

УДК 621.762.4

В.І. Каракулін, студ., В.В. Огороднік, студ., О.О. Гончарук, к.т.н., доцент  
Національний технічний університет України "Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського" м.Київ

### **Вплив умов лазерного опромінення і властивостей зв'язки ПГ-19М-01 на процес формування абразивних шарів**

При спіканні порошків і частковому підплавленню матеріалу основи з наступним швидким охолодженням на поверхні формуються структури, характерні для компактного матеріалу, а на границі "покриття - основа"-перехідні, що утворюються за рахунок механічного перемішування й дифузійних, або аналогічних їм, пов'язаних з масоперенесенням, процесів. Ці перехідні шари визначають міцність зчеплення отриманого шару з основою, тобто чим товщий шар і чим більш рівномірно змінюються в ньому властивості, тим краще [1-3].

З іншого боку, чим менше матеріал, що наплавляється, переміщується з матеріалом основи, тим краще можна прогнозувати експлуатаційні характеристики наплавлених поверхонь [4-5].

Технологічна схема лазерного спікання суттєво впливає на якість композитів з кубічним нітридом бору і їх розмірні характеристики. Зокрема це стосується напрямку подачі порошкової суміші в зону дії лазерного променя. У зв'язку з цим була прийнята схема подачі порошку в слід руху дослідного зразку, яка є більш економічною, так як зменшуються витрати енергії і витрати порошкових матеріалів. При такій схемі подачі оптимальний кут подачі і розмір факелу порошку в кратері ванни розплаву практично повністю виключають непродуктивні його витрати. Окрім вказаного, спечений шар композиту має більш гомогенну структуру, оскільки плавно поступаючий підігрітий порошок безперервно захоплюється рухомим потоком попередньо розплавленого металу, переміщується в більш глибинні шари, переміщується і потім кристалізується.

Метою проведення цієї серії експериментів було знаходження технологічних параметрів лазерного спікання абразивних композитів з кубічним нітридом бору за мінімальною щільністю густини потужності і

максимально можливими швидкостями руху лазерного випромінювання відносно зразка. Лазерне опромінювання дослідних зразків абразивних композитів виконували на лазерно-технологічному комплексі на базі Nd:YAG-лазері «DY044» з довжиною хвилі випромінювання 1,06 мкм, у якості зв'язки використовували порошок ПГ-19М-01 з сферичними частками розміром  $\geq 50$  мкм (табл.1), а у якості абразиву шліфпорошок кубічного нітриду бору марки К9 250/200.

Технологічні режими спікання композитів наведено в Табл. 2. На Рис.1 показані встановлені залежності розмірних характеристик отриманих абразивних шарів композитів композиту ПГ-19М-01+ К9 250/200 при 100% концентрації від швидкості лазерної обробки.

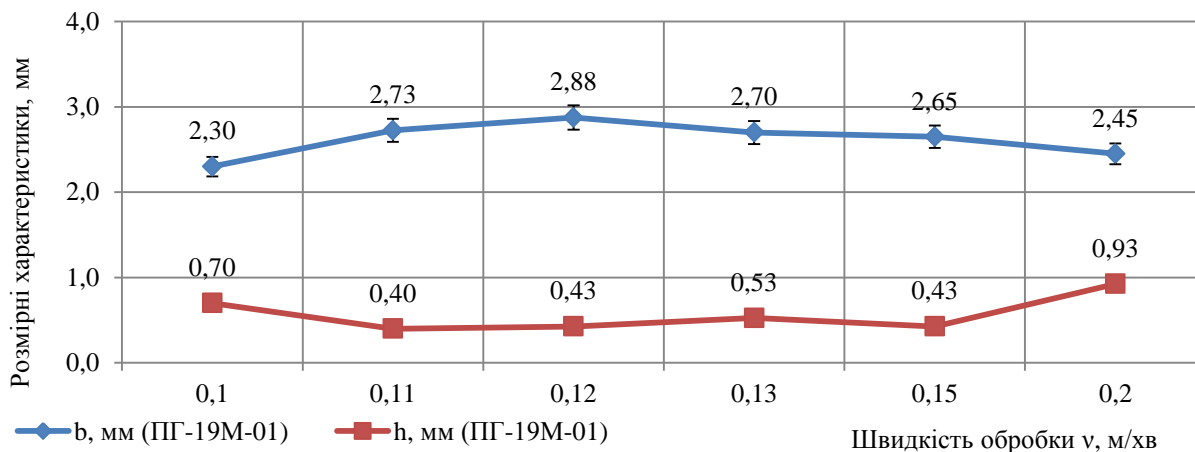
Таблиця 1 Хімічний склад зв'язки ПГ-19М-01

