

УДК [679.8:622.02:504](043.3)

ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ОБРОБКИ ВИРОБІВ ІЗ ПРИРОДНОГО КАМЕНЮ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЙОГО ДОВГОВІЧНОСТІ

О. В. Камських

Житомирський державний технологічний університет

вул. Черняхівського, 103, м. Житомир, 10005, Україна. Е-mail: kamskihaleksandr@rambler.ru

Розглянуті основні параметри твердіючих композицій, які впливають на підвищення корозійної стійкості виробів з лабрадориту, запропонована технологічна схема обробка поверхонь виробів з природного каменю для більш тривалого його захисту від впливу агресивного середовища, а також проаналізовані її основні параметри. Наведено конструктивне виконання пристроїв для забезпечення процесу просочування під час нанесення захисного покриття на вироби з лабрадориту. Показано, що при відносно невеликих розмірах оброблюваних виробів і зразків, герметизація робочого об'єму камер здійснюється кришками, розташованими у верхній частині робочого простору. Для великогабаритних і протяжних деталей використовують установки тунельного типу.

Ключові слова: твердіючі композиції, корозійна стійкість, захисне покриття, лабрадорит.

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ОБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПРИРОДНОГО КАМНЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЕГО ДОЛГОВЕЧНОСТИ

А. В. Камских

Житомирський державний технологічний університет

ул. Черняховского, 103, г. Житомир, 10005, Украина. Е-mail: kamskihaleksandr@rambler.ru

Рассмотрены основные параметры твердеющих композиций, влияющих на повышение коррозионной стойкости изделий из лабрадорита. Предложена технологическая схема обработки поверхностей изделий из природного камня для более длительной его защиты от воздействия агрессивной среды, а также проанализированы ее основные параметры. Приведено конструктивное исполнение устройств для обеспечения процесса просачивания при нанесении защитного покрытия на изделия из лабрадорита. Показано, что при относительно небольших размерах обрабатываемых изделий и образцов, герметизация рабочего объема камер осуществляется крышками, расположенными в верхней части рабочего пространства. Для крупногабаритных и протяжных деталей применяют установки туннельного типа.

Ключевые слова: твердеющие композиции, коррозионная стойкость, защитное покрытие, лабрадорит.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Природний декоративно-облицовальний камінь широко застосовується для внутрішнього й зовнішнього облицювання будівель і споруд, виготовлення кам'яної дорожньо-будівельної продукції, 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, габронорити та ін. Тому однією з основних вимог, яку висувають для порід, що використовуються для зовнішнього облицювання є корозійна стійкість даних матеріалів. Кам'яні вироби з габроїдних порід для облицювання є найменш стійкими до агресивних факторів зовнішнього середовища порівняно з іншими високоміцними породами, тому це вимагає комплексного підходу до досліджень по підвищенню їх стійкості в зовнішньому середовищі та максимальному збереженню міцносних характеристик та декоративності.

При розробці технологічних схем захисту виробів з лабрадориту необхідно враховувати загальні принципи технології обробки пористих матеріалів [1]. Існуюча велика кількість технологічних схем реалізує такі стадії: підготовка поверхні виробу до просочування, просочування твердіючою композицією, затвердіння композиції у тріщинах і порах виробу, очищення поверхні від надлишків композиції. Тому розробка та обґрунтування технологічної схеми для обробки виробів з природного каменю з

метою підвищення його довговічності набуває актуального значення.

Дослідженням корозійної стійкості виробів з природного каменю різного часу займалися такі вчені, як Малин В.І. [1, 2], Вікторов А.М., Вікторова Л.О. [2], Ковельман І.О. [3], Герасименко О.О. [4], Митрохин О. В. [5]. Однак, у більшості праць були розглянуті лише загальні аспекти корозійної стійкості декоративного каменю. Крім того, вищеназвані автори не займалися розробкою та обґрунтуванням технологічної схеми обробки облицовальних виробів з природного каменю для захисту від агресивних факторів зовнішнього середовища з метою підвищення їх довговічності.

Мета роботи – розробка технологічної схеми нанесення захисного покриття на виробах із природного каменю – лабрадориту.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.

