

УДК 679.8.

В.В. ПЕГЛОВСЬКИЙ,
кандидат технічних наук
В.І. СИДОРКО, доктор технічних наук
В.Н. ЛЯХОВ, інженер
Науково-технологічний алмазний
концерн "АЛКОН" НАН УКРАЇНИ



Дослідження трудомісткості полірування природного каміння

Частина 2. Інструмент, технологічні параметри та трудомісткість полірування

УДК.679.8. Рассмотрены основные виды используемого для полирования абразивного инструмента и применяемого технологического оборудования, проведено распределение природных декоративных и полудрагоценных камней по трудоемкости полирования, показана возможность расчета трудоемкости полирования камня.

The basic types of in-use for polishing abrasive instrument and applied technological equipment are considered, distributing of natural decorative and semi-precious stone is conducted on labour intensiveness of polishing, possibility of calculation of labour intensiveness of polishing of stone is rotined.

У першій частині цієї роботи, присвяченій поліруємості декоративного та напівдорогоцінного каміння, було розглянуто основні абразивні матеріали, які використовують під час полірування цих каменів, та сформульовано вимоги до полірованих поверхонь [1].

Метою нашої роботи є розподіл більшості декоративних та напівкоштовних каменів по групах залежно від їх поліруємості за аналогією до того, як ці камені розподілені за оброблюваністю [2].

Операції полірування, як і інші операції каменеобробки, різняться насамперед за виглядом поверхонь, які оброблюють (плоскі поверхні, поверхні обертання та поверхні складної геометричної форми), а також за рівнем механізації

(ручні, механізовані та верстатні) [3], видами застосовуваного устаткування та використовуваного інструменту.

Полірування поверхонь обертання у виробках з природного каміння при механізованому способі обробки здійснюється переважно на токарних верстатах після послідовного виконання операцій формоутворення і чистового шліфування цих поверхонь, як правило, без переустановлення заготовки. Режими полірування на токарних та шліфувально-полірувальних верстатах наведено в таблиця 1.

Полірування плоских поверхонь (розмірами до 3 дм²) здійснюється на шліфувально-полірувальних верстатах моделей ЗШП-320 або аналогічних їм у

разі верстатного способу обробки або ОС-320 у разі механізованої обробки (табл. 1).

Полірувальний інструмент для обробки каменю є в основному шаржованим інструментом (повсть, тканина, парусина і т. ін.) [4], що має основу, яка в процесі роботи наповнюється абразивом.

Шаржований інструмент для полірування в каменеобробці за час його використання не зазнав істотних змін. У роботі [5] так описується процес полірування виробів на каменеобробних підприємствах Росії XVII-XVIII століть: «Поліровка проводиться олов'яними терками і шківками з дрібним треплом». Під шківками тут мається на увазі матеріальний інструмент, що обертається.

Останнім часом для полірування плоских поверхонь застосовують полірувальний інструмент із зв'язаним абразивом [6]. Завдяки обробці таким інструментом на основі двоокису церію і деревинної смоли ПЕК можна отримати найвищу якість обробки плоских поверхонь каменя.

Види інструменту, використовуюваного під час полірування, представлені в таблиці 2. Вказані види інструменту застосовують, як правило, для фінішної обробки виробів декоративно-художнього і виробничо-технічного призначення [7], що випускають дрібними серіями або в одиничних екземплярах, до якості оброблених поверхонь яких пред'являють досить високі вимоги, а саме – отримати дзеркальні поверхні.

У випадках, коли вироби випускають крупними серіями або масово (наприклад, будівельні вироби), до якості поверхонь яких вимоги нижчі, відповідно застосовують інші види устаткування (наприклад, поточні лінії) та використовують інші види інструменту [8].

У таблиці 3 наведено дані про норми оперативного часу, які застосовують для розрахунку трудомісткості виготовлення виробів з природного каменю у разі його полірування за виробничих умов НТАК «АЛКОН» НАНУ.

Норми часу істотно залежать від необхідної кінцевої якості обробленої поверхні, оскільки потрібна шорсткість поверхні коливається в достатньо широких межах [1] та розроблюється для своїх умов кожним каменеобробним підприємством.

