

# Исследование процессов обработки

УДК 621.623

**В. Д. Курілович, Ю. Д. Філатов\*, В. А. Ковальов** (м. Київ)  
*\*flatov@ism.kiev.ua*

## **Підвищення ефективності фінішної обробки виробів з природного каменю інструментом із алмазно-полімерного волокна**

*Описано методи підвищення ефективності обробки природного каменю інструментом з алмазно-полімерного волокна на підготовчій операції перед поліруванням. Визначено параметри, що впливають на виготовлення каліброваного волокна. Виготовлено і апробовано дослідні зразки інструменту. Запропоновано конструкцію інструменту, що забезпечує рівномірний характер зносу робочого шару. Проведено аналіз якості обробленої поверхні виробу.*

**Ключові слова:** *волокно, конгломерати, калібрування, поперечний переріз, рефлектометрія, профілометрія.*

### **ВСТУП**

Ефективного використання в каменеобробній галузі в Україні зазнають шліфувальні інструменти з абразивних композитів, що містять традиційні абразиви і надтверді матеріали. Збільшення імпорту, пропозиції на ринку та інші конкурентноздатні фактори обумовлюють значне підвищення вимог до якості обробки будівельних виробів з природного каменю (ПК). Разом з тим інструменти для фінішної обробки ПК не забезпечують бездефектну підготовку поверхні виробу для завершальної технологічної операції – полірування.

Деталі з ПК характеризуються наявністю на їхніх полірованих поверхнях дефектів природного походження, подряпин і сколів, що залишилися з попередніх операцій обробки та дефектів, нанесених безпосередньо полірувальним інструментом (подряпини, сітка дрібних подряпин тощо), пор та інших дефектів техногенного або природного походження. Це пояснюється недосконалістю технології фінішної обробки деталей з ПК, відсутністю інструментів, здатних забезпечувати необхідну якість обробки протягом тривалого часу та стабільну продуктивність знімання оброблюваного матеріалу, а також неможливістю повного контролю їхньої якості, особливо в умовах масового виробництва, та складністю її автоматичного забезпечення і регулювання.

Тому для підвищення ефективності фінішної обробки виробів з природного каменю, а саме для забезпечення бездефектної підготовки поверхні під

© В. Д. КУРІЛОВИЧ, Ю. Д. ФІЛАТОВ, В. А. КОВАЛЬОВ, 2014

полірування, необхідно розробити такий абразивний інструмент, який би повністю виключав утворення конгломератів зерен абразивного порошку. Цього можна досягти шляхом виготовлення робочого шару інструменту з алмазно-полімерного волокна (АПВ) [1, 2], в якому унеможливується утворення конгломератів зерен в процесі його витягування з розплаву.

### ЗАКОНОМІРНОСТІ ВИТЯГУВАННЯ АЛМАЗНО-ПОЛІМЕРНОГО ВОЛОКНА

При аналізі процесу витягування алмазно-полімерних волокон з розплаву через філь'єру встановлені закономірності впливу діаметра філь'єри, швидкості витягування, висоти рівня розплаву, його густини, в'язкості та поверхневого натягу на витрати розплаву і діаметр волокна [3].

Розглянемо рух в'язкої рідини (кінематична в'язкість  $\nu$ ) через канал філь'єри, скориставшись рівнянням Нав'є-Стокса та рівнянням нерозривності:

$$\frac{du}{dt} = F - \frac{1}{\rho} \text{grad}P + \nu \nabla^2 u; \quad (1)$$

$$\text{div}u = 0, \quad (2)$$

де  $u$  – швидкість руху розплаву;  $\rho$  – густина розплаву;  $F$  – масові сили;  $\nabla^2$  – оператор Лапласа;  $P$  – тиск;  $t$  – час.

