

УДК 620.178: 621.891

DOI: 10.18372/0370-2197.4(85).13876

В. І. САВУЛЯК, О. П. ШИЛІНА, В. Й. ШЕНФЕЛЬД

**Вінницький національний технічний університет, Вінниця****НАПЛАВЛЕНІ ПОКРИТТЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ОРГАНІЧНИХ ПІДКЛАДОК**

*В статті досліджується можливість використання органічних матеріалів, доданих у зварювальну ванну під час наплавлення, на структуроутворення та показники твердості утворених покриттів. Встановлено, що введення органічних матеріалів на основі целюлози дозволяє отримати високовуглецеві покриття значної твердості на зразках з низьковуглецевої сталі. Співвідношення структурних складових матеріалу та режимів наплавлення. Показана можливість нанесення високовуглецевих покриттів значної товщини та площі з високою продуктивністю та економічністю. Регульована кількість цементиту у покритті позитивно впливає на зносостійкість, але тріщиностійкість при цьому не погіршується.*

**Ключові слова:** органічні матеріали на основі целюлози, наплавлення, карбід, швидкість охолодження, мікроструктура, високовуглецеві покриття, мікротвердість

**Вступ.** Створення поверхневих шарів з підвищеною зносостійкістю дозволяє вирішити проблему швидкого зношення деталі та вузла в цілому. Пошук нових, ефективних методів нанесення чи створення поверхневих шарів має забезпечувати зменшення у потребі конструкційних матеріалів, а також зростання продуктивності обладнання та зменшення виробничих площ [1].

**Аналіз останніх досліджень та результатів.** Зносостійкості пар тертя з різними поєднаннями матеріалів, їх структури і взаємодії на різних рівнях проводились такими відомими вченими як: Л. І. Бершадским [2], К. Діесом [3], А. Г. Косторновим [4], І. В. Крагельським [5] та іншими.

Широкому впровадженню методів підвищення довговічності деталей машин сприяли роботи В. Г. Каплуна, В. М. Ткачова, А. Ш. Рабіновича, А. Н. Розенбаума, І. Е. Ульмана, М. М. Тененбаума, М. М. Хруцова, І. А. Ніловського, В. С. Попова та ін. Основними напрямками підвищення довговічності є:

- застосування зносостійких матеріалів;
- зносостійкі наплавлення та напилювання;
- підвищення зносостійкості методами термічної і хіміко-термічної обробки;
- застосування двошарового прокату;
- застосування твердих сплавів;
- зміна форми деталей при її конструюванні та ін.

Сталі та чавуни поєднують наявність основного хімічного елемента - заліза і основного легувального елемента - вуглецю (карбону), а відрізняє значний перелік фізико-механічних властивостей з широким діапазоном їх параметрів, викликаний насамперед зміною вмісту вуглецю та інших металоїдів у сплаві. До найбільш відомих властивостей сталей, що забезпечують їй переваги над чавунами, є значний ресурс пластичності, запас втомної міцності тощо. Перевагами чавунів вважають хороші ливарні властивості, антифрикційність, зносостійкість тощо.

Ефективними та перспективними, на наш погляд, є технології створення на поверхнях деталей з пластичних, низьковуглецевих сталей, що добре зварюються, обробляються тиском і різанням, високовуглецевих легованих та нелегованих шарів (чавунних включно), які можуть забезпечити всі необхідні властивості поверхні деталі.

До відомих методів науглецьовування поверхонь є традиційні технології хіміко - термічної обробки, поверхневе легування та модифікування поверхні, які можна об'єднати у групу технологій формування поверхневих шарів з спеціальними властивостями [6-9]. Інша група технологій об'єднується за ознакою нанесення на поверхню заготовки додаткових шарів матеріалу, що теж забезпечують необхідні властивості поверхні [10-12].

**Мета роботи:** дослідження структуроутворення та твердості покриття шляхом введення у зону наплавлення органічних матеріалів на основі целюлози.

**Об'єкти та методи досліджень.** Дослідження проведено на зразка з низьковуглецевої сталі, розмір яких 10x10x50 мм. На очищену поверхню зразків за допомогою спеціального клею кріпили підкладки з органічного матеріалу різного складу в три шари (рис. 1). Товщина органічного матеріалу становила 0,3 мм. Зразки сушили на повітрі на протязі доби, а потім у муфельній печі 2 години при температурі 380°C кристалізації захисного покриття та видалення повітря, яке залишилось між шарами органічного матеріалу.

