

УДК 621.762.4

А. В. Смоляренко, М. С. Маленівський, Е. А. Гармай, О. О. Гончарук
Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

Розробка способу лазерного спікання абразивного струнного інструменту

Абразивний інструмент має широке застосування в різних галузях промисловості. В роботах [1-2] доведена принципова можливість використання лазерного випромінювання з різною довжиною хвилі для формування шарів, що містять НТМ, на поверхнях різального інструменту. Серед широкої номенклатури абразивних інструментів, окремим класом є абразивні струни, основою яких є металевий дріт різних діаметрів (в залежності від галузі застосування та модифікації) на поверхні якого формується абразивний шар, з використанням різних методів формування (гальванічне осадження, газодинамічного напилення, пресування тощо) рис.1.

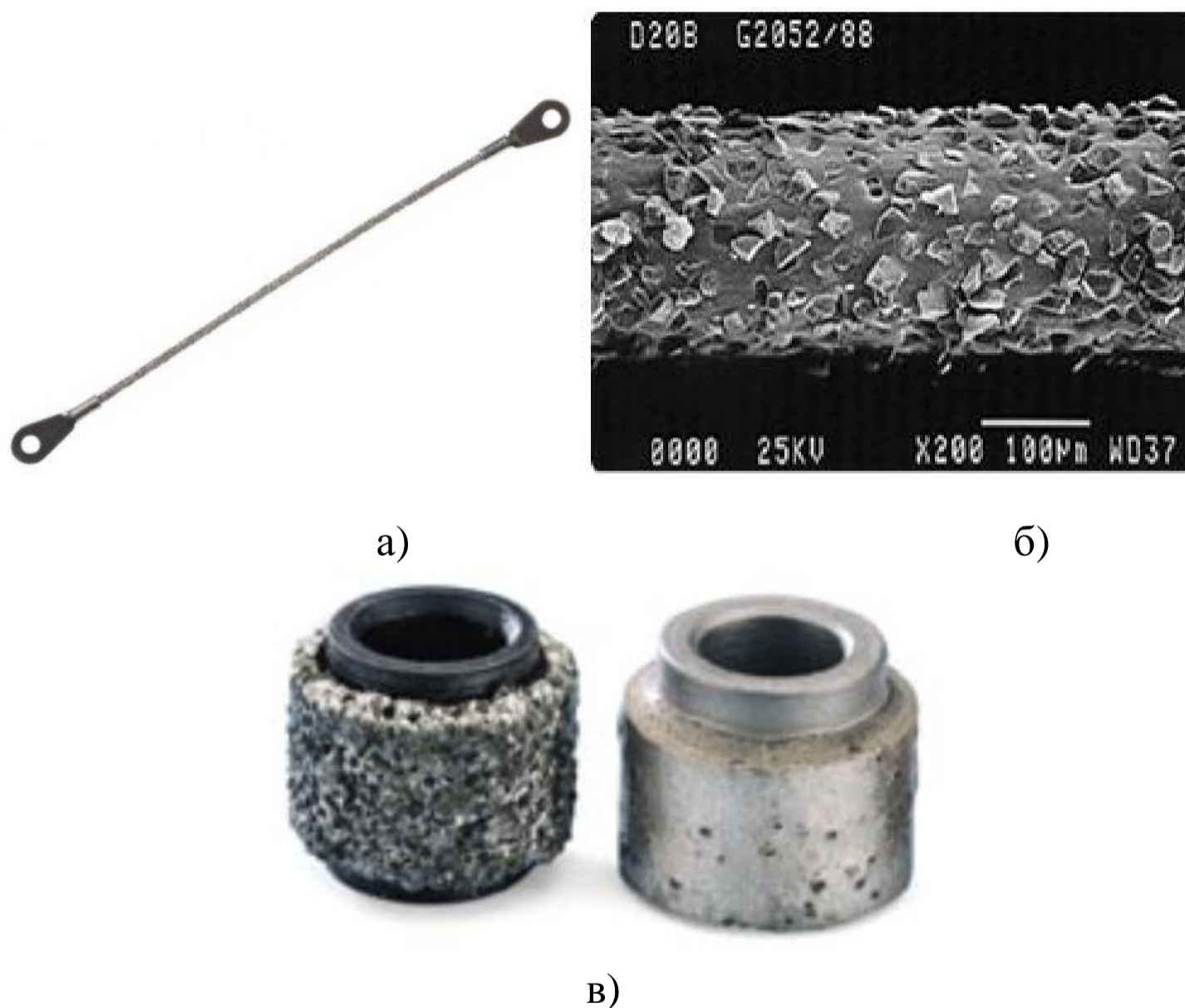


Рис. 1 Загальний вид алмазного струнного інструменту: а – полотно ручного інструменту; б – відрізна алмазна струна, збільшення x200;

в – алмазні буси – отримані електролітичним способом та наплавкою

При всьому різноманітті технологій, які використовують для формування абразивного шару на поверхні струни [3-4], їм присутні недоліки, основними серед яких є: низька продуктивність формування; використання у якості

зв'язуючих обмеженої номенклатури матеріалів з низькою температурою плавлення, що обмежується стійкістю абразивного матеріалу; не щільне охоплення абразивних зерен зв'язкою і, як наслідок їх недостатнє утримання, що збільшує витрати абразиву та знижує продуктивність процесу різання рис.2.