В циліндричних координатах  $(r, z, \phi)$  (рис. 1) оператор Лапласа має вигляд

$$\Delta = \nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial z^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \phi^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{\partial^2}{\partial r^2}.$$

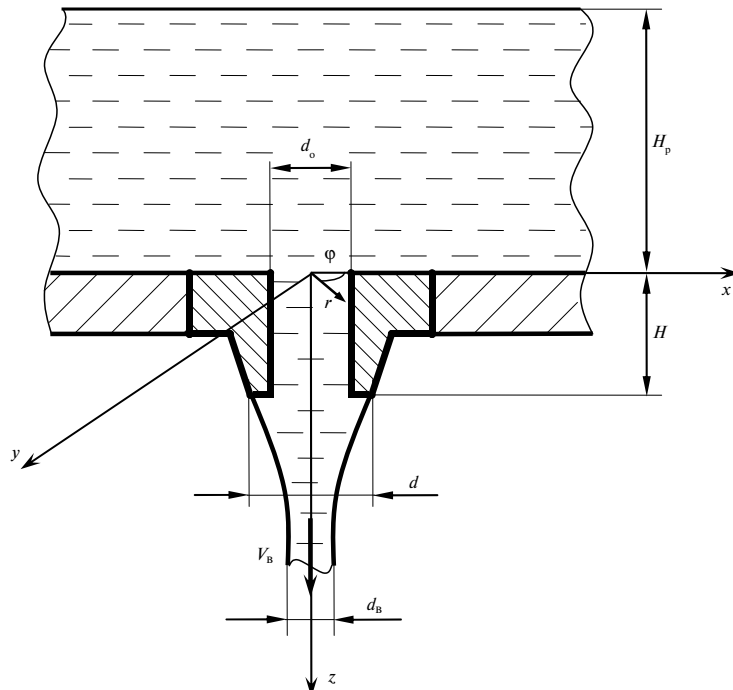


Рис. 1. Схема витягування волокна.

Течію рідини вважаємо стаціонарною, тому  $\frac{du}{dt} = 0$ . Із рівняння нерозривності випливає, що  $\frac{du}{dz} = 0$ , а  $\text{grad}P = \frac{\partial P}{\partial z} = f(r)$ .

Рідина тече за рахунок сили тяжіння ( $P = mg$ ), а гальмування відбувається за рахунок сили поверхневого натягу. Розглянемо випадок, коли напору в каналі немає (крапля висить). Сила, що діє на краплю за рахунок коефіцієнта поверхневого натягу  $\sigma$ , визначається за формулою

$$F_{\sigma} = -\pi d_0 \sigma \cos \vartheta,$$

де  $m$  – маса;  $g$  – прискорення вільного падіння;  $d_0$  – діаметр каналу філь'єри;  $\sigma$  – коефіцієнт поверхневого натягу;  $\vartheta$  – кут змочування поверхні філь'єри розплавом.

За припущення, що діаметр сферичної краплі дорівнює діаметру філь'єри  $d$ , та визначаючи її масу як  $m = V\rho = \frac{1}{6}\pi d^3\rho$ , можна визначити масові сили,

що діють за рахунок поверхневого натягу  $F_1 = \frac{F_{\sigma}}{m} = -\frac{6\sigma d_0 \cos \vartheta}{\rho d^3}$  та загальну величину масових сил  $F = \frac{1}{m}P - \frac{1}{m}F_{\sigma} = g + \frac{6\sigma d_0 \cos \vartheta}{\rho d^3}$ .

Позначивши  $\gamma = \frac{6\sigma d_0 \cos \vartheta}{\rho d^3}$ , для масових сил отримаємо формулу

$F = g + \gamma = g^*$  і рівняння Нав'є-Стокса (1) подамо у вигляді

$$\nabla^2 u = \frac{1}{\eta} \left[ \frac{\partial P}{\partial z} - \rho g^* \right], \quad (3)$$

де  $\eta = \nu\rho$  – динамічний коефіцієнт в'язкості.