Таблиця 1. Технологічні режими полірування поверхонь природного каменю

№ з/п	Технологічні параметри	Види устаткування (верстатів)		
		Токарні верстати 1К62М або ін.	Шліфувальний верстат ОС-320 або ін.	Верстати шліфувальні типу ЗШП-320 або ін.
1	2	3	4	5
1	Число обертів шпинделю (об./хв.) під час полірування деталей: до $\varnothing$ 100 мм більше $\varnothing$ 100 мм	300–600 200–300	600–735	90–180
2	Подача, мм	ручна	–	–
3	Окружна швидкість обробки, м/с	2–15	до 10–12	до 3
4	Зусилля притиску інструменту, Н	–	–	до 300

Таблиця 2. Види інструменту, використовуюваного для полірування природного каменю

№ з/п	Вид інструменту	Вид абразивного матеріалу
1.1	Круг з повсті ГОСТ 288-72 або парусини лляної ГОСТ 15530-93 $\varnothing$ 150-400х3-5, як матеріали для кругів також використовують фетр, шкіру, папір тощо	Алмазний порошок (АСМ 3/2-1/0), полірувальна суспензія такого порошку, алмазна паста (КВОМ АСМ 5/3-1/0 ГОСТ 25593-83), порошки (оксиди) церію, хрому, алюмінію, заліза, олова, оптичний полірит й ін.
1.2	Інструмент на основі зв'язаного абразиву. Круги плоскі типу 6А2Т $\varnothing$ 250-400х3-5х32-40	Зв'язаний полірувальний порошок (двоокис церію) та деревинно-смоляний ПЕК

Таблиця 3. Основний технологічний (оперативний) час полірування для каменів 1-ої групи поліруємості

1	Устаткування, інструмент	Діюча норма оперативного часу (НОЧ), хв./дм ²
	Полірування	
1	Токарно-гвинторізний верстат моделі 1К62М або інших моделей до $\varnothing$ 300 мм	25–30
2	Шліфувально-полірувальні верстати НС.226, ОС-320 або інших моделей	8–12
3	Шліфувально-полірувальний верстат ЗШП-320, інструмент із зв'язаним абразивом	140–180

Площа поверхні виробу для полірування може бути розрахована приблизно, виходячи з геометричних розмірів виробу, а також за методами тривимірного проектування таких виробів за допомогою відповідного програмного забезпечення [9, 10].

З практичного досвіду обробки (полірування) природних каменів у разі виготовлення каменерізних виробів у НТАК «АЛКОН» НАНУ (для каменів, які добре поліруються) було визначено коефіцієнти, які враховують у розрахун-

ках трудомісткості полірування таких виробів (табл. 4). Ці коефіцієнти застосовують для визначення оперативного часу полірування поверхонь різних видів каменю в розрахунку трудомісткості виготовлення каменерізних виробів [7].

Відповідно до існуючих нормативних документів встановлено такі визначення.

Норма оперативного часу (Топ) – норма часу на виконання технологічної операції, яка є частиною норми штучного часу (Тшт) і сумою основного і допоміжного часу.

Таблиця 4. Значення коефіцієнтів, які враховують трудомісткість полірування природного каменю

Група каменів	Вид каменю, походження (родовище, країна) або торгова марка	Значення коефіцієнта $K_{\text{пол}}$
1	2	3
1	Напівдорогоцінне каміння – мінерали (силікати групи кварцу): кварц (моріон, цитрин, рожевий льодистий, ін. – Україна, Росія); агат, агат-переливт, халцедон (Казахстан, Росія), хризопраз, сердолік, хахолонг, ін. Гірські породи, утворені цим камінням: більшість яшм (Маломуйнаківське, Орське, ін. – Росія); кремін (Росія, Україна); кварцити (Овруцьке – Україна, Шокшинське – Росія); порфіри, яшмоїди різних родовищ і країн. Напівдорогоцінне каміння (силікати різних груп) і гірські породи, утворені цим камінням: лазурит (Карнасуртовське – Росія), чароїт, родоніт (Росія), обсидіан (Вірменія), амазоніт і біломорит (Росія), ін. Напівдорогоцінне каміння (карбонати різних груп) і гірські породи, утворені цим камінням: малахіт (Росія, Заір), серпентинит (Росія), офіокальцит, мармурові онікси (медовий, зелений і ін.) всіх видів (Карлюкське – Казахстан, «Ladi Onyx» – Індія), а також онікси різних родовищ і торгових марок з інших країн (Ірану, Іраку, Пакистану тощо). Декоративне каміння: деякі види мармуру з високим (до 25 %) вмістом (SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3). Наприклад: Белогорське (Росія), «Verde Antiquo» (Індія), «Верде Серано» (Куба), «Верде Гватемала» (Гватемала) й ін.	1,0
2	Напівдорогоцінне каміння – мінерали (жадеїт) і гірські породи: нефрит, скам'яніле дерево, гранат-хлоритова порода, джеспіліт, лиственіт, роговик, скарн. Декоративне каміння: всі види лабрадориту (Головинське, Турчинське, ін. – Україна; «Blue Pearl», «Emerald Pearl», ін. – Норвегія). Всі види габро (Сліпчицьке, Олександрівське, ін. – Україна; Баженівське, Шавасайське – Росія), ін. Граніти всіх видів (Софіївське, Маславське, ін. – Україна; Сухов'язовське, Каштакське, ін. – Росія; «Amadeus» – Фінляндія; Куртинське – Казахстан). Брекчія, деякі види мармуру («Каррара В», «Каррара D» – Італія) й ін.	1,5

