

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ АБРАЗИВНИХ КРУГІВ З КНБ  
ЗАСТОСУВАННЯМ ЛАЗЕРНОГО СПІКАННЯ**

Повідомляються результати досліджень впливу параметрів лазерного опромінення з різною довжиною хвилі на формування 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 различной длиной волны на 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.

В інструментальному виробництві широко використовуються різноманітні високопродуктивні марки швидкорізальних сталей, леговані кобальтом, ванадієм, молібденом, які мають підвищену зносостійкість та твердість. Однак ефективне використання нових марок швидкорізальних сталей у виробництві стримується через відносно погану їх шліфувальність, низької ріжучої здатності кругів зі звичайних абразивів і неминучою появою прижогів на оброблюваних поверхнях. Високі температури й швидкості нагрівання поверхневих шарів, що виникають у зоні різання при шліфуванні кругами з електрокорунду, викликають фазові й структурні зміни, а внаслідок циклічного високотемпературного нагрівання й охолодження поверхневих шарів при роботі із СОР виникає сітка мікро- і макротріщин. Застосування шліфувальних кругів з КНБ дозволяє успішно вирішити проблему якісної й продуктивної обробки інструмента зі швидкорізальної сталі.

**Методика проведення досліджень**

Як було встановлено раніше [1-3], КНБ має високу поглинальну здатність лазерного випромінювання з  $\lambda=10,6$  мкм – (80 – 90)%, металева зв'язка – (40 – 60)%. 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. На базі результатів моделювання [4] проводились експериментальні дослідження процесу лазерного спікання НТМ вміщуючих композитів. При цьому на поверхню підкладки наносилось шлікерне покриття (висушене пастоподібне зв'язуюче з рівномірно розташованими зернами КНБ) різної товщини.

Вивчення впливу лазерного опромінення на характер структури (дисперсність, однорідність, розподіл легуючих елементів) проводилося на зразках інструментальних композитів різних систем, що відрізняються температурою плавлення й твердістю: ХТН, ПС-12Н-ВК, Бр010 та ПГ-19М-01. Зразки прямокутної форми з ущільненими й зволженими цапонлаком порошковими композитами, розміщувались на підкладці, виготовленій зі сталі 30, та піддавалися 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/см<sup>2</sup>, 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. При обробці з  $\lambda=10,6$  мкм використовувався газовий СО<sub>2</sub> "Латус31" (густині потужності в межах  $W_p=(0.3-6.37)\times 10^4$  Вт/см<sup>2</sup>, час обробки  $\tau=0,15-0,45$ с). Отримані зразки досліджувалися 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

Дослідження лазерного спікання композитів із застосуванням лазерного випромінювання з  $\lambda=10,6$  мкм показали, що при вибраних технологічних режимах, найбільш ефективно застосовувати порошки на нікелевій основі ПС-12Н-ВК. Утворені в результаті спікання валики мають рівномірну поверхню і стабільну геометрію (Рис. 1а). Для них характерна загальна закономірність монотонного убавання ширини і товщини валика зі збільшенням швидкості відносного руху лазерного променя і зразка.

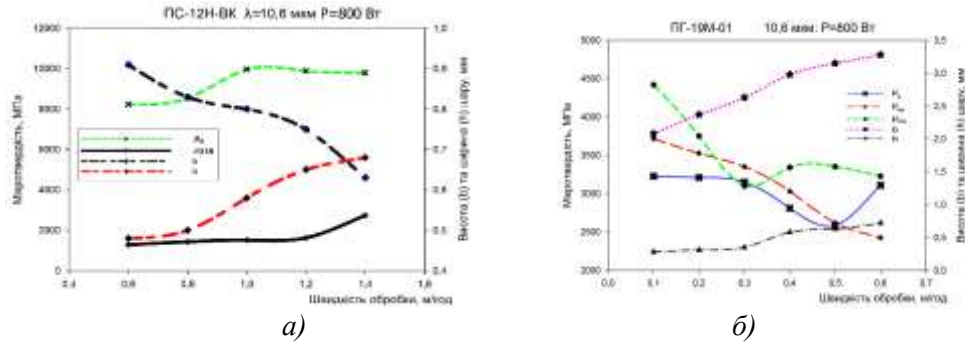


Рис. 1. Вплив режимів обробки на твердість та розмірні характеристики при обробці з  $\lambda=10,6$  мкм:  $P=800$  Вт;  $d_0=3$  мм: а – ПС-12Н-ВК; б – ПГ-19М-01.