Позначивши  $\frac{1}{\eta} \left[ \frac{\partial P}{\partial z} - \rho g^* \right] = A$  та враховуючи осьову симетрію (незалежність від циліндричної координати  $\varphi$ ), отримаємо

$$\frac{1}{r} \left( \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial u}{\partial r} \right) \right) = A. \quad (4)$$

Двічі проінтегрувавши формулу (4), отримаємо

$$r \frac{\partial u}{\partial r} = A \frac{r^2}{2} + C_1$$

та

$$u(r) = A \frac{r^2}{4} + C_1 \ln r + C_2. \quad (5)$$

Знаходимо постійні інтегрування, виходячи із граничних умов: при  $r = \frac{d_0}{2}$   $u = 0$ ; при  $r = r_0$  (вздовж осі  $r = 0$ )  $u = v_0$ , та отримаємо систему рівнянь

$$\begin{cases} v_0 = \frac{A}{4} r_0^2 + C_1 \ln r_0 + C_2; \\ 0 = \frac{A}{4} \left( \frac{d_0}{2} \right)^2 + C_1 \ln \frac{d_0}{2} + C_2. \end{cases} \quad (6)$$

Звідси знаходяться  $v_0 = \frac{A}{4} \left( r_0^2 - \frac{d_0^2}{4} \right) - C_1 \ln \frac{d_0}{2 r_0}$  і сталі  $C_1$  та  $C_2$ :

$$C_1 = \frac{1}{\ln \frac{d_0}{2 r_0}} \left[ \frac{A}{4} \left( r_0^2 - \frac{d_0^2}{4} \right) - v_0 \right];$$

$$C_2 = v_0 - \frac{A}{4} r_0^2 - C_1 \ln r_0.$$

Тоді, підставляючи значення сталих  $C_1$  та  $C_2$  в рівняння (5), отримаємо

$$u(r) = \frac{A}{4} \left[ r^2 - r_0^2 + \left( r_0^2 - \frac{d_0^2}{4} \right) \frac{\ln \frac{r}{r_0}}{\ln \frac{d_0}{2 r_0}} \right] + v_0 \left[ 1 - \frac{\ln \frac{r}{r_0}}{\ln \frac{d_0}{2 r_0}} \right]. \quad (7)$$

Розглянувши область  $r \in \left[ 0, \frac{d_0}{2} \right]$  та враховуючи, що при  $r_0 \rightarrow 0$

$\lim_{r_0 \rightarrow 0} \frac{\ln \frac{r}{r_0}}{\ln \frac{d_0}{2 r_0}} = 1$ , можна отримати рівняння для швидкості  $u$  у вигляді

$$u(r) = \frac{A}{4} \left| r^2 - \frac{d_0^2}{4} \right|. \quad (8)$$

Можна показати, що тиск в даній системі координат змінюється від  $P_1 = P_0$  – на рівні розплаву  $H_p$  ( $P_0$  – атмосферний тиск) до  $P_2 = P_0 + \rho g(H + H_p)$  – на виході філь’єри ( $H$  – довжина каналу філь’єри), а різниця тисків дорівнює  $P_2 - P_1 = \rho g(H + H_p)$  і  $\frac{dP}{dz} = \frac{P_2 - P_1}{H} = \rho g \left( \frac{H_p}{H} + 1 \right)$ .

Визначаючи величину  $A = \frac{\rho g}{\eta} \left[ \frac{H_p}{H} - \frac{6\sigma d_0 \cos \vartheta}{\rho g d^3} \right]$ , можна розрахувати швидкість течії розплаву по каналу філь’єри в залежності від координати  $r$ :

$$u(r) = \frac{\rho g}{4\eta} \left( \frac{d_0^2}{4} - r^2 \right) \left[ \frac{H_p}{H} - \frac{6\sigma d_0 \cos \vartheta}{\rho g d^3} \right]. \quad (9)$$

Об'ємні витрати розплаву  $Q = 2\pi \int_0^{\frac{d_0}{2}} u(r) r dr$  визначаються в залежності від

конструктивних параметрів філь'єри, рівня розплаву, його густини, в'язкості, коефіцієнта поверхневого натягу та кута змочування розплавом матеріалу філь'єри у відповідності до формули

$$Q = \frac{\pi \rho g d_0^4}{128 \eta} \left[ \frac{H_p}{H} - \frac{6 \sigma d_0 \cos \vartheta}{\rho g d^3} \right]. \quad (10)$$

Отримана формула відрізняється від відомого рівняння Пуазейля-Гагена наявністю в ній члена, що враховує вплив на витрати розплаву коефіцієнта його поверхневого натягу.

