

# Розробка зносостійких наплавлених шарів із порошкових дротів для підвищення ресурсу роботи лопаток колеса млинового вентилятора

Андрій Войтович<sup>1</sup>, Мирослав Головчук<sup>2</sup>

1. Кафедра зварювального виробництва, діагностики та відновлення метало конструкцій, Національний університет “Львівська політехніка”, УКРАЇНА, м. Львів, вул. С. Бандери, 12, E-mail: andrsi-voitovich@mail.ru

2. Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, м. Львів, вул. Наукова, 5, E-mail: golovchuk86@gmail.com

**Abstract** – The aim of the work is to conduct a comparative analysis of durability of the over welded layers with four commercially available boron-containing cored wires (150B6Ti10, 150Cr10B2VMn, 90Cr12SiB, 70Cr20B3Ti). All investigated coatings have been developed in order to increase the operating time and to reduce the maintenance period of the machine parts that operate under the conditions of the severe abrasive wear. The microstructure and microhardness of the layers have been investigated on the cross-sections. A resistance against abrasion wear has been tested by an operating temperature of 150 °C and the velocity of abrasive particles (200 μm sand) of 36 m/s. It was found that the average hardness of the clad layers due to the formation of the carbides and borides rises to the values of 642 – 1028 HV0.2. The highest values were measured for 150Cr10B2VMn layers and the lowest – for 150B6Ti10 layers. The last can be explained by the formation of the crack network in the hard boron rich matrix. The maximal abrasion wear resistance was observed for the layers with a matrix with austenitic microstructure and carbide inclusions. The best 150B6Ti10 coatings demonstrate an increase in abrasion resistance more than twice if to compare with a substrate 10CrSiNiMn material.

Key words – over weld, cored wire, electric arc welding, abrasion wear resistance, austenitic matrix, hard phase inclusions.

## I. Вступ

Лопатки і корінні диски робочого колеса млинового вентилятора теплової електростанції працюють в умовах газоабразивного зношування, де в якості абразиву слугує подрібнене вугілля. Механізм зношування полягає у взаємодії твердих частинок із поверхнею зношування. Руйнування відбувається шляхом різання та витіснення в різних механізмах ерозії. Для захисту від газоабразивного зношування деталей застосовують порошкові дрони (ПД) (1).

Лопатки та диски робочих коліс вентилятора виготовляють із сталі 10ХСНД, яка має низький опір газоабразивного зношування, що спричинює зменшення ресурсу під дією подрібненого вугілля. При зношенні лопаток млинового вентилятора зменшується продуктивність та виникає вібрація колеса, що може привести до виходу з ладу цілого вузла. Для

підвищення ресурсу лопаток вентиляторів на їх верхні та бокові сторони корінного диску наплавляють захисні шари напівавтоматичним методом. Застосування покриття з стійкими властивостями до газоабразивного зношування продовжує термін експлуатації у 2,5 рази.

## II. Методика та аспекти дослідження

Для одержання дослідних поверхонь використовували порошкові дрони діаметром 3,2 мм у сталевій оболонці товщиною 0,4 мм із сталі 08кп. Компонентний склад шихти порошкових дротів наведений Таблиці 1. Режими наплавлення поверхонь з порошкових дротів: струм 420 А, напруга 30- 31 В, виліт електродного дроту 50 мм.

ТАБЛИЦЯ 1

Склад шихти порошкових дротів

Марка порошкового Дроту	Вміст легувальних елементів, мас. %							
	C	B	Cr	Ti	Mn	Si	V	Fe
150P6Ti10	1,5	6	-	10	-	-	-	Реш
150X10P2ФМ	1,5	2	10	-	1	-	2	Реш
90X12ГСП	0,9	1	12	-	-	2	-	Реш
70X20P3Т	0,7	3	20	1	-	-	-	Реш

Газоабразивне зношування наплавлених покриттів дослідили на установці (рис. 1), яку змонтували на основі електропечі. Установку оснастили системою подавання абразиву та контролювання й підтримування температури. Швидкість подавання абразиву регулювали числом обертів електродвигуна. Абразивну зносостійкість покривів оцінювали за втратою маси зразків після випробування упродовж 2 годин за швидкості руху абразиву 36 м/сек. Як абразив використали кварцовий пісок зернистістю до 200 мкм.

