

Вивчення впливу лазерного нагрівання на властивості зерен КНБ вирішувалося побічним опроміненням, при якому зерна шліфпорошку та зв'язки (Br010 – основа мідь та ПС-12Н-ВК – основа нікель) механічно перемішувалися (при концентрації КНБ 100%), зволожувалися цапонлаком та наносилися на графітову підложку за допомогою кінцевих мір й піддавалися впливу безперервного потужного твердотільного зі світлодіодною накачкою Nd:YAG – лазера «DY044» з  $\lambda=1,06$  мкм (густині потужності  $W_p=(0.1-1.4)\times 10^4$  Вт/см<sup>2</sup>, час обробки  $\tau=0,06-4,5$ с). Лазерна обробка здійснювалась при додатковому захисті в середовищі аргону з витратою 2-14 л/хв. Дослідження опромінених (трепанованих з утвореного абразивного шару) і неопромінених зерен КНБ проводили за допомогою растрової електронної мікроскопії, локального й інтегрального рентгеноспектрального елементного аналізу на скануючому електронному мікроскопі ZEISS EVO 50 XVP виробництва ZEISS. Визначення показника статичної міцності КНБ проводили за стандартною методикою на приладі моделі ДА-2.

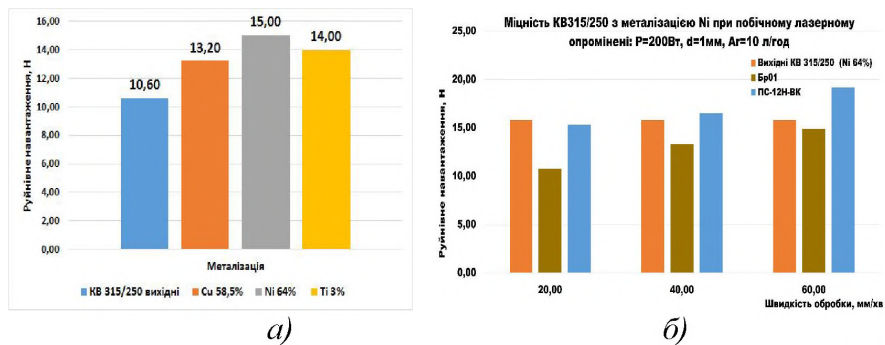


Рис. 1. Діаграми статичної міцності зерен КНБ металізованих а) та б) після лазерної обробки:  $P=200$ Вт;  $d=1$  мм;  $V=20-60$  мм/хв.

Аналізуючи отриманні дані при вимірюванні міцності зерен КНБ витравлених зі зв'язки ПС-12НВК, спостерігається деяке збільшення КНБ металізованого нікелем, у порівнянні з вихідним, що пов'язане зі збільшенням шару нікелю безпосередньо на поверхні зерна, який був додатково отриманий зі зв'язки. Це призвело до збільшення частки Ni з 64% до 150%. Відмічене щільне охоплення зерен КНБ досліджуваними зв'язками, що забезпечує високі експлуатаційні властивості отриманого композиту. Усереднюючи отриманні дані показник міцності зерен зменшився у допустимому діапазоні 5-8%. Також отриманні дані дозволили побудувати області фазового складу нітриду бору в залежності від параметрів опромінення, що дозволяє використовувати її для встановлення оптимальних режимів опромінення при обробці з довжиною хвилі  $\lambda=1,06$  мкм.

УДК 621.762

Сорокін Г.О., студ.; Гончарук О.О., ас.; Сокіл С.М. шк.

### ВПЛИВ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА МІЦНІСТЬ ТЕРМОСТІЙКОГО ШЛІФПОРОШКУ КУБІЧНОГО НІТРИДУ БОРУ ПРИ СТАТИЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ

Розширення використання нових важкооброблюваних конструкційних матеріалів вимагає створення високоефективних інструментів, у тому числі на основі кубічного нітриду бору (КНБ). Кристали кубічного нітриду бору залежно від марки мають високу твердість і теплостійкість (від 800°C до 1200°C). При температурах, що перевищують ці значення, протікають процеси окислення, які приводять до втрати їхньої міцності. Специфічні властивості щільних модифікацій нітриду бору (високі