Виходячи із умови нерозривності, за величиною об'ємних витрат розплаву  $Q$  та швидкістю витягування волокна  $v_b$ , можна визначити його діаметр за формулою

$$d_b = \left( \frac{d_0}{2} \right)^2 \sqrt{2 \eta v_b \left( \frac{H_p}{H} - \frac{6 \sigma d_0 \cos \vartheta}{\rho g d^3} \right)}. \quad (11)$$

Із формули (11) випливає, що діаметр волокна залежить від густини розплаву та обернено пропорційний його в'язкості та швидкості витягування. При збільшенні діаметра каналу філь'єри, висоти рівня розплаву, коефіцієнта поверхневого натягу та кута змочування діаметр волокна, що витягується, збільшується. При збільшенні розмірів філь'єри, а саме довжини каналу та її діаметра, діаметр волокна зменшується.

Для компенсації впливу швидкості витягування волокна на його діаметр і калібрування волокна за діаметром, зазвичай, по мірі намотування волокна на бобіну зменшують кутову швидкість її обертання, не допускаючи зміни швидкості витягування. При зменшенні рівня розплаву діаметр волокна також зменшується, але для запобігання цього застосувати "під шихтовку" (поступове додавання суміші алмазного порошку та зв'язуючого матеріалу – поліетилентерефталату (ПЕТФ)), яка зазвичай використовується при виробництві волокон, недоцільно з економічних міркувань. Тому для забезпечення сталого діаметра волокна за умови постійного зменшення рівня розплаву потрібно теж зменшувати швидкість витягування.

Для виготовлення алмазно-полімерного волокна була розроблена та виготовлена спеціальна установка, до складу якої входять: нагрівач, екструдуючий пристрій зі змінними філь'єрами, діаметри каналів яких 1, 1,5 і 2 мм та намотуючий пристрій з можливістю регулювання частоти обертання бобіни в діапазоні 10–110 об/хв. Алмазно-полімерну шихту готували в окремій ємності при розплавленні певної кількості ПЕТФ при температурі 285–310 °С, додаванні алмазного або абразивного порошку в кількості, що забезпечує його необхідну концентрацію в інструменті та ретельному перемішуванні суміші. До ємності екструдуючого пристрою, який вставлений в нагрівач, заливали ших-ту і нагрівали її до температури 310 °С. Волокно, що витягувалося з розплаву алмазовмісної шихти, намотували на бобіну.

Розплав шихти характеризувався наступними параметрами: густина – 1,37 г/см<sup>3</sup>; коефіцієнт в'язкості  $\eta = 100$  Па·с; коефіцієнт поверхневого натягу  $\sigma = 0,06$  Н/м, кут змочування розплавом філь'єри  $\vartheta = 12^\circ$ . Витягування АПВ

здійснювали через фільтр діаметром 2 мм з каналом діаметром 1,5 мм і довжиною 6,5 мм, при початковій висоті рівня розплаву 70 мм та частоті обертання бобіни 106 об/хв. На рис. 2 показано загальний вигляд волокна з ПЕТФ (а), АПВ з алмазного порошку АС6 80/63 (б), з алмазного мікропорошку АСМ 10/7 (в) та мікропорошку КНБ КМ 3/1 (г).