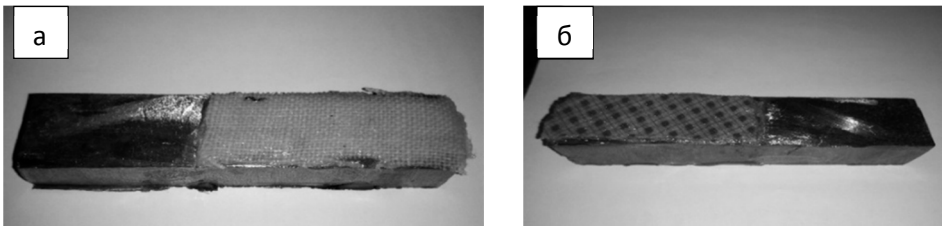


Рис.1. Органічні матеріали закріплені на зразках зі сталі: а – з вмістом целюлози 80% ; б - з вмістом целюлози 95%

Підготовлені таким чином зразки наплавляли на установці УД – 209М, зварювальним дротом СВ – 08Г2С діаметром 1.2 мм., стандартного хімічного складу.

На рис. 2 представлені наплавлені валики на дослідні зразки з використанням органічних підкладок з різним вмістом целюлози відповідно.

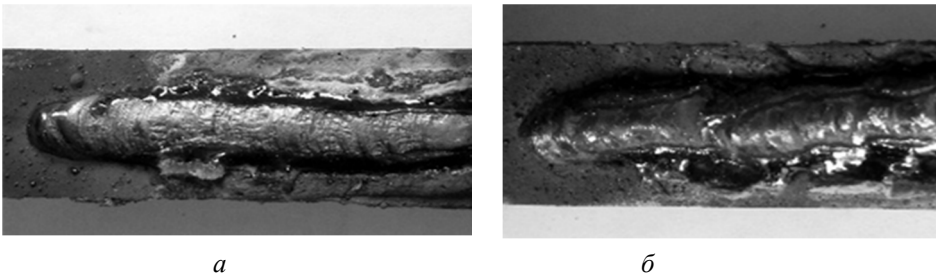


Рис. 2. Валик, наплавлений з підкладкою: а – з вмістом целюлози 80%; б – з вмістом целюлози 95%

Мікроструктурні дослідження виконували за стандартними методиками.

Вивчення структури та фазових змін відбувалось за допомогою оптичного мікроскопа МИМ – 8 з чутливою камерою для фіксації зображень на комп'ютері. Як травник використовувався розчин хлористого заліза та азотної кислоти ( $\text{FeCl}_3 + \text{HNO}_3$ ). Вимірювання мікротвердості здійснювалось на мікротвердомірі ПМТ-3 вдавлюванням алмазної пірамідки з зусиллям на неї 0.5Н і кутом при вершині  $136^\circ$ .

**Обговорення результатів.** На рис.3, *a*, показана перехідна зона між наплавленим покриттям з використанням органічної підкладки з вмістом целюлози 80% та металом заготовки товщиною 1,5 мм. Вона має дрібнозернисту ферито – перлітну і дещо смугасту структуру (рис.3 поз. 3) у вигляді цементитної сітки (поз.1). Утворення такої структури пояснюється значною швидкістю охолодження зварювальної ванни внаслідок відведення тепла в метал зразка, та підвищеним вмістом вуглецю в цій зоні, що є наслідком розчинення органічної підкладки. Також на мікроструктурі спостерігаються темні включення (поз.2), які свідчать про те, що органічна підкладка не повністю розчинилась у зварювальній ванні внаслідок швидкого охолодження металу ванни. Для запобігання утворенню такого дефекту проводили підігрівання зразків з метою зменшення швидкості охолодження та подовження часу розчинення підкладки. Така структура наплавленого покриття з залишковими вуглецевими включеннями дозволяє використовувати їх як джерело мастильного матеріалу під час тертя ковзання, що перешкоджає утворенню задирів та захоплення поверхонь тертя. Тому такі сталеві деталі з наплавленими за даним способом покриттями можуть бути успішно використані для виготовлення деталей пар тертя.