Процес підготовки кам'яного виробу до обробки полягає у видаленні різних забруднень, що потрапляють на поверхню у вигляді пилу, масел, продуктів руйнування і т.п. Крім того, важливе місце в процесі підготовки поверхні до просочування приділяється звільненню порового простору від вологи й обробці речовинами, що поліпшують адгезію твердіючої композиції до поверхні каменю [6]. Найбільш часто для видалення забруднення використовується промивання поверхні каменю водою, розчинниками й розчинами повернево-активних речовин (ПАР). Названі речовини є понижувачами міцності, і тому

необхідно це враховувати при обробці дрібних і тонкостінних деталей для запобігання їхнього руйнування [7].

З існуючих методів і засобів підвищення міцності, зносостійкості, довговічності гірських порід і матеріалів впливає, що для здійснення процесу просочування використовуються декілька технологічних схем, що відрізняються за умовами процесу: просочування при атмосферному тиску або при нормальних умовах; просочування з попереднім вакуумуванням; просочування з використанням тиску, що перевищує атмосферний (нагнітання полімеру в пори й тріщини); просочування з використанням комбінації зазначених вище варіантів.

Найбільший ефект від просочення поверхні природного каменю твердіючою композицією досягається при максимальному ступені заповнення нею порового простору. Для найбільш глибокого проникнення композиції в поверхню каменю її щільність повинна бути мінімальною [8]. Зменшення щільності сполуки призводить до збільшення усадки при затвердінні й, як наслідок, до зниження ступеня заповнення порового простору затверділою композицією. Масова усадка g композиції при затвердінні може бути визначена за формулою:

$$g = m_s/m_l, \quad (1)$$

де m_s , m_l – відповідно маса композиції в твердому й рідкому стані.

При регулюванні щільності композиції додаванням до неї розчинника (в цьому випадку етилового спирту) масова усадка g_0 отриманої композиції може бути визначена через раніше визначену масову усадку вихідної композиції (в цьому випадку клею БФ-2) за залежністю:

$$g_0 = g_k \left(1 + a \frac{r_c}{r_k} \right), \quad (2)$$

де g_k – масова усадка вихідної клейової композиції; r_k , r_c – відповідно щільності клею й спирту; a – відношення об'єму спирту до об'єму клею в частках одиниці.

Об'ємна усадка n_0 розглянутої композиції може бути визначена за залежністю:

$$n_0 = \frac{V_s}{V_l} = \frac{g_0 r_0}{r_s}, \quad (3)$$

де V_s , V_l – відповідно об'єми, які займає композиція в твердому й рідкому стані; r_s – щільність затверділої композиції.

Запропонована технологічна схема просочування не вимагає значних капітальних витрат і є найбільш простою в реалізації. Відповідно до цієї схеми сполука на поверхню каменю наноситься або в крапельно-рідкому вигляді розпилювачем типу пульверизатора, або суцільною плівкою з використанням змащувачих пристроїв валкового типу або звичайного пензля. При цьому важливо, щоб сполука на поверхню наносилася зі швидкістю, що не перевищує

швидкість заповнення витягнутих у напрямку нанесення сполуки мікротріщин.

Більш ефективним є просочування з використанням вакуумування. Воно забезпечує більш глибоке просочування, прискорює його й дозволяє отримати виробу підвищеної якості. Для підвищення швидкості заповнення мікротріщин і пор додатне також проведення процесу просочування спочатку під вакуумом, а потім – під невеликим надлишковим тиском.

Ефективність просочування при надлишковому тиску багато в чому визначається внутрішньою структурою, розмірами пор і тріщин. При просочуванні кам'яних матеріалів із більшими, ніж у бетонів, порами й мікротріщинами, вплив надлишкового тиску зростає, а роль капілярного різко падає. У цьому випадку застосування зовнішнього тиску, особливо при використанні в'язких просочувальних сполук, є доцільним, а в деяких випадках – необхідним для забезпечення достатньої глибини й якості просочування.