твердість, хімічна стійкість, термостійкість і ударна в'язкість) відкривають широкі перспективи для створення нових класів абразивного інструмента з унікальними характеристиками й функціональними можливостями. Особливо ефективно застосування таких інструментів при обробці різних залізовмісних сплавів, оскільки при цьому забезпечується різке зниження (у порівнянні з алмазним) адгезійного й дифузійного їхнього зношування. Основним завданням дослідження є визначення максимальних значень температур швидкісного лазерного нагрівання різних шліфпорошків КНБ і відповідних їм умов опромінення, при яких не спостерігається зниження їх міцності і ріжучих властивостей. Лазерне опромінювання дослідних зразків виконували на лазерних технологічних комплексах на базі "ЛАТУС 31" (CO<sub>2</sub> – лазер, довжина хвилі  $\lambda=10,6$  мкм) і YAG:Nd – лазера «DY044» з довжиною хвилі випромінювання  $\lambda=1,06$  мкм. При обробці на "ЛАТУС 31" використовувались наступні технологічні параметри: обробка проводилася на повітрі при різних густині потужності випромінювання в межах  $W_p=(0.3-3.0)\times 10^4$  Вт/см<sup>2</sup> і часі обробки  $\tau=0,15-0,45$  сек. Лазерний технологічний комплекс «DY044» дозволяв варіювати параметри обробки в широких межах. Зразки піддавалися лазерному опроміненню на повітрі й при додатковому захисті, в середовищі аргону з витратою 2-20 л/хв, щільності потужності в межах  $W_p=(0.1-1.4)\times 10^4$  Вт/см<sup>2</sup> і часі обробки  $\tau=0,06-4,5$ сек. Обробка всіх зразків проводилася при розташуванні крапки старту й зупинки променя за межами зразка на відстані 40 мм, для запобігання процесів перегріву зразків і рівномірності швидкості обробки. Для дослідження впливу лазерного нагріву на кубічний нітрид бору були обрані шліфувальні порошки чотирьох марок, вихідна міцність при статичному навантаженні яких представлена в табл.1. Визначення показника статичної міцності кубонітових шліфпорошків проводили за стандартною методикою на приладі моделі ДА-2. Суть методу - визначення значень статичного навантаження, що руйнує кубонітове зерно, поміщені між двома паралельними пластинами.

Таблиця 1. Статична міцність зерен КНБ.

Шліфувальний порошок КНБ	Міцність зерен, Н
КВ 250/200	12,0
КВ 315/250	15,8
К9 250/200 (термостійкій)	26

Аналіз результатів виміру міцності шліфпорошків КНБ при статичному навантаженні показав, що шліфпорошки всіх марок, при нагріванні випромінюванням з довжиною хвилі  $\lambda=10,6$  мкм і швидкістю переміщення від 0,2 до 2,0 м/хв при щільності потужності  $W_p=(0.2-2.0)\times 10^4$  Вт/см<sup>2</sup>, практично не втрачають своєї вихідної міцності. Спостерігається невелике падіння міцностних характеристик у межах 5-8%, про що свідчать дані наведені на діаграмах рис.1, а.

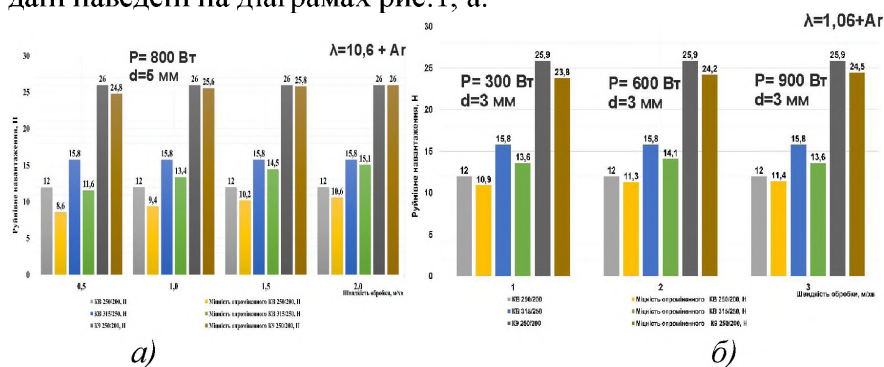


Рис. 1. Діаграми статичної міцності зерен КНБ та після лазерної обробки з  $\lambda=10,6$  мкм (а) та  $\lambda=1,06$  мкм (б).