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{ос}} + T_{\text{до}}$$

Норма основного часу ($T_{\text{ос}}$) – норма часу, яка направлена на досягнення безпосередньої мети певної технологічної операції щодо якісної або кількісної зміни предмета праці. Норма допоміжного часу ($T_{\text{до}}$) – норма часу на здійснення дій, що створюють можливість виконання основної роботи, яка є метою технологічної операції [11].

Вираз для розрахунку основного оперативного часу полірування можна записати так: $T_{\text{оп}} = \text{НОЧ} \times S_{\text{по}}$, де $S_{\text{по}}$ – площа поверхні, яку полірують, НОЧ – час, який витрачається для полірування одиничної площі (наприклад, дм^2). Якщо використати дані, наведені вище, то для виробів (годинників, рис. 1), виготовлених з кварциту та скарну, розробку тривимірних моделей яких з однаковою площею поверхні $S_{\text{по}}=6,3 \text{ дм}^2$ (значення одержано відомими методами [10]) було розглянуто раніше [12], можна отримати розрахункову трудомісткість їх полірування. Причому будемо враховувати, що полірування 70 % цієї площі виконують на токарному верстаті моделі 1К62М, а решту – на шліфувально-полірувальному верстаті ОС-320.

Розрахункова трудомісткість полірування виробу з кварциту складе $T_{\text{оп}1} = \text{НОЧ}_1 \times S_{\text{по}} = 6,3 \times 0,7 \times 27,5 + 6,3 \times 0,3 \times 10 = 2,3 \text{ год.}$, а для скарну – 3,5 год. відповідно (табл. 3, 4). Причому для



Рисунок 1. Годинники з каменю: а – кварциту; б – скарну

розрахунку взято середні значення діючих НОЧ.

Досліджуючи поліруємість природного каміння, не можна встановити прямий зв'язок здатності природного каменю приймати поліровку з його хімічним або мінералогічним складом, як у разі вивчення оброблюваності каміння [2]. Проте зазначено, що якіснішої поліровки набувають ті види каміння, в хімічному складі яких у більшій кількості присутні такі компоненти, які у вільному вигляді самі є абразивами (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3). Для таких каменів і продуктивність полірування також буде вищою.

Так, наприклад, найкраща якість полірованої поверхні природних каменів спостерігається в класі силікатів групи кварцу, а в класі карбонатів у тих видів каменю, які мають у своєму складі найбільший вміст оксидів кремнію, алюмінію та заліза або інших оксидів металів.

Порівнюючи трудомісткість процесу полірування каменю різних видів під час виготовлення каменерізних виробів та процеси полірування в інших підгалузях каменеобробки (наприклад, під час проведення каменотесних робіт і створення скульптурних творів з мармуру і граніту), можна виокремити певну їх схожість. У таблиці 5 [13] представлено дані про трудомісткість полірування скульптурних творів з природного каменю.

Слід зазначити, що в наведену норму часу також входить підготовка вирізаних скульптур до полірування, в прийнятій термінології – чистового шліфування. Порівнюючи таблиці 3, 4 і 5, можна зазначити, що коефіцієнти, визначені для різних видів виробів з урахуванням відмінностей у трудомісткості полірування певних видів каменю, практично однакові, а норми оперативного часу є близькими.

Таким чином, з наведених даних можна дійти таких висновків.