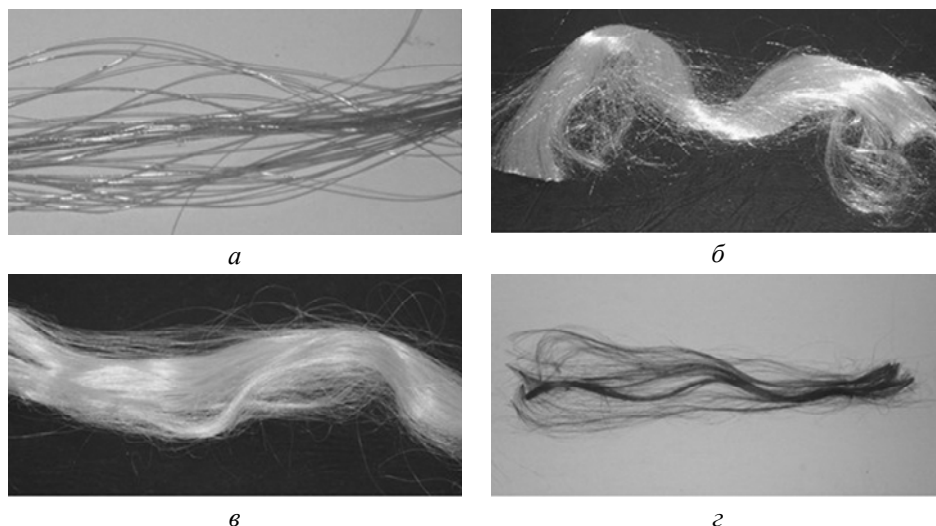


Рис. 2. Алмазно-абразивне полімерне волокно.

Результати теоретичних розрахунків витрат розплаву і діаметра волокна та їхні експериментально визначені значення для процесу витягування АПВ, що складається із ПЕТФ та алмазного порошку, наведено в табл. 1. Там само наведено похибки розрахунків за формулами (10)–(11) для вказаних вище технологічних параметрів процесу формування АПВ. Розрахунки за формулою Пуазейля-Гагена [3] дають дещо занижені результати: витрати розплаву –  $6,9 \cdot 10^{-10}$  м<sup>3</sup>/с, менші в 1,8 рази, ніж розраховані за формулою (10) (відхилення даних розрахунку від експерименту – 37,0 %); діаметр – 74,0 мкм, значення якого в 1,2 рази менше, ніж розраховане за формулою (11) (похибка розрахунку – 24,4 %).

Для виготовлення каліброваного алмазно-полімерного волокна необхідно врахувати розміри верхньої і нижньої границь основної фракції зерен алмазного порошку по відношенню до діаметра волокна. Для того, щоб алмазні зерна всередині волокна розташовувались по одному в кожному його поперечному перерізі необхідно виконання умови [1]

$$d_{\max} < D < 2d_{\min}, \quad (12)$$

де  $D$  – діаметр волокна;  $d_{\max}$  і  $d_{\min}$  – верхня і нижня границі основної фракції зерен абразивного порошку відповідно.

При виготовленні каліброваного абразивно-полімерного волокна для запобігання контактування зерен абразиву в кожному його поперечному перерізі необхідно виконання співвідношення [1]

$$d_3 > 0,75D, \quad (13)$$

де  $d_3$  – розмір зерна основної фракції абразивного мікропорошку.

**Таблиця 1. Технологічні параметри процесу виготовлення алмазно-полімерного волокна**

Технологічний параметр	Дані розрахунку	Експериментальні дані	Похибка розрахунку, %	Час витягування, хв	Маса волокна, кг
Витрати розплаву $Q$ , м <sup>3</sup> /с	$1,2 \cdot 10^{-9}$	$(1,1 \pm 0,1) \cdot 10^{-9}$	12,2	$15,5 \pm 0,1$	$(1,4 \pm 0,1) \cdot 10^{-3}$
Діаметр волокна $d_v$ , мкм	87,3	$98,0 \pm 8,0$	10,9		

Враховуючи особливості виготовлення неперервного АПВ при використанні фільтрів з діаметром каналу 1,0–1,2 мм при швидкості витягування 0,5–1,5 м/с, було одержано волокна діаметром 10 мкм з поодиноким розташуванням абразивних зерен у поперечному перерізі, без утворення конгломератів (рис. 3). Відсутність контактування окремих зерен забезпечується шаром полімеру на їхніх поверхнях.

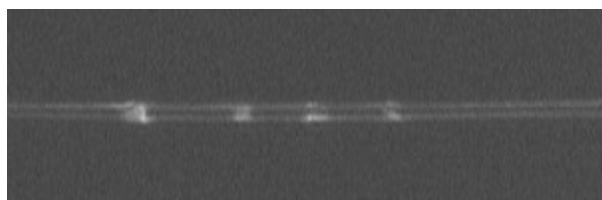


Рис. 3. Алмазно-полімерне волокно.

