

ВПЛИВ УМОВ ЛАЗЕРНОГО ОПРОМІНЕННЯ НА МІЦНІСТЬ ЗЕРЕН КНБ

Повідомляються результати досліджень впливу параметрів лазерного опромінення з довжиною хвилі $\lambda=1,06$ мкм на міцність зерен КНБ та фізико-механічні властивості композитів інструментального призначення. Визначено області оптимальних режимів при яких забезпечується формування абразивного шару відповідної геометрії при гарантованому зберіганні міцностних показників шліфпорошків КНБ.

Сообщаются результаты исследований влияния параметров лазерного облучения с длиной волны $\lambda=1,06$ мкм на прочность зерен КНБ формирование и физико-механические свойства композитов инструментального назначения. Определены области оптимальных режимов, при которых обеспечивается формирование абразивного слоя соответствующей геометрии при гарантированном сохранении прочностных показателей шлифпорошков КНБ.

Conditions and parameters of laser forming on the surface of composite tools and abrasive tools by means of laser irradiation at different wavelengths were investigated in this paper.

Ключові слова: лазерне спікання, абразивний інструмент, кубічний нітрид бору.

У сучасному виробництві при фінішній обробці виробів із залізвуглецевих сплавів широко використовуються абразивні інструменти, робочий шар яких являє собою композит, що містить рівномірно розташовані у металевій зв'язці зерна кубічного нітриду бора (КНБ). Застосування шліфувальних кругів з КНБ дозволяє успішно вирішити проблему якісної та продуктивної обробки цих сплавів. КНБ характеризується унікальним поєднанням фізико-механічних і хімічних властивостей, порівняно з алмазом, має більшу термостійкість, використовується при збільшених навантаженнях. Широко застосовується для круглого й плоского шліфування, доводочних та полірувальних операцій, при виготовленні інструментів та деталей з різноманітних сталей, кольорових металів і сплавів. Головною відмінністю КНБ порівняно з синтетичними алмазами є його хімічна інертність до залізвуглецевих сплавів.

Методика проведення досліджень

Метою дослідження було встановлення діапазону максимальних значень температури лазерного нагрівання різних марок шліфпорошків КНБ, при яких не відбувається зменшення їх міцності.

Як було встановлено раніше [1-4], КНБ має високу поглинальну здатність лазерного випромінювання з $\lambda=10,6$ мкм – (80 – 90)%, металева зв'язка – (40 – 60)%. Але серед сучасних лазерних комплексів широкої популярності набувають лазерні системи працюючі на $\lambda=1,06$ мкм, які мають ряд суттєвих переваг у порівнянні з CO₂-лазерами. Тому перспективним напрямком розвитку виготовлення абразивного інструменту способом лазерного термо-деформаційного спікання є використання лазерів з $\lambda=1,06$ мкм та дослідження його впливу на міцність зерен КНБ.

Вивчення впливу лазерного опромінення на міцність зерен КНБ проводилося на зразках інструментальних композитів різних систем, що відрізняються температурою плавлення й твердістю: ПС-12Н-ВК та Бр010. Зразки прямокутної форми з ущільненими й зволженими цапонлаком порошковими композитами, розміщувались на підкладці, виготовленій зі сталі 45, та піддавались обробці лазерним випромінюванням 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/см², час обробки $\tau=0,06-4,5$ с). Лазерна обробка здійснювалась на повітрі й при додатковому захисті в середовищі аргону з витратою 2-14 л/хв. Отримані зразки досліджувались з застосуванням методів растрової електронної мікроскопії,

локального і інтегрального рентгеноспектрального елементного аналізу на скуючому електронному мікроскопі ZEISS EVO 50 XVP виробництва ZEISS.