Для полірування природного декоративного та напівдорогоцінного каміння як полірувальний матеріал найчастіше використовують синтетичний алмаз, двоокис церію, оптичний полірит та оксид хрому. Ці матеріали застосовують переважно у вигляді абразивної суспензії або абразивної пасти для порошків синтетичного алмазу. Як абразивний інструмент найпоширенішим є шаржований інструмент, який виготов-

Таблиця 5. Норми часу полірування природного каменю

Група каменів	Вид каменю, походження або торгова марка	НОЧ год./дм ²
1	Поліровка скульптурних творів: фігури людей, бюсти, орнаменти, портрети, барельєфи і горельєфи; пам'ятники і меморіальні дошки; деталі архітектурних творів та ін.	
1.1	Нескладні	0,9
1.2	Складні	1,3
1.3	Особливо складні	2,7

Примітка. Наведені норми часу розраховані для виконання поліровки скульптурних творів з мармуру. У разі виконання поліровки скульптурних творів з граніту до норм часу застосовувати коефіцієнт твердості матеріалу, що підвищує норму в 1,5 раза.

ляють для технологічного обладнання (універсального або спеціалізованого) різних класів.

Використання цих абразивних матеріалів, інструменту та технологічного обладнання дозволяє отримати шорсткість якісно полірованої (дзеркальної) поверхні каменів не вище $Ra = 0,050\text{--}0,063$ мкм, а відбивна здатність якісно полірованих поверхонь може дорівнювати 130–160 відн. од. у разі вимірювання блискоміром НІІКС-БМ-3 або

70–200 GU у разі використання блискоміра Novo-Gloss Trio.

Трудомісткість отримання таких поверхонь може бути розрахована, виходячи з оброблюваної площі поверхні, групи поліруємість, до якої належить той або інший оброблюваний камінь, та відповідних норм часу, які залежать від форми поверхні вживаного на каменеобробному підприємстві технологічного обладнання та використовуваного інструменту.

Використана література

1. Пегловський В.В., Сидорко В.І., Ляхов В.Н. Дослідження трудомісткості полірування природного каміння. Частина 1. Основні абразивні матеріали для полірування каменю. Головні вимоги до оброблюваної поверхні // Коштовне та декоративне каміння. – 2012. – № 1 (67). – С. 10–13.
2. Пегловський В.В., Сидорко В.І., Ляхов В.Н., Поталико О.М. Оброблюваність природного каміння – об'єктивна основа його класифікації. Частина 8. Класифікація декоративного та напівдорогоцінного каміння за оброблюваністю // Коштовне та декоративне каміння. – 2011. – № 1 (63) – С. 16–22.
3. ГОСТ 23004-78. Механизация и автоматизация технологических процессов в машиностроении и приборостроении. Основные термины, определения и обозначения. – Введ. 01.01.78.
4. Ардамацкий А.Л. Алмазная обработка оптических деталей. – М.: Машиностроение, 1978. – 232 с.
5. Мавродина Н.М. Искусство русских камнерезов 18–19 веков. Каталог коллекции. – СПб.: Изд-во Государственного Эрмитажа. – 2007. – 560 с.
6. Сидорко В.И. Научные основы процессов финишной алмазно-абразивной обработки природного и синтетического камня: Дис. д-ра техн. наук: 05.03.01. – К., 2006. – 396 с.
7. Изделия камнерезные ТУУ 26.7–23504418–001:2007. – Введ. 01.05.2007.
8. Хшоншевський В. Полірувальні верстати конвеєрного типу. Обробка каменю: частина 14 // Камінь. – К.: Сківак-прес, 2009. – № 6 (32). – С. 20–22.
9. Сидорко В.І., Пегловський В.В., Ляхов В.Н., Поталико О.М. Сучасні методи проектування виробів з природного каменю. Частина 1. Розробка тривимірних параметричних моделей виробів з каменю // Коштовне та декоративне каміння. – 2008. – № 4 (54). – С. 12–17.
10. Рон К.С. Чен. Autodesk Inventor. – М.: Лори, 2002. – 568 с.
11. ДСТУ 2391–94. Система технологической документации. Термины и определения. – Введ. 01.01.1995 г.
12. Сидорко В.І., Пегловський В.В., Ляхов В.Н., Поталико О.М. Сучасні методи проектування виробів з природного каменю. Частина 2. Отримання тривимірних фотореалістичних моделей виробів з каменю // Коштовне та декоративне каміння. – 2009. – № 1 (55). – С. 10–15.
13. Местные нормы времени и расценки на скульптурно-технические камнетесные работы при создании скульптурных произведений из мрамора и гранита. СХУ. КСХ. КТПК «Художник». – Введ. 01.01.2000 г.