Для забезпечення умови  $d_v = \text{const}$  необхідно зменшувати частоту обертання бобіни під час витягування волокна згідно залежності, яку можна виразити наближеною лінійною функцією  $n(t) = n_0 - kt$  (коефіцієнти  $n_0 = 110$  об/хв,  $k = 0,1$  хв<sup>-1</sup>) [4]. Експериментально доведено, що для калібрування АПВ за діаметром достатньо періодично зменшувати частоту обертання бобіни у відповідності до наведеної функції (через кожні 1,5 год – приблизно на 10 об/хв).

#### КОНСТРУКЦІЯ ІНСТРУМЕНТУ З АЛМАЗНО-ПОЛІМЕРНОГО ВОЛОКНА

Робочі елементи (таблетки) виготовляли з алмазно-полімерного волокна, яке рівномірно напакувували в прес-форму діаметром 12 мм і висотою 40 мм, пресуванням з зусиллям 500 Н при температурі 275 °С.

Формування робочого шару інструменту здійснювалось у прес-формі діаметром 160 мм, в яку викладали таблетки, вільний простір навколо яких заповнювали гранулами поліетилену високого тиску, при температурі  $210 \pm 10$  °С під пресом.

Для забезпечення рівномірного зносу полімерної матриці і робочих елементів з АПВ розроблено спеціальну конструкцію робочого шару інструменту [2]. Робочий шар інструменту виконаний у вигляді окремих елементів (таблеток) з алмазно-полімерного волокна, зафіксованих в полімерній матриці. З метою покращення виведення шламу із зони обробки робочі елементи розташовані на передньому фронті лопати інструменту по логарифмічній спіралі  $r = r_0 \exp(m\varphi)$  ( $r$ ,  $\varphi$  – координати,  $r_0$  – радіус центрального отвору інструменту,  $m$  – постійний параметр), а на задньому фронті – вздовж лінії,

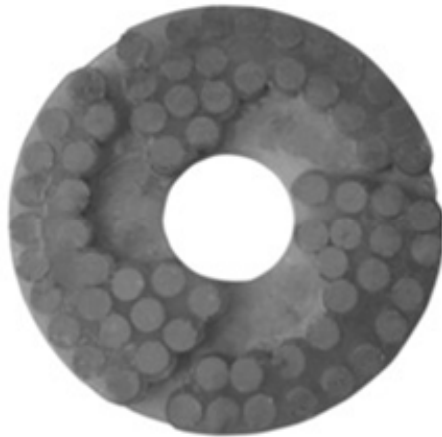


Рис. 4. Інструмент з АПВ для фінішної обробки виробів з природного каменю.

утвореної двома параболічними спіралями  $r_{1,2}^2 = 2p_{1,2}(\varphi - \varphi_{01,02})$  з параметром  $p_1 = 2000$  і кутовим зсувом  $\varphi_{01} = \pi/10$  та параметром  $p_2 = 10000$  і кутовим зсувом  $\varphi_{02} = 2\pi/3$  в центральній та периферійній зонах відповідно та колом радіуса  $R = (2,1-2,4)r_0$ . Для забезпечення самозаточування інструменту в процесі обробки ПК та зменшення загальної площі полімерної матриці лопаті обмежуються еквідистантною утворюючою, що відстоїть від елементів переднього і заднього фронту на  $(0,1-0,2)$  їхнього діаметра, а співвідношення площин полімерної матриці і робочих елементів у межах лопаті

складає  $\frac{S_m}{S_e} = 0,52-0,74$  ( $S_m$  – площа полімерної матриці;  $S_e$  – загальна площа робочих елементів) [2].

Інструмент діаметром 160 мм з такою конструкцією робочого шару (рис. 4) в процесі обробки плоских поверхонь виробів з природного каменю діаметром 60, 100 та 140 мм зношується рівномірно.