Конструктивне виконання пристроїв для забезпечення процесу просочування залежить від розмірів зразків, їхньої геометрії та властивостей просочувальної сполуки. Реалізація всіх технологічних схем просочування, за винятком першої, найчастіше вимагає використання установок камерного типу. При відносно невеликих розмірах оброблюваних виробів і зразків, герметизація робочого об'єму камер здійснюється кришками, розташованими у верхній частині робочого простору. Через ці кришки здійснюється завантаження й вивантаження оброблюваних виробів. Для великогабаритних і протяжних деталей використовують установки тунельного типу. У них герметизація робочого об'єму в більшості випадків виконується бічними кришками, через які здійснюється завантаження й вивантаження виробів, попередньо занурених у ємність із просочувальною сполукою.

Полімеризація композиції в поверхні виробу може здійснюватись у рідких або газових середовищах, а також під плівками або іншими ізолюючими матеріалами. При проведенні полімеризації в рідких середовищах забезпечується високий коефіцієнт теплопередачі від гарячого середовища до виробу, й тим самим прискорюється прогрів виробу й полімеризація полімеру. Однак, у цьому випадку можливе вимивання або часткове розчинення мономера з поверхневих шарів, якщо невірне обране середовище. При використанні газового середовища простіше забезпечити гарний зовнішній вигляд виробу, однак зростає небезпека випаровування мономера з поверхневих шарів і знижується коефіцієнт теплопередачі, і, тим самим, швидкість прогрівання виробу й швидкість полімеризації мономера в тілі каменю. Полімеризацію під плівкою звичайно проводять при обробці однієї з поверхонь виробу, часто за спрощеними технологічними схемами. Для полімеризації найчастіше використовують нагрівальні пристрої й технологічні камери, що застосовуються для сушіння та просочування виробів.

Реалізація названих вище схем просочування при більших розмірах виробів пов'язана з більшими технологічними й конструктивними труднощами, а також непродуктивними втратами просочувальної сполуки. З огляду на те, що для гранітів глибина просочення найбільш ефективними сполуками не перевищує 15 мм, для крупногабаритних виробів доцільно використовувати поверхнєве просочування. Тому була розроблена технологія обробки поверхні деталі з природного каменю твердіючою композицією з використанням безперервного локального вакуумування [5].

Спосіб безперервного локального вакуумування й пристрій для його здійснення пояснюється рисунками. На рис. 1 зображений пристрій для просочування.

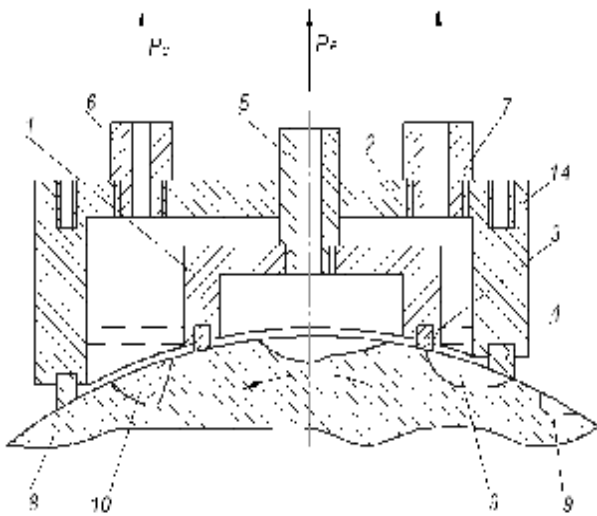


Рисунок 1 – Схема пристрою для просочування:

1 – вакуумна камера; 2 – ємність для просочувальної сполуки; 3, 4 – торцеві ущільнення; 5, 6, 7 – штупери; 8 – виріб, що обробляється; 9 – тріщини, заповнені повітрям; 10 – тріщини, заповнені полімерною сполукою

