВИСОКОМІЦНИХ ДЕКОРАТИВНИХ ГІРСЬКИХ ПОРІД В ОБЛИЦЮВАННІ СПОРУД

(Представлено д.т.н., проф. Бакка М.Т.)

Викладено результати досліджень хімічного вивітрювання високоміцних декоративно-облицювальних каменів в облицюваннях споруд, корозії каменю в забрудненому середовищі та його солестійкості.

Охарактеризовано мірабіліт як продукт хімічного руйнування базальтоїдів. Запропоновано напрями використання каменю в агресивних середовищах залежно від його складу та петрографії.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науково-практичними завданнями

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 висуваються досить жорсткі вимоги з довговічності та стійкості в агресивних середовищах. Значна частина вищезазначеної продукції виготовляється з базальтоїдів, до яких відносять лабрадорити, габро, базальт, анортозит, норит, габро-норит та їх аналоги, тобто породи з незначним вмістом сполук кремнію. Сам же базальт – кайнотипна основна порода, ефузивний аналог габро. Залежно від величини зерен розрізняють базальти: крупнозернистий – долерит, дрібнозернистий – анамезит, тонкозернистий – власне базальт. Палеотипним аналогом базальту є діабаз. 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. Базальтоїдні кам'яні вироби в агресивному середовищі належать до найбільш уразливих. Значною мірою страждають на корозію споруди, в яких на кам'яне облицювання чи на вироби потрапляє багато атмосферної води та солей, що використовуються в зимовий період дорожньо-комунальними службами. В останньому випадку мова йде про солестійкість порід. На камені утворюється корозійна кірка товщиною 2–6 мм, яка легко руйнується.

У більшості випадків під кіркою або на ній мають місце скопичення солей або висолу. Таким чином, дослідження довговічності та стійкості кам'яних виробів в агресивному середовищі, дослідження процесів вивітрювання каменю являє собою досить **актуальну проблему**, яка пов'язана з надзвичайно важливим практичним завданням зі збільшення використання, збереження декоративних властивостей кам'яних виробів в будівлях та спорудах, особливо в облицюванні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій з розв'язання даної проблеми

Проблемам видобування декоративних каменів і виготовлення з них облицювальної, архітектурно-будівельної, технічної, дорожньо-будівельної продукції присвячено багато дослідних робіт в різних країнах світу. При оцінці розвіданої сировини здійснюються випробування на фізико-механічні, декоративні, радіаційні, технологічні властивості та виконується загальна оцінка на предмет її придатності використання як декоративно-облицювального каменю. Дослідники визначали геолого-генетичні фактори зміни декоративних

властивостей [2], критерії структурного пошкодження в умовах екстремального термічного впливу на кам'яні вироби [1], вплив розподілу тріщин в камені та структурних і петрографічних особливостей облицювального каменю на швидкість розпилювання і якість кам'яних виробів [3], [4], вплив мікротріщинуватості на трудність і трудомісткість розпилювання каменю [5], [6], закономірності й технології полірування кам'яних виробів, вплив хімічного складу каменю на продуктивність полірування, особливості формоутворення поверхонь кам'яних матеріалів при декоративному поліруванні, вплив хімічного складу каменю на продуктивність полірування, збільшення терміну служби кам'яних виробів за рахунок сучасних способів полірування каменю [7], [8], [9], [10].

Невирішені частини загальної проблеми

Незважаючи на те, що вивченню каменю і продукції з нього присвячена велика кількість наукових праць, відсутні праці з дослідження хімічного і механічного вивітрювання високоміцних декоративно-облицювальних гірських порід в облицюванні споруд та монументів, особливо це стосується більшою мірою кам'яної продукції з базальтоїдів, які є найбільш декоративними породами. Зміни якості, довговічності кам'яних виробів з базальтоїдів слід розглядати як змінний фактор, обумовлений такими чинниками: впливом агресивного оточуючого середовища, агресивність якого прямопропорційно пов'язана з техногенезом; підвищенням агресивності, довговічності та декоративної стійкості за рахунок удосконалення технологій фактурної обробки каменю; фактором часу. Саме вирішенню цих проблемних питань і присвячена дана стаття.

Постановка завдання та викладення основного матеріалу дослідження

Як зазначалось раніше, на базальтоїдних кам'яних виробих з часом утворюється корозійна кірка 2–6 мм товщиною, яка легко руйнується від незначного механічного впливу. Під кіркою або на ній мають місце скопичення солей або висолу.

При дослідженні древніх споруд та древніх надмогильних каменів встановлено, що спостерігається також корозія іншого типу: поява товстої кірки, яка важко відламується і не має солей та висолів. Очевидно, що такий тип корозії може бути пов'язаний з вивітрюванням від поперемінного заморожування та відтавання, зволоження та висушування.

Для виявлення причин корозії було вивчено більше ніж 150 проб із споруд віком понад 10 років в однакових кліматичних умовах Житомирської області. Сіль, яка виступає на поверхню облицювання, була проаналізована методом рентгенографії та хімічного аналізу. З'ясувалось, що значна частина кристалічної речовини у всіх пробах містить мірабіліт ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), решта є рентгеноаморфною речовиною. Результати хімічного аналізу свідчать про те, що вміст мірабіліту коливається для різних проб від 20 до 40 %, а вміст інших окислів приблизно такий: SiO_2 – 31 %, Al_2O_3 – 12 %, CaO – 6,8 %, MgO – 4,3 %.