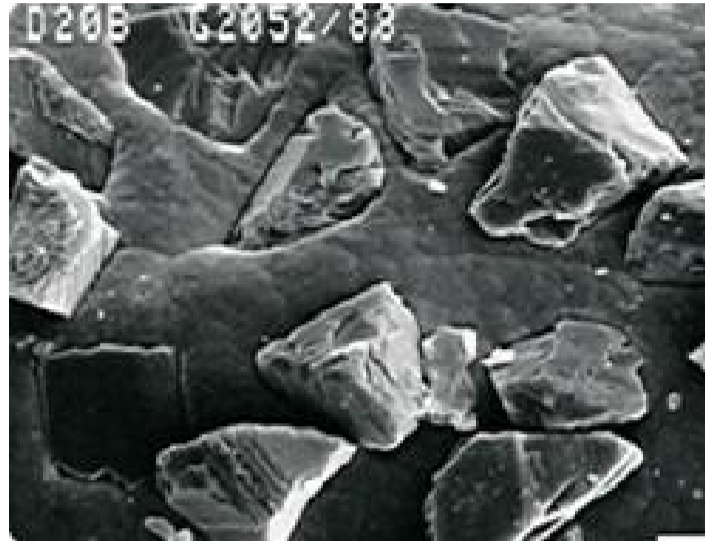


Рис. 2 Загальний вигляд зерен абразивної струни виготовленої електролітичним способом x500

Згадані проблеми можна було б вирішити застосувавши для отримання абразивного шару з НТМ висококонцентровані джерела енергії - електричний розряд, лазерне випромінювання, електронний промінь.

Як джерело нагріву, лазерне випромінювання має ряд значних переваг: воно дозволяє безконтактно вводити енергію в матеріал і строго її дозувати, здійснювати в широкому діапазоні температур надшвидкісне нагрівання локальних областей матеріалів і за рахунок цього формувати високодисперсні структури.

Для реалізації технології лазерного спікання абразивного дроту розроблені схеми реалізації процесу, які включають 3D моделі та креслення обладнання, виготовлені макети та проведено математичне та комп'ютерне моделювання процесу лазерного формування абразивного дроту з кубічним нітридом бору (КНБ).

Для схеми виготовлення була запропонована прямокутна система переміщення дроту по колесах з увігнутим профілем, який відповідає розміру дроту (Рис. 3).