За допомогою штупера для відкачування повітря вакуумна камера з'єднується з вакуумною системою, а за допомогою штуперів подачі й відводу полімерної композиції з'єднується із подавальною системою. У порожнинах вакуумної камери та ємності для полімерної композиції створюється відповідно вакуум і надлишковий тиск. Наявність тонкого шару полімерної композиції між ущільнювальними елементами й поверхнею, що обробляється, дозволяє вакуумній камері та ємності з композицією легко переміщуватися в будь-якому напрямку. При цьому у вакуумній камері підтримується вакуум, а зовні вакуумної ділянки підтримується надлишковий тиск. При русі пристрою під вакуумну камеру потрапляють тріщини й пори, заповнені повітрям, і тому об'єм порожнини вакуумної камери в багато разів перевищує об'єм тріщин і пор, тиск у тріщинах усереднюється, приймаючи значення P_c . При виході з-під вакуумної камери тріщина покривається ша-

ром полімерної композиції, на яку діє надлишковий тиск системи, що подає P_c . За рахунок різниці тисків $\Delta P = P_c - P_c$ композиція заповнює тріщини й пори. Наявність ексцентриситету вертикальних осей між вакуумною камерою та ємністю для полімерної композиції збільшує час перебування заповненої тріщини й пори під надлишковим тиском, що сприяє більш повному заповненню.

Суть технологічного процесу обробки поверхні виробу полягає в наступному: спочатку очищують поверхню від забруднень і знежирюють її етиловим спиртом. Після цього проводять сушіння поверхні за допомогою відомих переносних пристроїв, що застосовуються при сушінні бетону, наприклад, калориферами. При виконанні сушіння контролюють температуру поверхні виробу. Температура на поверхні не повинна перевищувати 105 °С. Тривалість сушіння залежно від розмірів оброблюваної поверхні повинна становити 2–12 годин. Після цього наносять на ділянку поверхні (розмірами, що відповідають лінійним розмірам ємності для полімерної композиції в плані) шар композиції товщиною 0,1–3 мм. Нанесення виконується пензлем або валиком. Композицію наносять для полегшення переміщення пристрою на початку руху по поверхні виробу.

Наступним етапом є встановлення ємності для полімерної композиції з ексцентрично розташованою в середині неї вакуумною камерою на поверхні із шаром нанесеної композиції й вакуумування. Вакуумування здійснюється за допомогою вакуумного насоса, наприклад, поршневого типу. Одночасно подають полімерну композицію в ємність для композиції. Подачу здійснюють самопливом або примусово за допомогою перекачувального насоса, наприклад, шестерного типу.

Далі переміщують пристрій з композицією й вакуумною камерою по поверхні виробу. Переміщення здійснюється вручну або на відповідному устаткуванні, що забезпечує закріплення ємності з камерою й переміщення виробу в двох напрямках або, навпаки, – при одночасному переміщенні ємності з камерою й виробом. При цьому стежать за тим, щоб усі ділянки поверхні були провакуумовані. При просочуванні криволінійних протяжних поверхонь типу гранітних валів використовується, наприклад, вальцешліфувальний верстат, що допускає частоту обертання виробу від 3 до 40 об./хв., при поздовжній подачі від 10 до 2500 мм/хв. Валу передається обертний рух, а ємність із полімерною композицією й вакуумною камерою рухається вздовж утворюючої, при цьому крок гвинтової лінії повинен дорівнювати діаметру вакуумної камери d .

ВИСНОВКИ. Аналіз результатів досліджень об'ємної усадки сполуки показує, що за умови повного просочення поверхні твердіючою композицією з наступним її монолітним затвердінням в устях мікротріщин і на "дні" порового простору зменшується відкрита пористість.

Також в результаті дослідження було визначено, що зона вакуумування при виконанні процесу просочування повинна в кілька разів перевищувати пе-

реважний розмір тріщин у поверхневому шарі; для гранодіоритів у ненапруженому стані розмір тріщин порівняно з розміром зерна, а в напруженому досягає десятикратного перевищення. Розмір зони подачі полімерної композиції повинен перевищувати розмір зони вакуумування й перекрити тріщини, що перебувають поза зоною вакуумування в напрямку руху виробу. Ексцентриситет зони вакуумування щодо зони подачі полімерної композиції забезпечується пристроєм. Середня глибина тріщин і пор приблизно рівна розміру декількох зерен.