Марка сплаву	C	B	Si	Ni	Cr	Fe	Інші елементи	Твердість HRC
ПГ-19М-01	-	-	-	-	-	4	Cu - основа, 8,5-10,5 Al	HRB 65-70

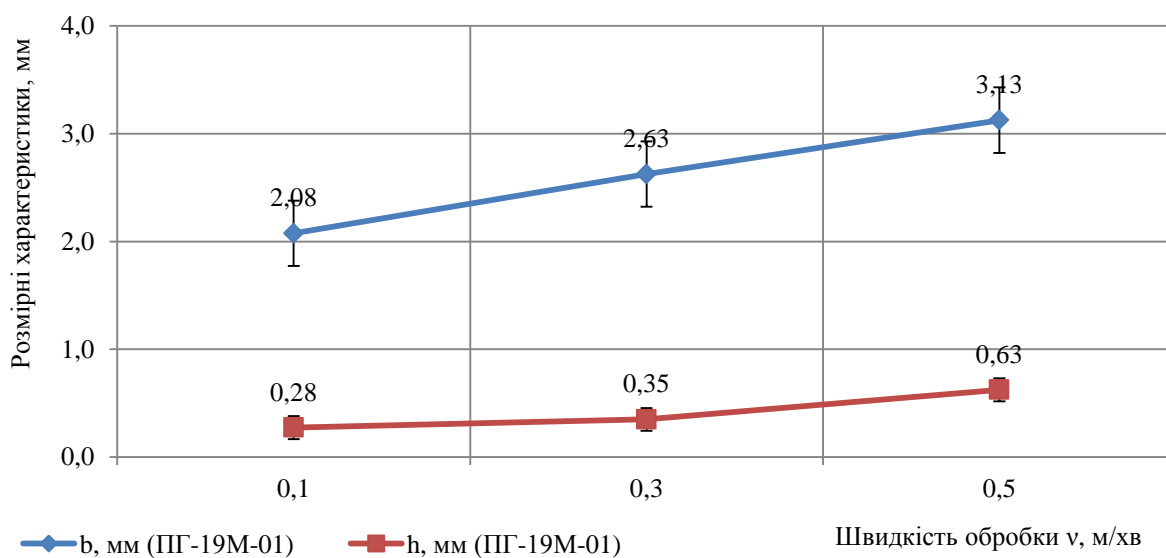
164

Таблиця 2 Технологічні режими спікання композитів

Зв'язка	$v$ , м/хв.	Час, с	$d_0$ , мм	Потужність, Вт	$W_p \cdot 10^3$ , Вт/см <sup>2</sup>	Витрати аргона, л/хв.
ПГ- 19М-01	0,1	1,80	3	500-800	2,83	20
	0,11	1,64				
	0,12	1,50				
	0,15	1,20				
	0,3	0,60				



а)



б)

Рис. 1. Вплив швидкості лазерної обробки на розмірні характеристики:  
а)  $P = 500$  Вт; б)  $P = 800$  Вт

Спінання стабільного валика спостерігається при відносно невисоких швидкостях, які знаходяться в межах 0,2 - 0,6 м/хв. і значеннях густини потужності  $W_p = (2.48 \dots 3.54) \cdot 10^3$  Вт/см<sup>2</sup>. З метою збільшення швидкості лазерного опромінення і таким чином зменшення густини потужності лазерного випромінювання було застосовано лазерне спікання у середовищі захисних газів (Ar) при витраті останнього в межах від 5 до 30 л/хв. Також підтвердилося, що лазерне випромінювання з  $\lambda = 1,06$  мкм краще поглинається металами. У порівнянні з технологічними режимами при спіканні композитів з  $\lambda = 10,6$  мкм спостерігається загальне зниження щільності потужності і підвищення швидкості обробки для отримання валиків стабільної геометрії

рис.2. Встановлено, що застосування захисного середовища дозволяє виключити утворення тріщин. На рис.3 представлено шліфи отриманих шарів.

