

digital photo of polished specimen a cutting layer. Results of experimental check of a method are resulted.

Key words: diamond powder, the grinding wheel cutting a layer, relative concentration, polished specimen, 3D model, sphere, parallelepiped.

Литература

1. Справочник по алмазной обработке / В. Н. Бакуль, И. П. Захаренко, Я. А. Кункин, М. З. Мильштейн. – К: Техника, 1971. – 208 с.
2. Метод топологической реконструкции и количественной оценки размеров зерен / Р. М. Кадушников, И. Г. Каменин, В. М. Алиевский и др. // Заводская лаборатория. – 1997. – № 4. – С. 30–34
3. A new system for single particle strength testing of grinding powders / E. List, J. Frenzel, H. Vollstadt // Industrial diamond rev. – 2006. – N 1. – P. 42–47.
4. Петасюк Г.А. Діагностика морфометричних характеристик порошків надтвердих матеріалів засобами цифрової обробки зображень // Відбір і обробка інформації. – 2009. – Вип. 30(106). – С. 138–145.

Поступила 27.03.12

УДК 621.923

В. Д. Курілович, А. Г. Ветров, Ю. Д. Філатов, д-р техн. наук

Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України, м. Київ

ФАКТУРНЕ ОБРОБЛЕННЯ ПРИРОДНОГО КАМЕНЮ ІНСТРУМЕНТОМ З АЛМАЗНО-ПОЛІМЕРНОГО ВОЛОКНА

Наведено результати розроблення та випробування інструменту з алмазно-полімерного волокна при фактурному обробленні виробів з природного каменю. Виконано порівняння продуктивності оброблення і відбивної здатності обробленої поверхні, що досягаються при використанні розробленого інструменту з показниками інструментів аналогічного призначення.

Ключові слова: алмазно-полімерне волокно, продуктивність оброблення, відбивна здатність

Сучасні конкурентні умови розвитку будівельної галузі зумовлюють значне підвищення вимог до якості оброблення виробів з природного і синтетичного каменю (ПСК). Разом з тим інструменти для фінішного оброблення ПСК не забезпечують бездефектної підготовки поверхні виробу для завершальної технологічної операції – полірування.

Вироби з природного каменю характеризуються наявністю на їх полірованих поверхнях подряпин і виколів, що залишились від попередніх операцій оброблення, дефектів, нанесених безпосередньо полірувальним інструментом (подряпини, сітка дрібних подряпин та ін.), пор та інших дефектів техногенного або природного походження. Це пояснюється недосконалістю технології фінішного оброблення деталей з ПК, відсутністю інструментів, здатних забезпечувати необхідну якість оброблення протягом тривалого часу та стабільну продуктивність знімання оброблюваного матеріалу, а також неможливістю повного контролю їх якості, особливо в умовах масового виробництва, та складністю її автоматичного забезпечення і регулювання.

Високої якості оброблених поверхонь деталей з ПСК можна досягти лише за відсутності на поверхні робочого шару інструменту конгломератів абразивних зерен, що зумовлюють появу

дефектів, у тому числі подряпин, під час оброблення. Для виключення цього негативного явища запропоновано формувати робочий шар інструменту з окремих алмазно-полімерних волокон (АПВ), діаметр яких унеможливило контактування абразивних зерен при калібруванні у процесі витягування волокна з розплаву через філь'єру певного діаметра [1].

При аналізі процесу витягування АПВ з розплаву полімерного композита через філь'єру встановлено закономірності впливу діаметра філь'єри, швидкості витягування, висоти рівня розплаву, його густини, в'язкості та поверхневого натягу на дебіт розплаву і діаметр волокна. Закономірності течії розплаву через філь'єру вивчали на основі рівняння Нав'є–Стокса та нерозривності

$$\frac{dU}{dt} = F - \frac{1}{\rho} \text{grad}P + \nu \Delta U,$$

$$\text{div}U = 0,$$

де: U – швидкість; t – час; F – масові сили; ρ – густина розплаву; P – тиск; ν – кінематичний коефіцієнт в'язкості; Δ – оператор Лапласа.