ЛІТЕРАТУРА

1. Природный камень в архитектуре / А. М. Викторов, Л. А. Викторова. – М.: Стройиздат, 1983. – 189 с.
2. Малин В. И. Облицовка поверхностей природным камнем: учеб. для сред. проф.-тех.уч-щ. – М.: Высшая школа, 1981. – 304 с.
3. Ковельман И.А. Коррозия и разрушение каменных сооружений. – М., 1938. – 112 с.
4. Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений: справочник: В 2 т. / Под ред. О.О. Герасименко, т. 2. – М.: Машиностроение, 1987. – 784 с.

5. Митрохин О. В. Вікові співвідношення основних порід Коростенського плутону // Вісник Київського університету. – 2000. – Вип. 16. – С. 15–20.

6. Наружная и внутренняя облицовка зданий природным камнем: учеб. для проф.-тех.уч-щ / В.И. Малин, В.И. Дамье-Вульфсон. – М.: Высшая школа, 1981. – 304 с.

7. Дослідження технології захисту виробів з природного каменю твердіючими композиціями / О.В. Камських, А.В. Панасюк, А.М. Махно // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. – 2012. – № II (61). – С. 164–170.

8. Дослідження впливу фактурної обробки на декоративність виробів з природного каменю / О.В. Камських, А.О. Криворучко, Г.М. Ломаков // Вісник Житомирського державного технологічного університету / Серія: Технічні науки. – 2011. – № II (57). – С. 141–145.

SUBSTANTIATION OF A PROCESS FLOW DIAGRAM OF DIMENSION STONES IMPROVING ITS DURABILITY

O. Kamskih

Zhytomyr State Technological University

vul. Chernjahovs'kogo, 103, Zhytomyr, 10005, Ukraine. E-mail: kamskihaleksandr@rambler.ru

The basic parameters of hardening compositions that affect the increase of corrosion resistance of labradorite products are considered. The process flowsheet of dimension stones surfaces treatment, which provides its longer protection from the corrosive environment effects, is proposed and its main features are analyzed. The structural design of seepage devices for protective coating of labradorite products is presented. It is shown that despite the comparatively small size of the samples being processed, the effective volume of chambers are hermetically sealed with caps top-placed in the volume. The tunnel plants are practically applicable for large and long machine parts.

Key words: hardening compositions, corrosion resistance, protective coating, labradorite.

REFERENCES

1. *Dimension stone in architecture* / A.M. Viktorov, L.A. Viktorova. – Moscow: Stroyizdat, 1983. – 189 p. [in Russian]
2. Malin V.I. *Facing of surfaces with dimension stone: Tutorial for vocational schools*. – Moscow: Vysshaya shkola, 1981. – 304 p. [in Russian]
3. Kovelman I.A. *Corrosion and demolition of stone buildings*. – Moscow, 1938. – 112 p. [in Russian]
4. *Corrosion, ageing, and biodeterioration protection of machines, equipment and facilities*: Reference textbook: In 2 vol./ Ed. by O. O. Gerasimenko, vol. 2. – Moscow: Mashinostroenie, 1987. – 784 p. [in Russian]
5. Mitrokhin O.V. Age-long correlations of basic rocks of Korostenskyi pluton // *Transactions of Kyiv University*. – 2000. – Iss. 16. – PP. 15–20. [in Ukrainian]
6. Study of surface-tool process effect on ornamentality of dimension stones / O.V. Kamskykh, A.O. Kry-

voruchko, G.M. Lomakov // *Transactions of Zhytomyr State Technological University. Series: Engineering Sciences*. – 2011. – № II (57). – PP. 141–145. [in Ukrainian]

7. Study of protective technology of dimension stones with hardening compositions / O.V. Kamskykh, A.V. Panasyuk, A.M. Makhno // *Transactions of Zhytomyr State Technological University. Series: Engineering Sciences*. – 2012. – № II (61). – PP. 164–170. [in Ukrainian]

8. Exterior and interior facing of buildings with dimension stones: *Tutorial for vocational schools* / V.I. Malin, V.I. Damje-Wolfson. – Moscow: Vysshaya shkola, 1981. – 304 p. [in Russian]

Стаття надійшла 30.11.2012.

Рекомендовано до друку
д.т.н., проф. Чебенком В.М.