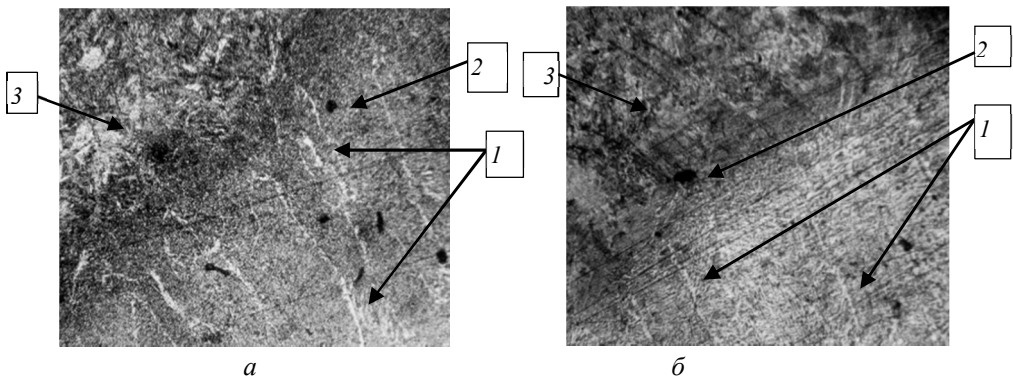


Рис. 3. Перехідна зона валка після процесу наплавлення з використанням органічної підкладки ( $\times 150$ ): *a* – з вмістом целюлози 80%; *б* – з вмістом целюлози 95%

Мікроструктура покриття (рис. 4, *a*), товщина якого становить 1,3 мм, має перлітну структуру (поз. 2), з цементитною сіткою (поз. 1). Середній розмір перлітних зерен становить 30 – 35 мкм, що свідчить про майже повне розчинення органічної підкладки в металі.

Аналогічні перетворення відбулися при напавленні зразків з використанням органічної підкладки з вмістом целюлози 95% (рис. 3, *б* та рис. 4, *б*).

В таблиці 1 наведено вміст структурних складових різних зон наплавленого шару з використанням органічних підкладок.

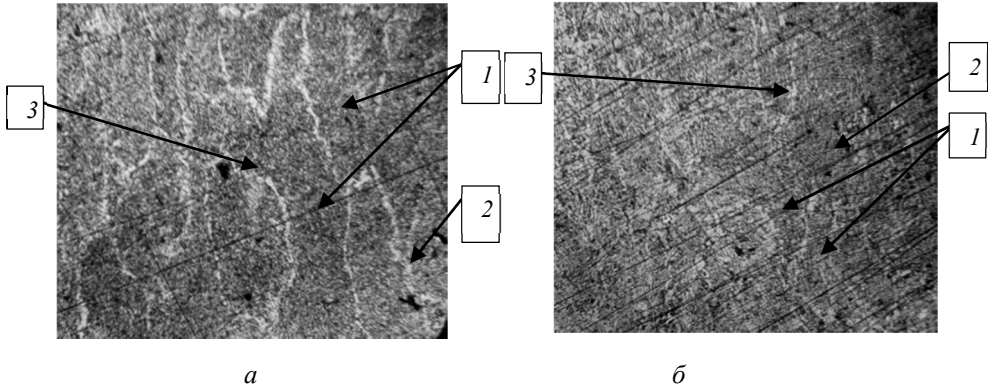


Рис. 4. Мікроструктура покриття після процесу наплавлення з використанням органічної підкладки (×150): а – з вмістом целюлози 80%; б – з вмістом целюлози 95%

Таблиця 1

**Порівняння структурного складу з використанням органічних підкладок**

Зона покриття	Вміст целюлози. %					
	80	95	80	95	80	95
	Цементит, %		Перліт, %		Ферит, %	
Перехідна	9	6	60	61	22	25
Покриття	15	12	43	47	35	36

Результати вимірювання мікротвердості представлені на рис. 5. Вимірювання мікротвердості здійснювалось вглиб напавленого покриття, крок здійснення вимірів 0,15 мм.