Результати дослідження показали, що термостійкий шліфпорошок марки К9 250/200 має задовільні показники міцності, після лазерною обробки у порівнянні з найбільш вживаним марки КВ. Це відкриває перспективи ефективного його використання при формуванні інструментальних композитів методом лазерного селективного спікання.

Проведений комплекс досліджень показав, що шліфпорошки термостійкої марки КНБ «янтарной» модифікації є перспективними для виготовлення ріжучого інструменту методом лазерного термодформаційного спікання.

УДК 621.762

Гордієнко О.О., студ.; Гончарук О.О., ас.; Нещеретов С.А. шк.

### МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ЛАЗЕРНОМУ СПІКАННІ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ КОМПОЗИТІВ

Як було встановлено раніше, КНБ має високу поглинальну здатність лазерного випромінювання з довжиною хвилі 10,6 мкм – (80 – 90)%, металева зв'язка – (40 – 60)%. З появою на ринку обладнання потужних волоконних лазерів з довжиною хвилі випромінювання 1,06 мкм, к.к.д. яких становить 40-60 %, особливого значення набуває з'ясування закономірностей зміни поглинальної здатності зерен КНБ різних марок, металевих зв'язуючих та їх композицій при різних умовах опромінення.

Наступним кроком є визначення критичних значень інтенсивності і часу лазерного опромінення, при яких зерна КНБ безпосередньо, а також в складі композиту зі зв'язуючим, втрачають свою міцність і руйнуються.

Для пошуку областей змінювання значень умов опромінювання та їх меж, при яких відбувається нагрівання зерен КНБ вище критичних проводилось математичне моделювання. Для цього використовувалось диференційне рівняння в часткових похідних, що описує процес розповсюдження тепла в трьохвимірному неоднородному середовищі в циліндричній системі координат.

На базі результатів моделювання проводились експериментальні дослідження процесу лазерного спікання НТМ вміщуючих композитів. При цьому на поверхню підкладки наносилось шликерне покриття (висушене пастоподібне зв'язуюче з рівномірно розташованими зернами КНБ) різної товщини.

Схема виготовлення робочого шару круга для абразивної обробки, що містить суміш зерен КНБ зі зв'язуючим, застосуванням лазерного спікання наведена на рисунку 1. Сталевий корпус круга розміщують між двома мідними дисками - матрицями. В одній із матриць по колу виготовлене заглиблення, форма і розміри якого відповідають формі і розмірам НТМ вміщуючого шару.

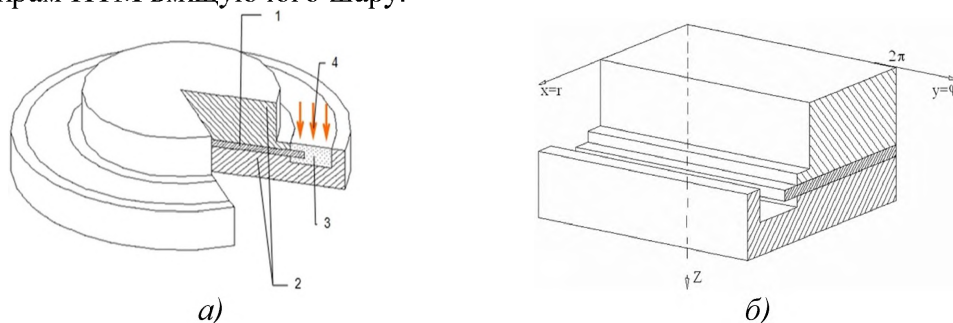


Рис. 1. Схема об'єкта моделювання (а) та розрахункова область (б).

В це заглиблення примусово доставляється суміш зерен КНБ і металевого порошку зв'язуючого. На суміш діє промінь лазера, що рухається зі швидкістю  $V$ .