За стаціонарних умов: $\frac{dU}{dt} = 0$; $\frac{dU}{dz} = 0$; $\text{grad}P = \frac{\partial P}{\partial z} = f(r)$, коли сила

$$F_1 = -\frac{6 \sigma d_0 \cos \vartheta}{\rho d^3} \quad (\sigma - \text{коефіцієнт поверхневого натягу; } \vartheta - \text{кут змочування розплавом}$$

поверхні філь'єри; d і d_0 – діаметр філь'єри й діаметр її каналу відповідно, залежність швидкості течії розплаву від координати r визначається формулою

$$U(r) = \frac{\rho g}{4 \eta} \left(\frac{d_o^2}{4} - r^2 \right) \left[\frac{H_u}{H} + \frac{6 \sigma d_0 \cos \vartheta}{\rho g d^3} \right],$$

де: g – прискорення вільного падіння; $\eta = \rho \nu$ – динамічний коефіцієнт в'язкості; H_u – висота рівня розплаву; H – довжина каналу філь'єри.

При цьому об'ємні витрати розплаву визначають формулою

$$Q = 2\pi \int_0^{\frac{d_0}{2}} U(r) R dr = \frac{\pi \rho g d_o^4}{128 \eta} \left[\frac{H_u}{H} + \frac{6 \sigma d_0 \cos \vartheta}{\rho g d^3} \right],$$

яка на відміну від класичної формули Пуазейля–Гагена містить ще один доданок, який залежить від поверхневого натягу розплаву та змочування розплавом поверхні філь'єри.

Діаметр волокна залежить від швидкості V витягування волокна і визначається формулою

$$d_f = \frac{\rho g d_o^2}{8 \eta V} \left[\frac{H_u}{H} + \frac{6 \sigma d_0 \cos \vartheta}{\rho g d^3} \right]^{\frac{1}{2}}.$$

При виготовленні інструменту і формуванні робочого шару з АПВ, що унеможливило контактування окремих зерен, забезпечується повне виключення конгломератів зерен. Це стабільно забезпечує необхідну якість оброблення деталей з ПК.

З метою забезпечення умови $d_f = \text{const}$ ($[\delta d_f / \delta t] = 0$) при застосуванні методу Ейлера для чисельного розв'язування задачі Коші для диференціального рівняння першого порядку можна показати, що частоту обертання бобини слід зменшувати під час витягування згідно із залежністю, яку можна виразити наближеною лінійною функцією $n(t) = n_0 - kt$ (коефіцієнти $n_0 = 110$ об./хв і $k = 0,1$ хв⁻¹ для $d_f = 60$ мкм). Експериментально доведено, що для калібрування АПВ за діаметром достатньо періодично зменшувати частоту обертання бобини відповідно до наведеної функції (через кожні 1,5 год – приблизно на 10 об./хв).

Для забезпечення рівномірного зносу полімерної матриці та робочих елементів розроблено конструкцію робочого шару інструменту з коефіцієнтом заповнення алмазно-полімерним композитом, який змінюється за коловими зонами. Робочий шар інструменту виконаний у вигляді окремих елементів з АПВ діаметром d , зафіксованих у полімерній матриці. З метою покращення виведення шламу із зони оброблення робочі елементи розташовують на передньому фронті лопаті інструменту за логарифмічною спіраллю $r = r_0 \exp(m\varphi)$ (r, φ – координати, r_0 – радіус центрального отвору інструменту; m – постійний параметр), а на задньому фронті – вздовж лінії, 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 $\varphi_{02} = 2\pi/3$ відповідно у центральній та периферійній зонах, а також колом радіуса $R = (2,1-2,4)r_0$. Профіль полімерної матриці за переднім та заднім фронтами є еквідистантний боковій поверхні елементів робочого шару [2].