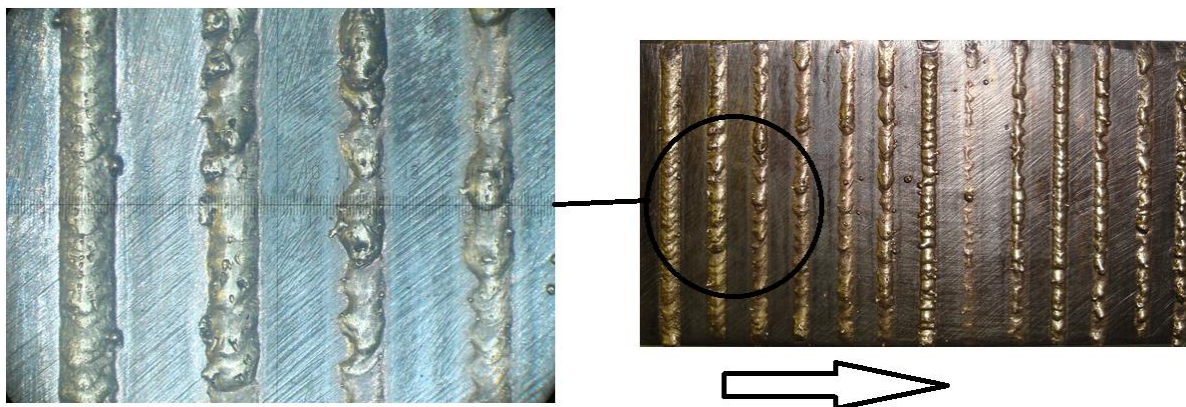
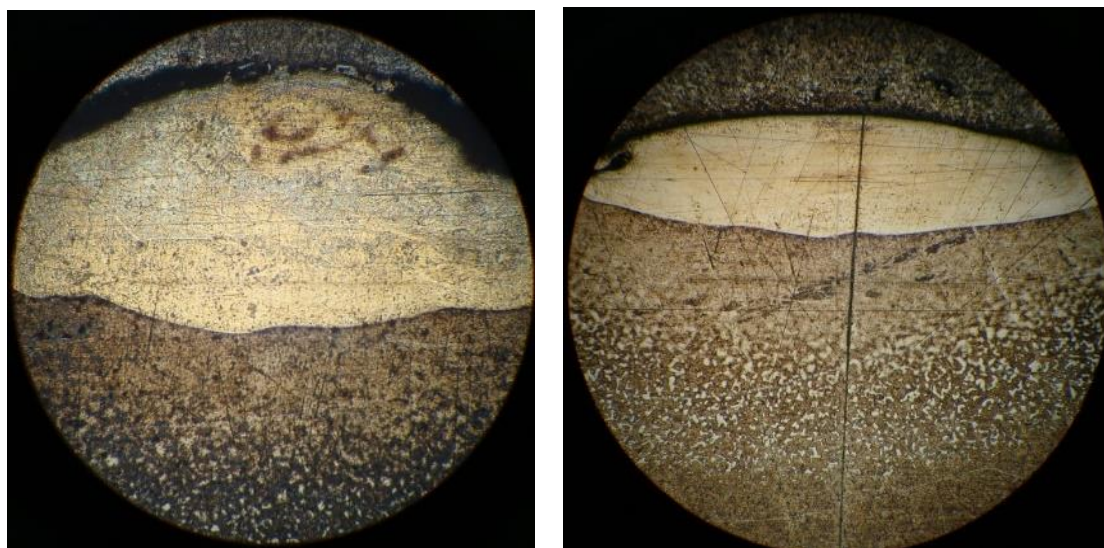


Рис. 2. Загальний вигляд дослідного зразку композиту ПГ-19М-01+ К9 250/200.