Вірогідно, що рентгеноаморфна частина утворилась внаслідок надзвичайно дрібної дисперсії базальтоїдів при розширенні солі сульфату натрію, що кристалізувалась. Ймовірно також, що утворення кристалогідратів в облицюванні споруд може відбуватись за рахунок привнесення деяких іонів з ґрунтовими водами, однак не виключається їх утворення і внаслідок вилужування лужних іонів із породи водою, збагаченою аніонами SO_3 і CO_3 .

Багато дослідників каменю приділяють велику увагу хімічному вивітрюванню гірських порід в облицюванні споруд і відносять цей тип корозії до одного з головних. Наші дослідження проводились як методом порівняльних петрографічних описів, так і хімічним аналізом. З'ясувалось, що для всіх типів порід групи базальтоїдів характерним є винос SiO_2 і привнесення іонів H^+ , що свідчать про наявність процесу вилужування порід водою. Для більшості базальтоїдів характерним є винос Al^{+3} . Необхідно також зазначити, що внаслідок доброї розчинності $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (близько 20 г в 100 мл. H_2O при $t = 20^\circ\text{C}$) міграцію іонів у реакціях вивітрювання прослідити не вдається, однак при внесенні SO_2 вона спостерігається повсюдно. За даними петрографії в окремих випадках спостерігається розкладання склофази, а також вивітрювання та карбонатація плагіоклазів, біотиту та кольорових мінералів. У цілому необхідно зазначити, що петрографічними методами не вдається зафіксувати помітні зміни внаслідок хімічного вивітрювання. Тобто петрографічні методи відіграють підпорядковану роль. Звичайно, можна тільки здогадатись про вивітрювання мікролітів основної маси, але встановити це методом оптичної мікроскопії не вдається через малі розміри мікролітів.

Вивчення хімічного вивітрювання можна здійснювати також шляхом вилужування досліджуваних порід у воді з поетапним визначенням рН водних витяжок і визначенням складу вилужених базальтів. На основі таких досліджень можна встановити залежності між ступенем вилужування та довговічністю каменю, але для цього необхідно мати величезний банк даних.

В цілому можна зробити висновок: корозія базальтоїдних кам'яних виробів у зовнішньому облицюванні споруд залежить від вмісту в оточуючому середовищі техногенних агресивних речовин, від хімії та петрографії каменю, від часу експлуатації кам'яного виробу, від ступеня полірування, а також від погодно-кліматичних умов. Вивчення закономірностей хімічного вивітрювання дає змогу підбирати камінь для зовнішнього облицювання в умовах певних кліматичних зон, забезпечувати певний рівень відповідного виду полірування каменю, узгоджувати терміни експлуатації споруд і корозії каменю.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Азиев Д.А. Критерии структурной поврежденности облицовочного камня в условиях экстремальных термических воздействий // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: МГГУ. – Вып. 3. – 1997. – С. 96–101.
2. Антонио Ф.Г. Геолого-генетические факторы изменчивости декоративных свойств тектонитов Украинского щита // Науковий вісник НГУ. – 2003. – № 5. – С. 32–34.
3. Карасев Ю.Г., Дивель В.В. Влияние распространения трещин массива на скорость распила гранита // Промышленность нерудных и неметаллорудных материалов. – Вып. 3. – Сер. 7. – 1989. – 9 с.
4. Карасев Ю.Г., Чиаев Т.И. Влияние структурных и петрографических особенностей облицовочного камня на эффективность его распиловки // Горный журнал. – 1991. – № 2. – 12 с.
5. Карасев Ю.Г. О трудоемкости распила блоков габбро и лабрадорита // Добыча и переработка сырья для промышленности строительных материалов. – М. – 1989. – Вып. 4. – Сер. 28. – С. 13–14.
6. Карасев Ю.Г. Взаимосвязь трещиноватости массива и трудности распила блоков. Экспресс-информ. // Промышленность нерудных и неметаллорудных материалов. – Сер. В. – М. – 1988. – Вып. 11. – Сер. 7. – С. 13–14.
7. Крамар В.Г. Закономірності полірування структурно-неоднорідних неметалевих матеріалів // Тези Міжнар. конф. студентів і молодих науковців "Евріка – 2001". – Львів – 2001. – С. 176–177.
8. Крамар В.Г., Філатов Ю.Д. Дослідження впливу хімічного складу природного і штучного каменю на продуктивність полірування // Сучасні процеси механічної обробки інструментами з НТМ та якість поверхні деталей машин. – Київ.: НАНУ, ІНМ ім. Бакуля / Сер. Г. – 2003. – С. 166–174.
9. Філатов Ю.Д., Крамар В.Г., Сидорко В.І., Ковальов С.В. Вплив хімічного складу природного і штучного каменю на продуктивність полірування // Матер. Междунар. научн.-техн. конф. "Новые процессы и их модели в ресурсо- и энергосберегающих технологиях". – Одеса–Київ: АТМ України. – 2003. – С. 42–47.
10. Крамар В.Г., Сидорко В.І., Скрябін В.В., Філатов Ю.Д. Особливості формоутворення поверхонь неметалевих матеріалів при декоративному поліруванні // Вісник Житомирського інженерно-технологічного інституту. – 2001. – С. 184–194.

КАМСЬКИХ Олександр Валерійович – асистент кафедри геотехнологій і промислової екології Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– каменевидобування і каменеобробка.

Подано 23.09.2004