Робочий шар інструменту виготовляли з АПВ, що виключає можливість утворення конгломератів зерен алмазного мікропорошку завдяки тому, що забезпечується рівномірний розподіл алмазних зерен у робочому шарі інструменту з умови, що зерна алмазів розташовуються по одному в кожному поперечному перерізі алмазно-полімерного волокна. Для виконання цієї умови діаметр волокна D визначали зі співвідношення $d_{\max} < D < 2d_{\min}$ (де d_{\max}, d_{\min} – верхня і нижня межа основної фракції зерен абразивного порошку відповідно [1]). Інструменти для фактурного оброблення природного каменю із суцільним робочим шаром (а) та з окремих елементів (б) з АПВ зображено на рис. 1.

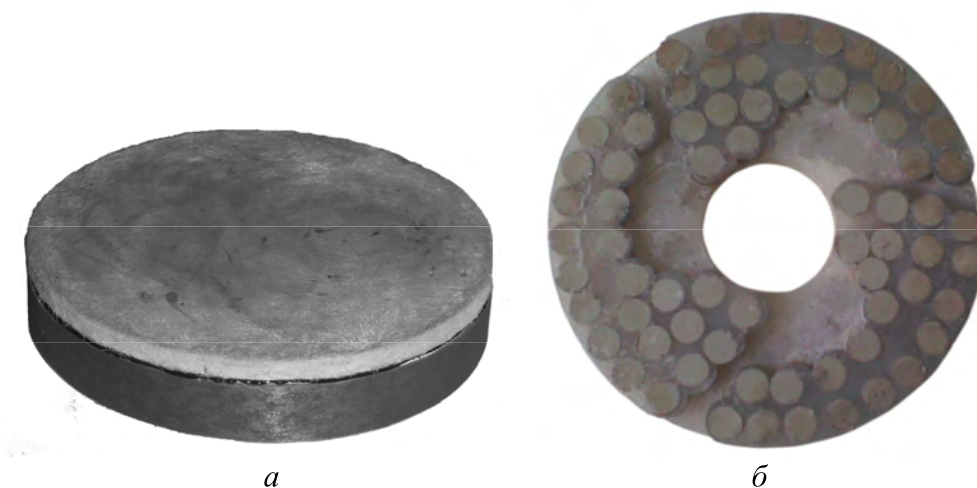


Рис.1. Загальний вигляд інструментів з АПВ

Відповідно до розробленої методики дослідження, ефективності застосування інструменту з алмазно-полімерних волокон експерименти проводили при фактурному обробленні зразків діаметром 60 мм із природного каменю (1 – граніт межирічинського родовища, 2 – граніт покостівського родовища, 3 – мармур *Bianca Carrara*, 4 – обсидіан) на верстаті моделі 2ШП-200М при частоті обертання шпинделя 70 об./хв, силі притискання 28,9 Н, та тривалості оброблення 1 год. Як мастильно охолоджуюче середовища (МОТС) використовували воду. Продуктивність оброблення визначали за втратою маси оброблюваної деталі, яку вимірювали за зважуванням на аналітичних терезах моделі ВЛР-200. Якість оброблення оцінювали за відбивною здатністю методом лазерної рефлектометрії. Коефіцієнт відбивання світла обробленою поверхнею деталі визначали за допомогою експериментальної установки, до складу якої входили напівпровідниковий лазер (довжина хвилі $\lambda = 650$ нм) і технологічна платформа з набором оптичних пристроїв і елементів. При порівняльних випробуваннях використовували зразки інструментів фірми 3М (1 – зелений, 2 –

синій, 3 – сірий), виготовлені з АПВ із різним вмістом синтетичних алмазів і природних мінеральних абразивів (24 та 35%).

У результаті досліджень встановили (рис. 2), що продуктивність оброблення природного каменю розробленим інструментом з АПВ становить:

- при обробленні граніту межирічинського родовища – 2,7 мг/хв, що перевищує показники інструментів 1–3 в 1,2–7,5 разів;
- при обробленні граніту покостівського родовища – 1,2 мг/хв, тобто (0,4–3,5) продуктивності оброблення інструментами 1–3;
- при обробленні мармуру *Bianca Carrara* – 1,4 мг/хв, тобто (0,6–14) продуктивності оброблення інструментами 1–3;
- при обробленні обсидіану – 2,8 мг/хв, тобто (0,9–1,8) продуктивності обробки інструментами 1–3.