Режими спікання:

$P=500$  Вт,  $v=0,1 - 0,5$  м/хв.,  $d_0 = 3$  мм. Обробка по стрілці. (x32)



а)

б)

Рис. 3. Загальний вид мікрошліфів отриманих інструментальних композитів на основі міді:

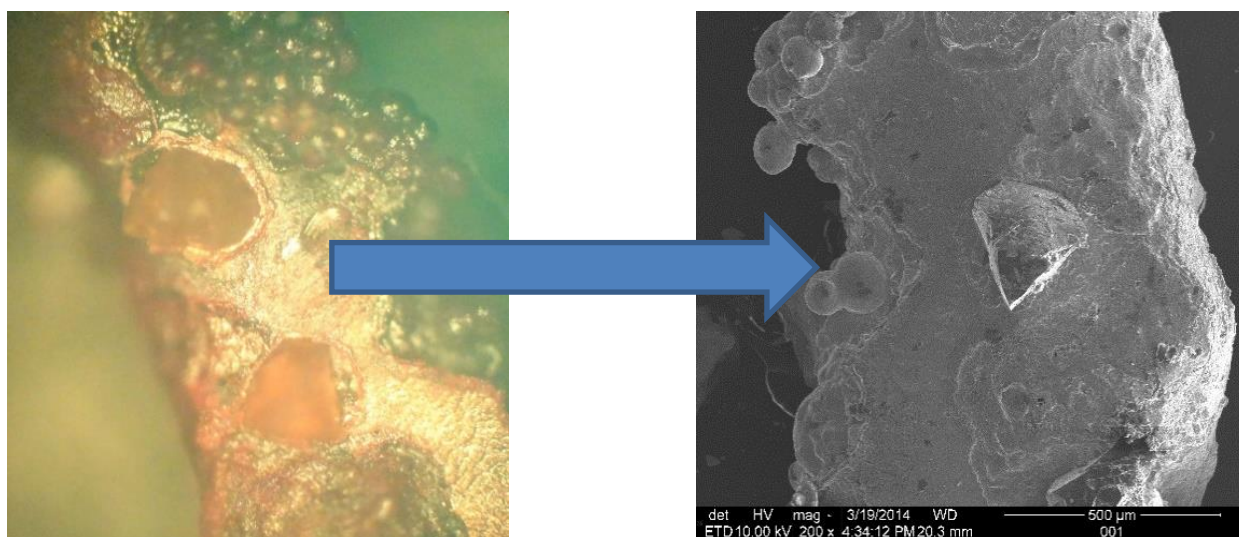
в) ПГ-19М-01+ К9 250/200,  $A_r=7$  л/хв ( x100):  $v = 0,15$  м/хв.;  $d_0 = 3$  мм;  $P=500$  Вт;

г) ПГ-19М-01+ К9 250/200,  $A_r=7$  л/хв ( x100):  $v = 0,1$  м/хв.;  $d_0 = 3$  мм;  $P= 800$  Вт.

Збільшення x300

Аналіз даних результатів досліджень дозволив зробити висновок, що враховуючі значно менші енергетичні витрати доцільно використовувати для виготовлення композитів з КНБ порошки на основі міді, зокрема композити Бр010 [6] та ПГ-19М-01. У випадку виготовлення більш зносостійкого

композиту доцільно застосовувати самофлюсуючі порошки ПС-12НВК, які при лазерному опромінуванні утворюють в матриці інструменту тугоплавкі карбіди



[6].

а)

б)

Рис. 4. Загальний вид сформованого шару композиту ПГ-19М-01+ К9 250/200 при різному збільшенні а)  $\times 100$  б)  $\times 500$

З метою визначення технологічних режимів лазерного випромінювання на фізико-механічні властивості композиту ПГ-19М-01+ К9 250/200 (рис. 4), зокрема мікротвердості, була проведена додаткова серія досліджень. На рис. 5 представлені встановлені залежності мікротвердості композиту від швидкості переміщення лазерного променя. При лазерному опромінуванні з  $\lambda=1,06$  мкм вимірювання здійснювали в трьох точках: центр валика, перехідна зона під валиком (зона з'єднання матеріалу основи з композитом), а також у зоні термічного впливу матеріалу основи.