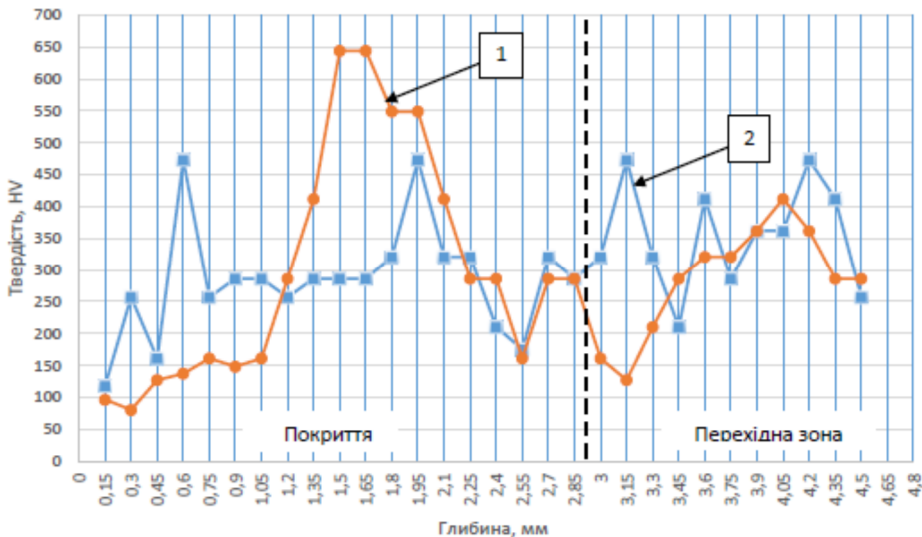


Рис. 5. Мікротвердість напавленого шару по глибині з використанням органічної підкладки: 1 – з вмістом целюлози 80%; 2 – з вмістом целюлози 95%

Аналіз мікроструктури та дюрOMETричний аналіз напавлених шарів показав, що в напавленій зоні найбільша кількість цементитної сітки і відповідно найбільша твердість, що позитивно впливає на фізико-механічні властивості покриття.

**Висновок.** 1. Введення органічних матеріалів на основі целюлози дозволяє отримати високовуглецеві покриття значної твердості на зразках з низьковуглецевої сталі, в процесі наплавлення у середовищі вуглекислого газу.

2. Структура отриманих покриттів складається з дрібних зерен фериту та перліту з цементитною сіткою.

3. Співвідношення структурних складових можливо змінювати за рахунок регулювання кількості введеного органічного матеріалу та режимів наплавлення.

#### Список літератури

1. Кузнецов В.Д., Пашенко В.М., К.А. Ющенко, Ю.С. Борисов. Фізикохімічні основи інженерії поверхні: Навч. посібник.- К.: ВІПОЛ, 2005.-372 с.
2. Бершадский Л. И. Борис Иванович Костецкий и общая концепция в трибологии / Л. И. Бершадский // Трение и износ. – 1993. – Т14, №1. – С.6–19
3. К. Dies., Archiv fur das Eisenhüttenwesen 16, 399 (1973).
4. Косторнов А. Г. Современные представления о механизме трения и износа триботехнических систем и целенаправленный синтез композиционных антифрикционных материалов для заданных условий эксплуатации / А. Г. Косторнов // 4-я Украинская конференция по космическим исследованиям. Институт космических исследований НАНУ-НКАУ. 2004. С.17.
5. Крагельский И. В. Трение и износ / И. В. Крагельский. – М.: Машиностроение, 1968. – 480.
6. Бабат-Захряпин А. А. Химико-термическая обработка в тлеющем разряде / А. А. Бабат-Захряпин, Г. Д. Кузнецов. – М.: Атомиздат, 1975. 284 с.
7. Арзамасов Б. Н. Циркуляционный метод химико-термической обработки / Б. Н. Арзамасов // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2004. – №6 (215). – С.79–84.
8. Kula P., Olejnik J., Kowalewski J., New vacuum carburizing technology / P. Kula, J. Olejnik, J. Kowalewski // Heat treatment progress. – 2001, v.1, n. 1
9. Рыжов, Н. М. Особенности вакуумной цементации теплостойкой стали в ацетилене / А. Е. Смирнов, Р. С. Фахуртдинов, Л. М. Мулякаев, В. И. Громов. МИТОМ.- №6. 2004. – С.10 – 15.
10. Abboud J. H. Laser surface treatments of iron-based substrates for automotive application / J. H. Abboud, K. Y. Benyounis, A. G. Olabi, M. S. J. Hashmi // Journal of Materials Processing Technology. – 2007. – V. 182, No 1. – P. 427–431.
11. Савуляк В. І. Наплавлення висовуглецевих зносостійких покриттів : монографія / В. І. Савуляк, В. Й. Шенфельд — Вінниця: ВНТУ, 2016. – 124 с.
12. Савуляк В. І. Наплавлення високовуглецевих покриттів з використанням вуглецевих волокон / В. І. Савуляк, С.А. Заболотний, В. Й. Шенфельд // Проблеми трибології. – 2010. – №1. – С.66–70.

Стаття надійшла до редакції 20.09.2019.