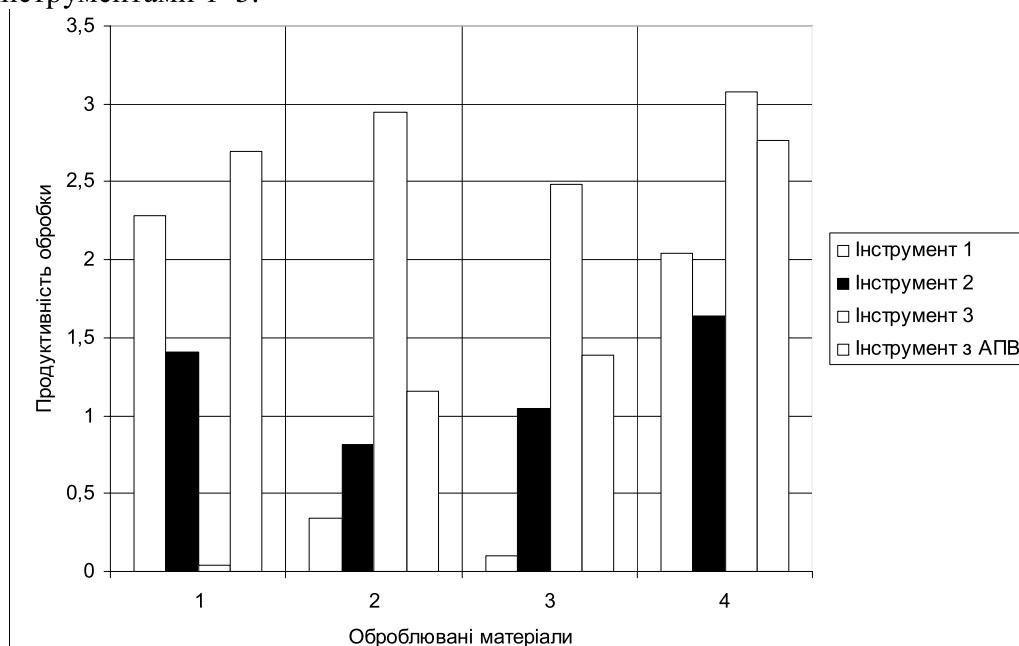


Рис. 2. Продуктивність оброблення природного каменю інструментами з АПВ

Встановили також, що відбивна здатність оброблених поверхонь виробів з природного каменю при застосуванні розробленого інструменту з АПВ характеризується (рис. 3) таким коефіцієнтом K відбивання світла:

- при обробленні граніту межирічинського родовища – 8,0%, при значеннях $K = (7,7–7,9)\%$, що характерно для поверхонь оброблених інструментами 1–3;
- при обробленні граніту покостівського родовища – 8,0%, при значеннях $K = (7,2–7,9)\%$, що характерно для поверхонь оброблених інструментами 1–3;
- при обробленні мармуру *Bianca Carrara* – 7,73%. Поверхні, оброблені інструментами 1–3, мають низьку відбиваючу здатність;
- при обробленні обсидіану – 8,1%, при значеннях $K = (7,4–7,7)\%$, характерних для поверхонь оброблених інструментами 1–3.