Результати експериментальних досліджень

Встановлено діапазон режимів лазерного випромінювання та механізм руйнування зерен КНБ, який складається з наступних етапів: очищення від продуктів синтезу без негативного впливу на показники міцності; поява на зернах тріщин, що утворюються в результаті різниці коефіцієнтів термічного розширення кристалу КНБ та металу каталізатора; наступним етапом є ініціювання часткового фазового перетворення $cBN \rightarrow hBN$ (Рис.1). Аналізуючи отриманні данні при вимірюванні статичної міцності зерен КНБ видалених зі зв'язки ПС-12НВК, встановлено збільшення міцності у зерен КНБ металізованих нікелем (Рис.2), у порівнянні з вихідним значенням. Це пов'язано зі збільшенням ступеня металізації Ni з 64% до 150% (від маси зерна КНБ). Слід також відмітити, що при побічному опроміненні спостерігається зміщення режимів обробки лазерним випромінюванням у сторону більш жорстких, без втрати показників міцності КНБ, про що свідчать данні вимірювання статичної міцності. Це дозволяє використовувати у якості зв'язки матеріали з температурою плавлення, яка перевищує 800-1000°C. Дані електроннографічного аналізу ідентифікують витравлені зерна як КНБ (Рис.1), що корелює з даними вимірювання міцності (Рис.3).

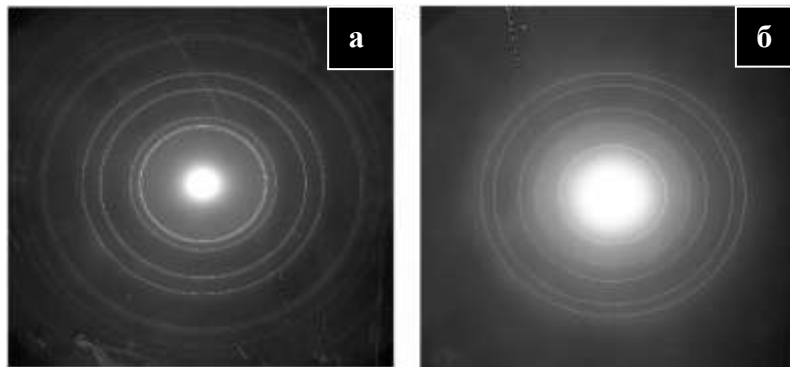


Рис. 1. Данні електроннографічного аналізу: а) еталон Al; б) КНБ витравлений зі зв'язки ПС-12НВК: $P=500 \text{ Вт}$, $v=0,2 \text{ м/хв}$, $d_0=3 \text{ мм}$, $Ar=14 \text{ л/хв}$

Електроннографічний фазовий аналіз зерен того ж порошку після лазерного спікання композиту із сплавом ПС-12НВК показав наявність лише одної фази hBN. Тобто лазерне опромінювання та взаємодія абразиву із зв'язкою привела до зникнення нітриду $B_{13}N_2$. Вірогідна причина цього процесу – дисоціація нітриду в наслідок більш високого значення коефіцієнта поглинання (КП) лазерного випромінювання в ньому порівняно з КП у hBN.