**Савуляк Валерій Іванович** – доктор техн. наук, професор кафедри Галузевого машинобудування Вінницького національного технічного університету, korsav84@gmail.com

**Шиліна Олена Павлівна** – канд. техн. наук, доцент кафедри Галузевого машинобудування Вінницького національного технічного університету, epshslina.tpz@gmail.com

**Шенфельд Валерій Йосипович** – канд. техн. наук, доцент кафедри Галузевого машинобудування Вінницького національного технічного університету, leravntu@gmail.com

V. I. SAVULYAK, E. P. SHILINA, V. Y. SHENFELD

### FUSED COATINGS WITH THE USE OF ORGANIC SUPPLIES

The article explores the possibility of using organic materials added to the welding bath during surfacing in a carbon dioxide environment, the processes of structure formation and the hardness indices of the formed coatings. It is established that the introduction of cellulose-based organic materials allows obtaining high-carbon coatings of considerable hardness on samples of low-carbon steel, in the process of surfacing in a medium of carbon dioxide. The transition zone between the surfacing using an organic substrate and the workpiece metal is 1.5 mm thick has a fine-grained ferrite - pearlitic and somewhat striped structure in the form of a cementitious mesh. The formation of such a structure is explained by the high cooling rate of the welding bath due to heat dissipation into the metal of the sample, and the increased carbon content in this zone, which is the result of dissolution of the organic substrate. The microstructure of the coating has a pearlitic structure, with a cementitious mesh. The ratio of the structural components can be changed by adjusting the amount of organic material introduced and surfacing modes. The adjustable amount of cementite in the coating has a positive effect on the wear resistance, but the crack resistance is not impaired. The possibility of applying high carbon coatings of considerable thickness and area with high productivity and efficiency is shown. Analysis of the microstructure and dyurometric analysis of the deposited layers showed that in the deposited zone the greatest amount of cementitic mesh and, accordingly, the highest hardness, which positively affects the physical and mechanical properties of the coating.

**Key words:** organic materials based on cellulose, surfacing, carbide, cooling rate, microstructure, high carbon coatings, microhardness

#### References

1. Kuznecov V.D., Pashenko V.M., K.A. Yushenko, Yu.S. Borisov. Fizikohimichni osnovi inzheneriyi poverhni: Navch. posibnik. - K.: VIPOL, 2005.-372 s.
2. Bershadskij L. I. Boris Ivanovich Kosteckij i obshaya koncepciya v tribologii / L. I. Bershadskij // *Trenie i iznos.* – 1993. – T14, №1. – S.6–19
3. K. Dies., *Archiv fur das Eisenhüttenwesen* 16, 399 (1973).
4. Kostornov A. G. Sovremennye predstavleniya o mehanizme treniya i iznosa tribotekhnicheskikh sistem i celenapravlenyj sintez kompozicionnykh antifrikcionnykh materialov dlya zadannykh uslovij ekspluatatsii / A. G. Kostornov // 4-ya Ukrainskaya konferenciya po kosmicheskim issledovaniyam. Institut kosmicheskikh issledovanij NANU-NKAU. 2004. S.17.
5. Kragelskij I. V. *Trenie i iznos* / I. V. Kragelskij. – M.: Mashinostroenie, 1968. – 480.
6. Babat-Zahryapin A. A. Himiko-termicheskaya obrabotka v tleyushem razryade / A. A. Babat-Zahryapin, G. D. Kuznecov. – M.: Atomizdat, 1975. 284 s.
7. Arzamasov B. N. Cirkulyacionnyj metod himiko-termicheskoy obrabotki / B. N. Arzamasov // *Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallov.* – 2004. – №6 (215). – S.79–84.
8. Kula P., Olejnik J., Kowalewski J., New vacuum carburizing technology / P. Kula, J. Olejnik, J. Kowalewski // *Heat treatment progress.* – 2001, v.1, n. 1.
9. Ryzhov, N. M. Osobennosti vakuumnoj cementatsii teplostojkoj stali v acetilene / A. E. Smirnov, R. S. Fahurtdinov, L. M. Mulyakaev, V. I. Gromov. *MiTOM.*- №6. 2004. – S.10 – 15.
10. Abboud J. H. Laser surface treatments of iron-based substrates for automotive application / J. H. Abboud, K. Y. Benyounis, A. G. Olabi, M. S. J. Hashmi // *Journal of Materials Processing Technology.* – 2007. – V. 182, No 1. – P. 427–431.
11. Savulyak V. I. Naplavlennya visovuglecevih znosostijkih pokrittiv : monografiya / V. I. Savulyak, V. J. Shenfeld — Vinnicya: VNTU, 2016. – 124 s.
12. Savulyak V. I. Naplavlennya visokovuglecevih pokrittiv z vikoristannyam vuglecevih volokon / V. I. Savulyak, S.A. Zabolotnij, V. J. Shenfeld // *Problemi tribologiyi.* – 2010. – №1. – S.66–70.