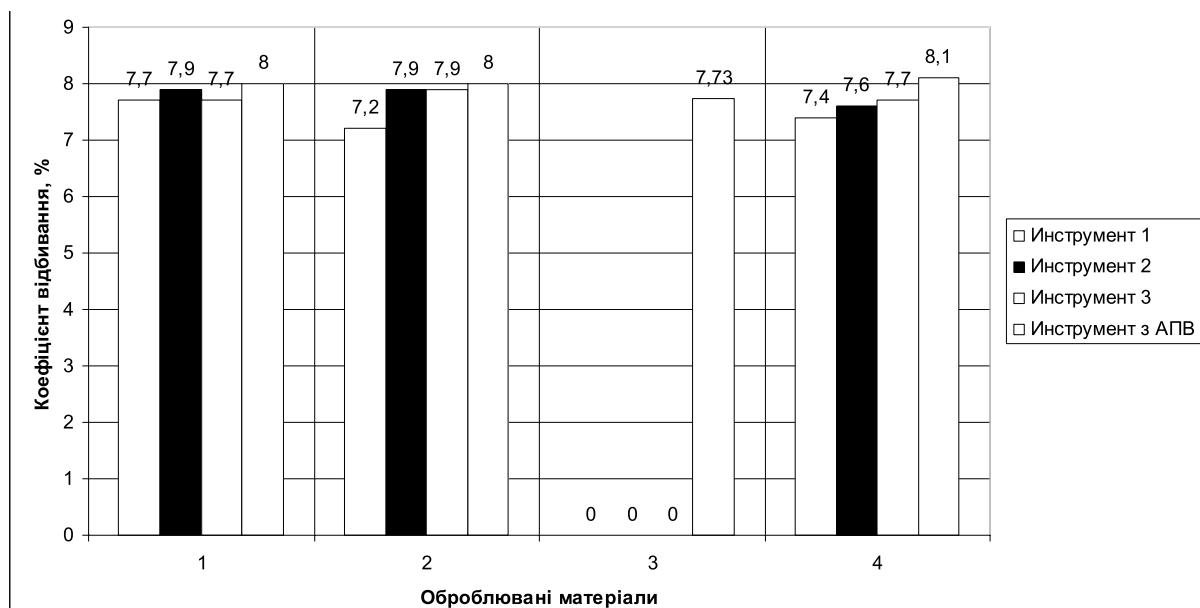


Рис. 3. Коэффициент відбивання світла поверхнями виробів з ПСК, оброблених інструментами з АПВ

Таким чином, встановлено, що при обробленні виробів з ПСК з різними фізико-механічними властивостями розроблений інструмент з АПВ за продуктивністю обробленні перебуває на рівні аналогічних інструментів зарубіжного виробництва. Відбивна здатність поверхонь виробів з природного каменю, що характеризується коефіцієнтом відбивання світла, перевищує відповідний показник інструментів-аналогів.

Зазначені переваги розробленого інструменту зумовлені тим, що при виготовленні інструменту і формуванні його робочого шару з АПВ унеможливується контактування окремих алмазних зерен і забезпечується повне виключення конгломератів зерен. Це дає змогу здійснювати фактурне оброблення виробів з природного каменю з необхідною якістю оброблених поверхонь і досягати відбивної здатності при $K = (7,7-8,1)\%$.

Приведены результаты разработки и испытаний инструмента из алмазно-полимерного волокна при фактурной обработке изделий из природного камня. Проведено сравнение производительности обработки и отражающей способности обработанной поверхности, которые достигаются при использовании разработанного инструмента с показателями инструментов аналогичного назначения.

Ключевые слова: алмазно-полимерное волокно, производительность обработки, отражательная способность.

Results of working out and tests tools from an diamond polymeric fibre are resulted at impressive processing of products from a natural stone. Comparison of productivity of processing and reflecting ability of the processed surface which are reached at use of the developed tool with indicators of tools of similar appointment is spent.

Key words: diamond and polymeric fibre, productivity of processing, reflective ability.

Література

1. Пат. 38450 Україна, В24D17/00 Абразивне волокно / Ю. Д. Філатов, В. Д. Курілович, В. І. Сідорко та ін.; – Опубл. 12.01.2009.
2. Пат. 38450 Україна, В24D17/00 Інструмент для фінішної обробки / Ю. Д. Філатов, В. І. Сідорко, В. Д. Курілович, В. С. Біловол; – Опубл. 25.08.2009.

Надійшла 19.06.12