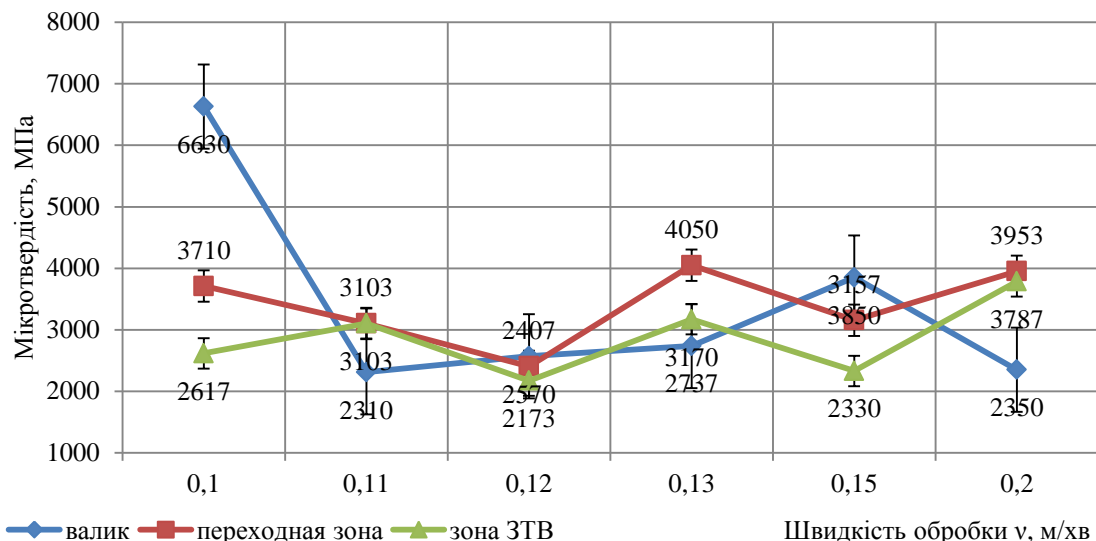


Рис. 5. Вплив швидкості лазерної обробки на мікротвердість ПГ-19М-01+ К9 250/200 режими лазерної обробки:

$$P = 500 \text{ Вт}; d_0 = 3 \text{ мм}; A_f = 7 \text{ л/хв}$$

Як видно із наведених вище графіків, що наведені вище, вплив швидкості лазерного випромінювання практично не впливає на мікротвердість досліджуваних композитів і визначається в основному хімічним складом порошкової суміші.

Величина швидкості охолодження у приповерховому шарі, яка розрахована по товщині кристалів зміцнюючої фази, склала приблизно  $5 \cdot 10^4 \dots 10^5 \text{ }^\circ\text{C/с}$ . Мікротвердість шарів варіюється у межах 2000 – 4000 МПа.

#### Висновки:

Узагальнюючі отримані результати можна констатувати, що утворені в результаті лазерного спікання в поверхневих шарах дослідних зразків структури, мають підвищену твердість. Найбільш доцільними для подальших досліджень є зв'язки на основі міді (Br010, ПГ-19М-01) та нікелю (ПС-12НВК), які показали стабільні результати при формуванні композитного шару та широкий діапазон твердості отриманих шарів, що дозволить використовувати виготовлений інструмент для обробки матеріалів з різною твердістю.

## Список використаних джерел

1. John C. Ion, Laser processing of Engineering Materials: principles, procedure and industrial application/C. John Ion. - Elsevier Butterworth – Heinemann, Burlington: MA, 2005.- 183 p.
2. Toyserkani E. Laser Cladding/ E. Toyserkani, A. Khajepour, S. Corbin.- Boca Raton, Florida: CRS Press, 2005.- 227 p.
3. De Hosson J.Th.M. Functionally graded materials produced with high power lasers/ J.Th.M. De Hosson, V. Ocelik// Proceedings of ASTRA- 2003, Hyderabad, India.- 2003, p.p. 368-376.
4. Wohlers T. Wohlers Report, Rapid Prototyping, Tooling & Manufacturing. State of the Industry/T. Wohlers. - Colorado: Wohlers Associates Inc., 2003.- 323 p.
5. О.Г. Девойно Свойства однородных и композиционных полосчатых покрытий, получаемых лазерной наплавкой. // Машиностроение и машиноведение- (3)2015- 35-44.
6. Гончарук О.О. Визначення оптимальних умов лазерного формування інструментального шару абразивних інструментів / [Л.Ф. Головка, А.М. Лутай, О.Д. Кагляк, О.О. Гончарук.] // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2012. – № 6/5(60). – С. 28-31.