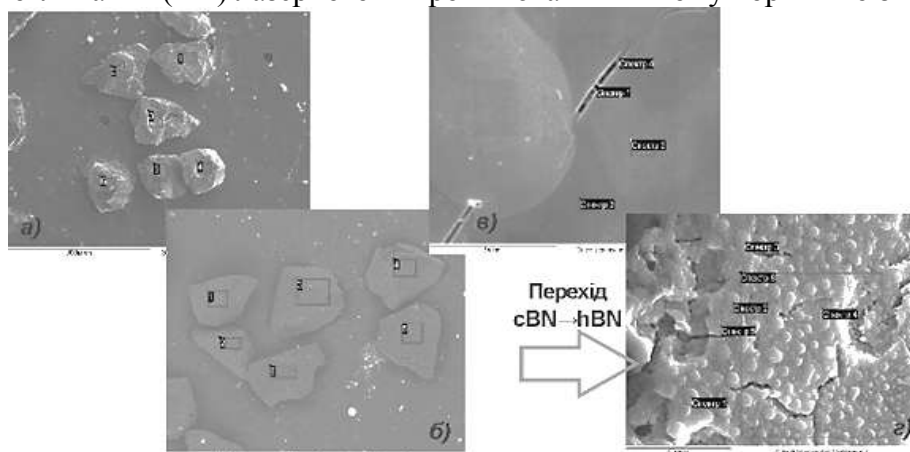


Рис. 2. Механізм впливу лазерного випромінювання на зерна шліфпорошку KB: а) вихідний КНБ ($x150$); б) $P=300 \text{ Вт}$, $v=0,1 \text{ м/хв}$, $d_0=3 \text{ мм}$ ($x250$); в) наявність тріщин: $P=500 \text{ Вт}$, $v=0,1 \text{ м/хв}$, $d=3 \text{ мм}$ ($x20000$); г) $P=800 \text{ Вт}$, $v=0,1 \text{ м/хв}$, $d_0=3 \text{ мм}$: часткове фазове перетворення $cBN \rightarrow hBN$ ($x5000$)

Вплив режимів обробки випромінюванням з $\lambda=1,06$ мкм на твердість та розмірні характеристики композитів на нікелевій (ПС-12НВК) та мідній (Бр010) основах наведені на Рис.4.

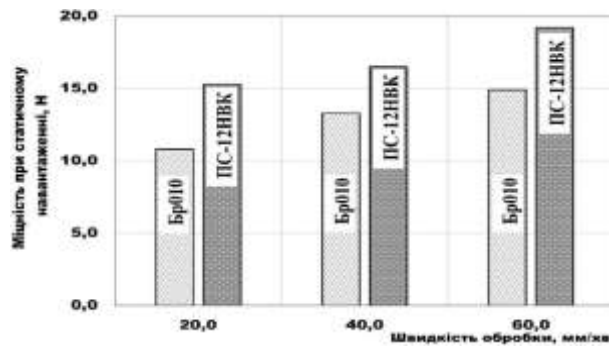


Рис. 2. Міцність зерен KV 315/250 металізованих Ni, витравлених зі сформованого лазерним опроміненням абразивного шару з Бр010 та ПС-12НВК при статичному навантаженні ($\lambda=1,06$ мкм: $d_0=1$ мм, $P=200$ Вт, $Ar=14$ л/хв)

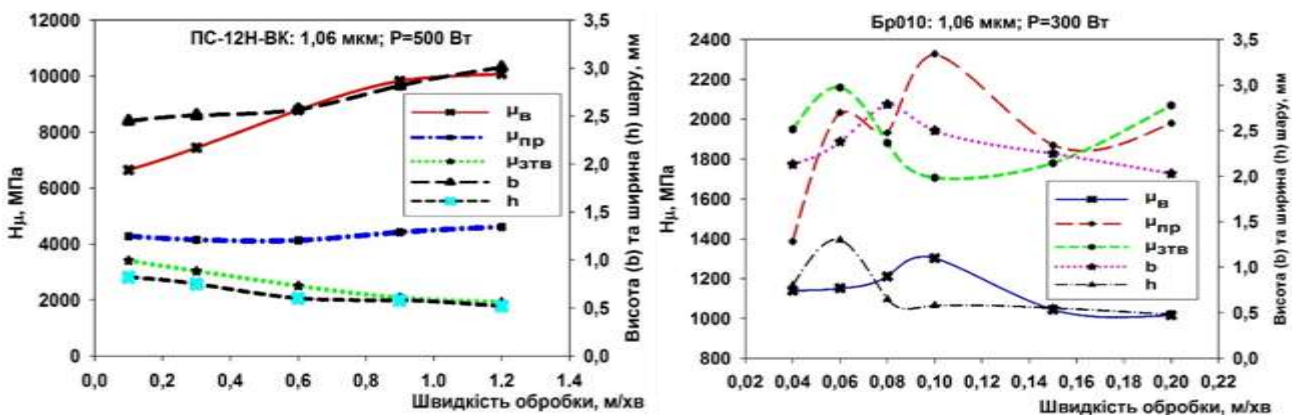


Рис. 3. Вплив режимів лазерної ($\lambda=1,06$ мкм) обробки на мікротвердість композиту та розмірні характеристики абразивного шару: а) ПС-12НВК; б) Бр010

Спикання шару композиту зі стабільними розмірами має місце при швидкостях обробки 0,2 - 0,6 м/хв й густині потужності $W_p=(0,7...1,5) \cdot 10^4$ Вт/см². З метою збільшення швидкості відносного руху було застосовано лазерне спикання у середовищі аргону, при витраті останнього від 7 до 14 л/хв. У порівнянні з технологічними режимами при спиканні композитів з $\lambda=10,6$ мкм для отримання шару зі стабільною геометрією є доцільним загальне зниження густини потужності випромінювання і підвищення швидкості обробки.