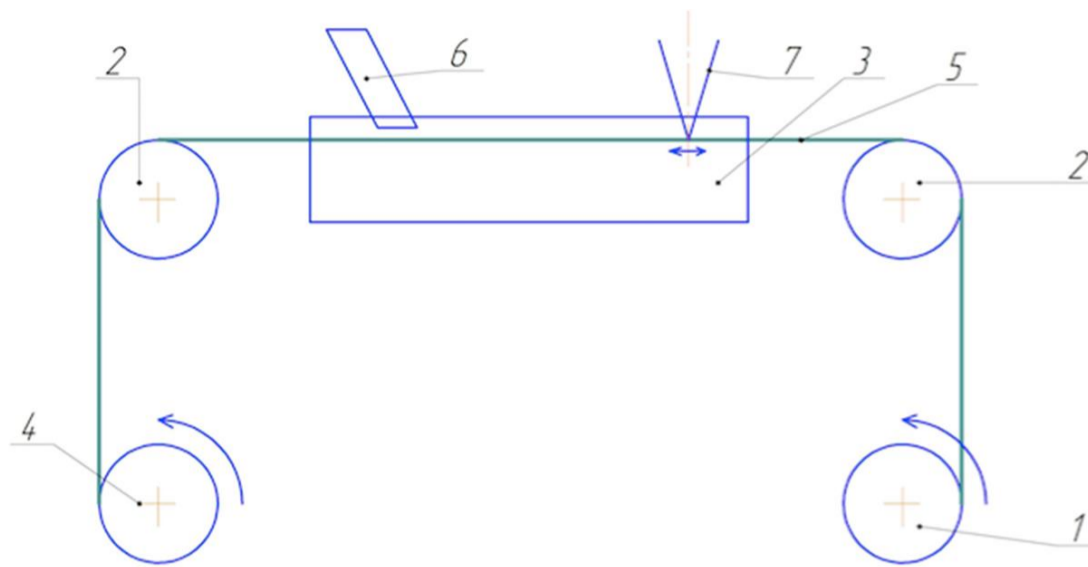


Рис. 3 Прямокутна схема виготовлення

Барабани (1) та (4) обертаються з однаковою швидкістю проти годинникової стрілки за допомогою електродвигуна, швидкість подачі залежить від розміру та типу матеріалу дроту, центрувальні ролики (2) мають такий самий напрямок обертання та призначені для чіткого позиціонування дроту до ванни абразиву, до ванни абразиву (3) через систему подачі (6) неперервно відбувається подача КНБ (зернистість залежить від технічних умов), скануючий лазерний промінь (7) рухається уздовж дроту (5) в двох напрямках для забезпечення оптимального прогріву дроту.

Друга схема реалізована по лінійному типу з обертанням дроту рис.4. Використовується для виготовлення інструменту фіксованої довжини (відрізків).

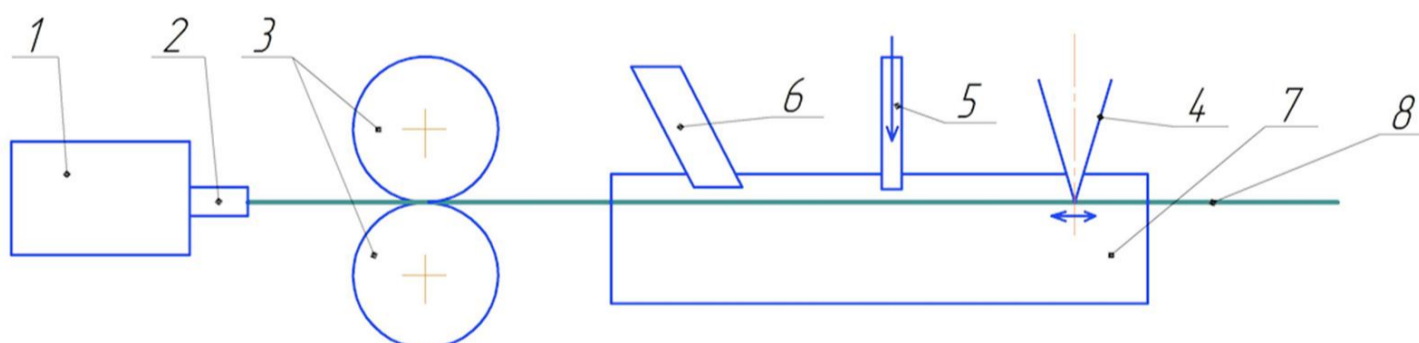
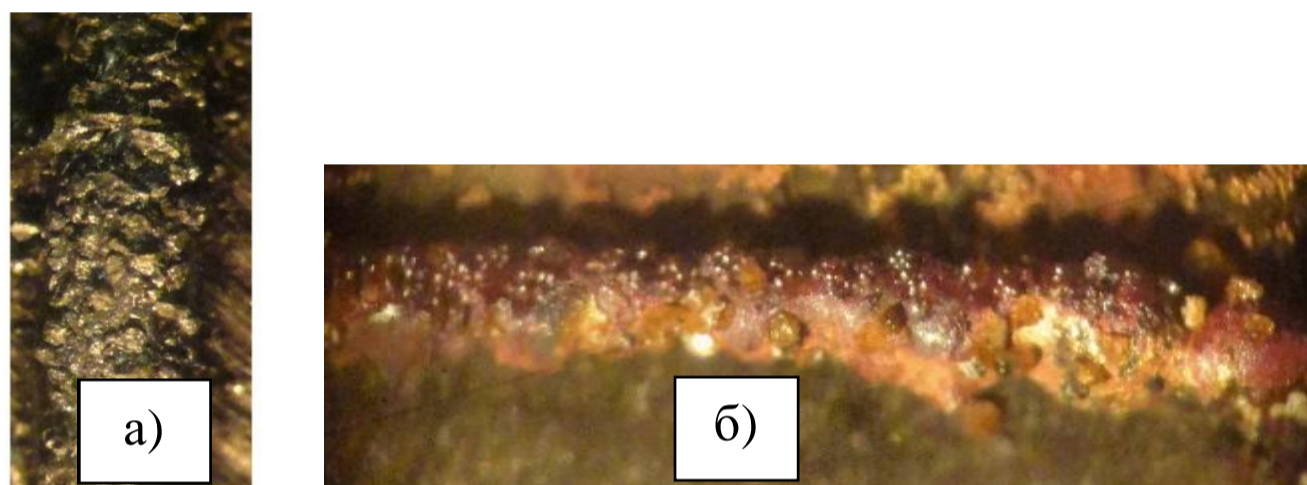