#### **ЕФЕКТИВНІСТЬ ФІНІШНОЇ ОБРОБКИ ВИРОБІВ З ПРИРОДНОГО КАМЕНЮ ІНСТРУМЕНТОМ ІЗ АЛМАЗНО-ПОЛІМЕРНОГО ВОЛОКНА**

Для дослідження закономірностей зняття оброблюваного матеріалу при фінішній обробці використовували зразки з плоскими поверхнями діаметром 60 мм і висотою 10–20 мм з граніту Межирічинського, мармуру італійського Bianco Carrara, граніту Покостівського, обсидіану чорного, кварциту). Шліфування, тонке алмазне шліфування (ТАШ) та надтонке алмазне шліфування (НТАШ) зразків здійснювали інструментами із алмазно-полімерного волокна із алмазів різної зернистості на шліфувально-полірувальному верстаті мод. 2ШП–200 при наступних режимах: зусилля притискання інструменту до оброблюваної деталі – 28,9 Н, частота обертання шпинделя – 70 об/хв, у якості мастильно-охолоджуючого технологічного середовища використовували воду. Після кожного дослід зразки просушували при температурі 100 °С протягом 60 хв.

Продуктивність обробки визначали за допомогою вагового методу. Для оцінки якості оброблених поверхонь використовували методи профілометрії (профілограф-профілометр SJ201 Mitutoyo (Японія)), оптичної мікроскопії (Метам Р-1 (ЛОМО) з камерою Vision STD-Res Series) та лазерної рефлектометрії. Коефіцієнт відбиття світла на довжині хвилі 650 нм вимірювали за допомогою спеціальної установки, що складається із напівпровідникового лазера, напівпрозорої пластинки, фотодіодів, амплітудно-цифрового перетворювача (АЦП) та комп'ютера.

Результати визначення продуктивності фінішної обробки природного каменю наведені в табл. 2, з якої випливає, що при шліфуванні інструментом з АПВ – ПЕТФ + АС6 80/63 продуктивність зняття оброблюваного матеріалу становить 78,5–150,0 мг/хв (10,0–19,5 мкм/хв), при ТАШ інструментом із



АПВ – ПЕТФ + АСМ 40/28 – 7,6–14,5 мг/хв (1,0–2,2 мкм/хв), при НТАШ інструментом із АПВ – ПЕТФ + АСМ 10/7 – 1,4–2,8 мг/хв (0,18–0,43 мкм/хв).

**Таблиця 2. Продуктивність зняття оброблюваного матеріалу при фінішній обробці виробів з природного каменю**

Матеріал	Продуктивність обробки, мг/хв (мкм/хв)		
	Шліфування (ПЕТФ + АС6 80/63)	ТАШ (ПЕТФ + АСМ 40/28)	НТАШ (ПЕТФ + АСМ 10/7)
Граніт Межирічинський (Житомир)	150,0±20,0	13,5±1,0	2,7±0,1
	(19,5±2,0)	(1,8±0,2)	(0,35±0,04)
Граніт Покостівський (Коростишів)	122,0±10,0	10,8±1,0	2,2±0,2
	(16,0±2,0)	(1,5±0,2)	(0,30±0,04)
Обсидіан	147,5±20,0	14,5±1,0	2,8±0,1
	(23,0±2,0)	(2,2±0,3)	(0,43±0,05)
Кварцит	108,0±10,0	10,0±1,0	2,1±0,2
	(15,5±2,0)	(1,4±0,1)	(0,28±0,04)
Мармур італійський (Bianco Carrara)	78,5±10,0	7,6±1,0	1,4±0,2
	(10,0±1,0)	(1,0±0,1)	(0,18±0,02)

Результати оцінки якості оброблених поверхонь виробів з природного каменю при НТАШ інструментом із АПВ – ПЕТФ+АСМ 10/7 наведені в табл. 3. Із даних табл. 3 випливає, що шорсткість оброблених поверхонь за параметром *Ra* оцінюється значеннями 0,03–0,15, а їх відбиваюча здатність характеризується коефіцієнтом відбиття світла, що лежить в межах 7,7–8,1 %. На рис. 5 наведено мікроскопічні зображення поверхні виробу з обсидіану, обробленого при НТАШ інструментом з АПВ – ПЕТФ+АСМ 10/7.