По глибині валика мікротвердість плавно змінюється. При цьому, структура першого наплавленого шару плавно переходить в структуру підкладки – сталеві пластини, що свідчить про високу (пластичність зони металургійного з'єднання) адгезію першого шару композиту з основою. Ефективність застосування цього порошку можна підвищити також за рахунок додавання при його спіканні карбідотворюючих компонентів.

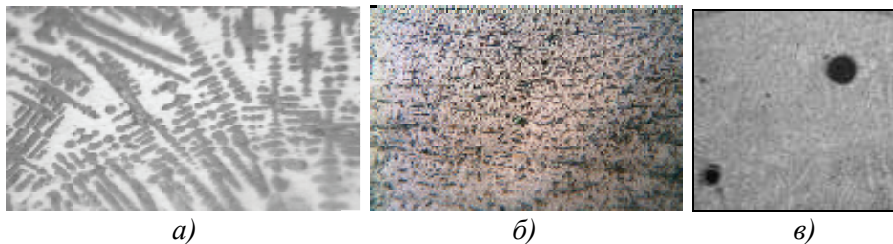


Рис. 2. Вплив режимів обробки на мікроструктуру КНБ-вміщуючих шарів: а – ПГ-19М-01 при обробці з:  $P=300$  Вт;  $d_0=3$  мм;  $V=0,2$  м/хв; б – ХТН при обробці з:  $P=600$ ;  $d_0=3$  мм;  $V=0,4$  м/хв; в – ПС-12Н-ВК при обробці з:  $P=600$ ;  $d_0=3$  мм;  $V=0,2$  м/хв;

Встановлено, що композити на нікелевій і залізній основі мають високодисперсну гомогенну структуру Рис.2. У сформованих шарах спостерігаються ділянки з підвищеною травленістю, які подібні мартенситним голкам. Вони представляють собою евтектичні локальні ділянки з дисперсною структурою. Зміцнюючі фази і  $\gamma$  – фаза орієнтовані у напрямку відведення теплоти. Величина швидкості охолодження у приповерхневому шарі, яка розрахована по товщині кристалів зміцнюючої фази, склала приблизно  $5 \times 10^4 \dots 10^5$  °C/с. Мікротвердість шарів варіюється у межах 6000 – 10000 МПа. Твердість сформованих шарів підвищується зі зростанням ступеня дисперсності їх структурних складових, зростанням доли більш твердої евтектики і твердості матриці. Твердість плавно зменшується по глибині композиту і складає у зоні розплаву для ПС-12Н-ВК - 5000 МПа, при твердості на поверхні 10000 МПа. Вихідний сплав має неоднорідну структуру, для якої характерна ліквіація компонентів, що містяться у розплаві і наявність в міждендритних областях і об'ємах самих дендритів дрібних включень карбідних фаз. Міжкристалічний простір збагачений хромом і титаном. Вольфрам і кобальт у більшості концентрується в осях дендритів. Наявність в міждендритних областях виділення представляють собою карбіди різного складу. Перехідна зона має значно більш дисперсну структуру, склад якої не змінюється ні по глибині, ні по об'єму. На Рис. 3 показані залежності розмірних характеристик отриманих шарів композитів