Рис. 4 Лінійна схема виготовлення

Електродвигун обертає черв'ячну передачу (1), до якої за допомогою трьох кулачкового патрону закріплений дріт (8), щоб забезпечити рівномірне обертання дроту навколо своєї осі та подачу з встановленою швидкістю, валики (3) призначені для обкатування дроту та надання йому остаточної форми, ванна з абразивом (7) виконана по закритому типу для подачі в неї газу Ar – для уникнення процесу горіння, через систему подачі (6) в ванну подається абразив, та лазерний промінь (4) діє через спеціальний отвір.

Експериментальні дослідження проводилися на двох технологічних комплексах, один з яких оснащений YAG: Nd лазером з діодним накачуванням марки ROFIN DY 044, генеруючим випромінювання з довжиною хвилі $\lambda = 1,06$ мкм, потужністю P до 4,8 кВт, інший - газовим CO₂ лазером з довжиною хвилі випромінювання 10,6 мкм, потужністю до 1,5 кВт. Обидва комплекси оснащені технологічними модулями, що включають пристрої переміщення оброблюваних деталей щодо лазерного пучка, системи фокусування і сканування випромінювання, пристрої дозування і подачі порошкових матеріалів. Технологічні параметри обробки при використанні випромінювання з $\lambda = 10,6$ мкм варіювалися в діапазоні: щільність потужності - $W_p = (0.3 - 6.37) \times 10^4$ Вт / см², час обробки - $\tau = (0,15-0,450$ с; при використанні випромінювання з $\lambda = 1,06$ мкм: щільність потужності - $W_p = (0.1-1.4) \times 10^4$ Вт / см², час обробки -



$\tau = 0,06-4,5$ с). Лазерна обробка здійснювалася на повітрі і в середовищі аргону, витрата якого змінювався в межах (2 - 20) л / хв.

Рис. 5 Експериментальні зразки абразивного шару, що одержано методом лазерного спікання: а) Бр010+КНБ: $P=300$ Вт; $d_0=3$ мм, $v =0,4$ м/хв;

б) ПС-12Н-ВК+КНБ: $P=500$ Вт; $d_0=3$ мм; $v =0,1$ м/хв; $Ar=7$ л/хв

Використання швидкісного лазерного спікання дозволяє формувати абразивний дріт вільної довжини. Зерна абразиву занурені у металеву зв'язку мають щільну фіксацію, рівномірний розподіл по циліндричній поверхні, що забезпечує ефективне різання.

Висновки:

Розроблено новий високоефективний процес лазерного термодформаційного спікання інструментальних композитів на основі кубічного нітриду бору, технологічні принципи його побудови, оригінальні способи і пристрої для радіального і осьового спікання робочого шару реальних дискових абразивних кіл, виготовлені їх дослідні зразки. Головними відмітними

ознаками розробки є: висока продуктивність процесу (50-100мм² / хв), низька енергоємність, можливість застосування в якості зв'язок широкої гами металів, можливість повної автоматизації, виключення застосування дорогих і дефіцитних жароміцних інструментальних сталей і сплавів для виготовлення прес-форм і технологічної оснастки.

Для спікання інструментальних композитів з КНБ можна застосовувати лазерне випромінювання як з довжиною хвилі 10,6 мкм, так і 1,06 мкм в залежності від матеріалу зв'язки, наявності обладнання та його К.К.Д., параметрів випромінювання, економічної ефективності процесу.

Список використаних джерел

1. Гончарук О.О. Вплив лазерного опромінення з різною довжиною хвилі на міцнісні характеристики кубічного нітриду бору / О.О. Гончарук, Л.Ф. Головка, О.Д. Кагльак, А.М. Лутай, Сороченко В.Г. // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. – Харків: НТУ «ХПІ» – 2012. – №33 – С. 37-44.

2. Laser Sintering of Abrasive Layers with Inclusions of Cubic Boron Nitride Grains / Goncharuk, O., Zhuk, R., Kaglyak, O. et al. // Lasers Manuf. Mater. Process. (2018) 5: 298-316. <https://doi.org/10.1007/s40516-018-0068-0>

3. Technical Manual for Construction Cutting Specialists. Swiss Association of Concrete Drilling and Cutting Enterprises, Bellach, Switzerland. 2007

4. Konstanty J. Powder Metallurgy Diamond Tools. Powder Metallurgy Dept., University of Mining and Metallurgy, Krakow, Poland. Published by Elsevier Ltd. 2005