Відмічене щільне охоплення зерен КНБ досліджуваними зв'язками, що забезпечує високі експлуатаційні властивості отриманого композиту (Рис.5)

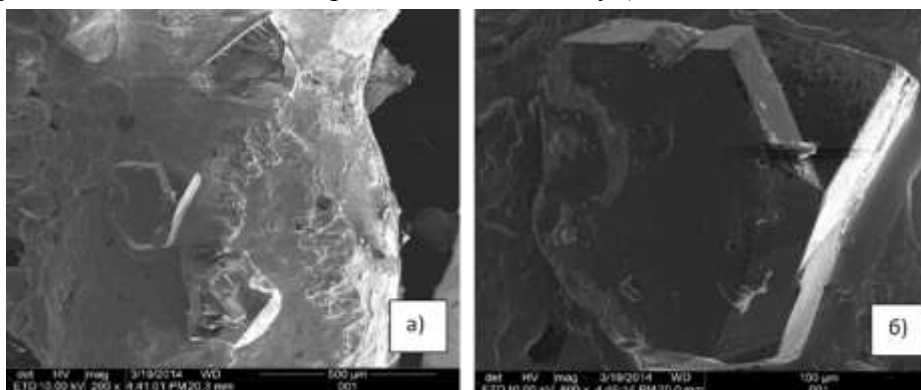


Рис. 5. Електронне зображення зерна КНБ марки KV 315/250 металізованого нікелем у зв'язці ПС-12НВК при обробці з $\lambda=1,06$ мкм: $P=500$ Вт; $d_0=3$ мм; $v=0,1$ м/хв; $Ar=7$ л/хв.

Усреднюючи отриманні дані можна констатувати, що показник міцності зерен зменшився у допустимому діапазоні 5-8%. Слід також відмітити, що при побічному опроміненні спостерігається зміщення режимів обробки лазерним випромінюванням у сторону більш жорстких, без втрати показників міцності КНБ.

Таким чином, головним результатом виконаних досліджень впливу лазерного опромінювання на фізичний стан та властивості порошків КНБ можна вважати визначення оптимальних енергетичних параметрів концентрованого лазерного опромінювання порошків КНБ [густина потужності $(1.6...2.0) \cdot 10^3 \text{ Вт/см}^2$, час дії 0,2 – 0,3 с], що забезпечують температурний інтервал їх нагрівання в діапазоні 1000 – 1200оС, яке не чинить негативного термічного руйнівного впливу на зерна КНБ. Це дозволяє з високою продуктивністю і низькою собівартістю формувати КНБ-вмісні композити для різноманітної номенклатури інструментів з точки зору форми, геометричних розмірів і властивостей зв'язок, створює передумови для лазерного селективного сортування та лазерного модифікування порошків КНБ

Література

1. *Блоцаневич А.М.*, Бочко А.М. и др. Лазерная резка материалов на основе алмаза и плотных модификаций нитрида бора // Порошковая металлургия. – 2004. – №3/4 – С.47-53.
2. *Толочко Н.К.*, Хлорков Ю.В. и др. Измерение поглощательной способности свободно насыпанных одно компонентных металлических порошков и ее изменение в процессе лазерной обработки // Порошковая металлургия. – 1997. – № 7/8. – С. 89-94.
3. *Гончарук О.О.*, Головки Л.Ф., Кагляк О.Д. Влияние лазерного нагрева на прочность кубического нитрида бора при статическом нагружении // Восточно-европейский Журнал передовых технологий. – 2010. – №1/6(43) – С. 4-10.
4. *Гончарук О.О.*, Головки Л.Ф., Кагляк О.Д., Лутай А.М. Визначення оптимальних умов лазерного формування інструментального шару абразивних інструментів // Восточно-европейский Журнал передовых технологий. – 2012. – №6/5(60) – С. 28-31.