від швидкості відносного руху лазерного променя. На відміну від даних, які було отримано при використанні випромінювання з  $\lambda=10,6$  мкм було використано порошкові композиції, які мають меншу температуру плавлення. Аналіз результатів показує, що найбільш тугоплавкою із порівнюючих зв'язок є зв'язка ПС-12Н-ВК, яка має температуру плавлення  $1450^{\circ}\text{C}$ . Спінання стабільного валика спостерігається при відносно невисоких швидкостях порядку  $0,2 - 0,6$  м/хв. і дещо збільшених значенням щільності потужності  $W_p=(0,7-1,5)\cdot 10^4$  Вт/см<sup>2</sup>. З метою збільшення швидкості відносного руху і таким чином зменшення щільності потужності лазерного випромінювання було застосовано лазерне спікання у середовищі аргону при витраті останнього в межах від 7 до 14 л/хв.

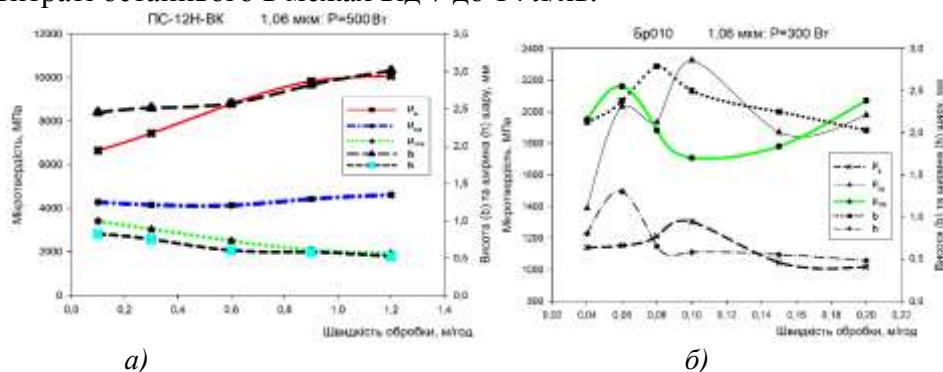


Рис. 3. Вплив режимів обробки на твердість та розмірні характеристики: а – ПС-12Н-ВК при обробці з:  $P=500$  Вт;  $d_0=2$  мм;  $V=0.1-1.2$  м/хв; б – Br010 при обробці з:  $P=300$ ;  $d_0=2$  мм;  $V=0.04-0.2$  м/хв;

Знайшло своє підтвердження і те, що лазерне випромінювання з довжиною хвилі 1,06 мкм краще поглинається металами. У порівнянні з технологічними режимами при спіканні композитів з довжиною хвилі 10,6 мкм спостерігається загальне зниження щільності потужності і підвищення швидкості обробки для отримання валиків стабільної геометрії.

### Висновки

Досліджено вплив лазерного випромінювання з різною довжиною хвилі (10,6 та 1,06 мкм) на стан і фізичні властивості порошоків КНБ. Визначені енергетичні параметри та умови лазерного опромінювання порошоків КНБ, що забезпечують температурний інтервал їх нагрівання в діапазоні  $1000 - 1500^{\circ}\text{C}$ , яке не чинить негативного термічного руйнівного впливу на зерна КНБ. Це дозволяє з принципово високою продуктивністю і низькою собівартістю процесу формувати композити для різноманітної номенклатури інструментів з точки зору форми, геометричних розмірів та властивостей зв'язок; створює передумови для лазерного селективного сортування та лазерного модифікування порошоків КНБ.

Мікротвердість структури по глибині спеченого шару змінюється плавно, залежить від режимів обробки і становить  $8000 - 9500$  МПа. Твердість спечених композитів підвищується зі збільшенням ступеню дисперсності їх структурних складових, ростом частки більш твердої евтектики і твердості матриці. Для композитів на основі нікелю характерне також різноманіття структур, які відрізняються ступенем дисперсності і мікротвердістю, що змінюється в залежності від режимів опромінювання в межах  $6000 - 10000$  МПа.

### 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., Каглык 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., Каглык 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.