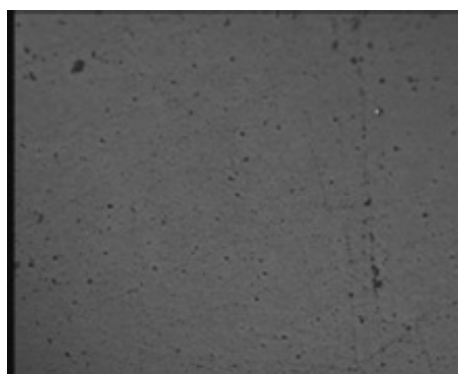


Рис. 5. Стан обробленої поверхні.

**Таблиця 3. Параметри якості оброблених поверхонь виробів з природного каменю**

Матеріал	Параметр якості оброблених поверхонь	
	шорсткість <i>Ra</i> , мкм	коефіцієнт відбиття світла, %
Граніт Межирічинський (Житомир)	0,09	8,0±0,1
Граніт Покостівський (Коростишів)	0,11	7,8±0,2
Обсидіан	0,03	8,1±0,1
Кварцит	0,15	7,7±0,2
Мармур італійський (Bianco Carrara)	0,13	7,7±0,2

## ВИСНОВКИ

В результаті проведених досліджень показано, що підвищення якості оброблених поверхонь виробів з природного каменю можна досягти шляхом використання каліброваного за діаметром алмазно-полімерного волокна, в якому унеможливується утворення конгломератів зерен алмазу (абразиву).

Розроблена конструкція алмазно-абразивного інструменту з використанням таблеток виготовлених з АПВ при оптимальному співвідношенні площі полімерної матриці і площі робочих елементів у межах лопати (0,52–0,74) забезпечує його рівномірний знос.

Дані випробувань показали, що застосування інструменту з алмазно-полімерних волокон при НТАШ дозволяє суттєво зменшити технологічний час на операції полірування та досягти параметрів шорсткості, що задовольняють вимогам ГОСТ 9480–89 до полірованих плит з природного каменю.

*Описаны методы повышения эффективности обработки природного камня инструментом из алмазно-полимерного волокна на подготовительной операции перед полированием. Определены параметры, влияющие на изготовление калиброванного волокна. Изготовлены и апробированы опытные образцы инструмента. Предложена конструкция инструмента, обеспечивающая равномерный характер износа рабочего слоя. Проведен анализ качества обработанной поверхности изделия.*

**Ключевые слова:** волокно, конгломераты, калибровка, поперечное сечение, рефлектометрия, профилометрия.

*We describe the efficiency of processing natural stone tool with a diamond-polymer fibers preparatory operations before polishing. The parameters that influence the production of calibrated fiber. Manufactured and tested research tool . The design of the tool and the tool itself is made . The analysis of the quality of machined workpiece surface.*

**Keywords:** fiber conglomerates, calibration, cross section, reflection, measuring of profile and shape.

1. Пат. на корисну модель 38450 Україна, МПК В24D 17/00. Абразивне волокно / Ю. Д. Філатов, В. Д. Курілович, В. І. Сідорко та ін. – Опубл. 12.01.2009, Бюл. № 1.
2. Пат. на корисну модель 43681 Україна, МПК В24D 7/00. Інструмент для фінішної обробки / Ю. Д. Філатов, В. Д. Курілович, В. І. Сідорко, В. С. Біловол. – Опубл. 25.08.2009, Бюл. № 16.
3. Філатов Ю. Д., Курілович В. Д. Виготовлення алмазно-полієфірного волокна для фінішної обробки природного каменю / Матеріали 11-го Междунар. науч.-техн. семинара “Современные проблемы производства и ремонта в промышленности и на транспорте”, г. Свальява, 21–25 февр. 2011 г. – К.: АТМ України, 2011. – С. 305–307.
4. Руденко М. А., Сідорко С. В., Курілович В. Д., Ковальов С. В. Калібрування алмазно-полієфірного волокна для каменеобробного інструменту / Тез. докл. Пятої конф. молодих учених і спеціалістів “Сверхтвердые, композиционные материалы и покрытия: получение, свойства, применение”, 23–27 мая 2011 г., пос. Морское. – К.: ИСМ НАН Украины, 2011. – С. 99–101.

Ін-т надтвердих матеріалів  
ім. В. М. Бакуля НАН України  
НТТУ “Київський політехнічний ін-т”

Надійшла 20.11.13