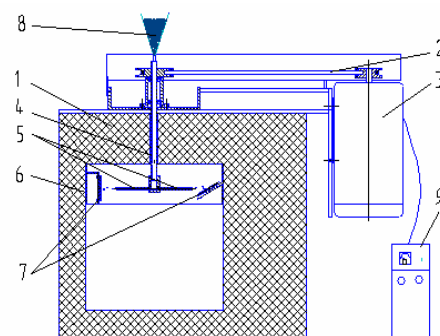


Рис 1. Схема установки для випробування на газоабразивне зношування покриттів за підвищеної температури: 1- електропіч; 2 – пасова передача; 3 – двигун постійного струму; 4 – трубка; 5 – патрубки; 6 – обруч; 7 – зразки з покриттями, 8 – ємність з абразивом; 9 – блок керування.

## III. Результати дослідження та їх узагальнення

Наплавлені покриття із порошкових дротів: 150P6Ti10, 150X10P2ФМ, 90X12ГСП, 70X20P3Т мають високу твердість. Це зумовлено великою

кількістю вуглицю та вмістом легуючих елементів: титан, бором. Найвища твердість HV спостерігається у покриттів наплавлених порошковими дротами 70X20P3T та 150X10P2ФМ. Значення становлять 847 та 1028 HV відповідно.

Мікроструктура наплавлених покриттів містить в собі тверді частинки карбідів хрому, карбідів бору та карбідів титану. Зносостійкість сплавів таких систем залежить від кількості вуглецю, хрому, бору та титану, а також, від властивостей твердого розчину. В структурі хромистих сталей утворюються стійкі карбіди  $(Fe, Cr)_3C$ ,  $(Fe, Cr)_{23}C_6$ ,  $(Fe, Cr)_7C_3$ , які є зміцнювальною фазою, що забезпечує високу зносостійкість. Затвердіння карбідів  $(Cr, Fe)_7C_3$ ,  $Cr_7C_3$  проходить у верхніх шарах, які осідають з розплаву при швидкому затвердінні (2). Карбід хрому  $Cr_7C_3$  добре відомий своїм відмінним поєднанням, високою твердістю, відмінною зносостійкістю, а також високим опором корозії окислення, тому він широко використовується в якості зміцнювальної фази в композиційних покриттях (3).

Значне підвищення зносостійкості сплавів системи Fe-C-Cr досягається при додатковому легуванні бором. Спостерігається стрімкий ріст твердості при вмісті бору до 0,99 мас. %, а потім збільшується більш повільно (4). Будова боридної фази при цьому залежить від вмісту не тільки бору (вміст, до 1 %), а й вуглецю, змінюючись від кубічного бориду  $Me_{23}(B)_6$  (при 0,9—1 % C) до тетрагонального  $MeBC$  (при 2—2,9 % C). Зі сплавів, які містять у собі менше, ніж 1 % C, прикладом може бути наплавлений метал. Висока зносостійкість сплаву визначається наявністю в евтектиці твердої боридної фази, яка складається зі сполук  $(Fe, Mn, Cr)_{23}(BC)_6$  і  $Fe_2B$ .

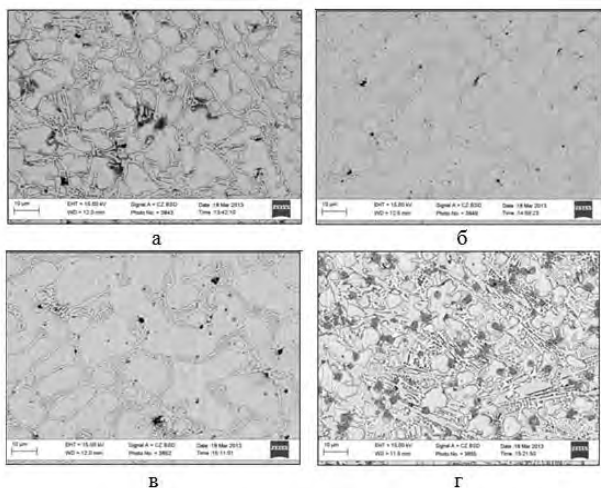


Рис 3. Мікроструктура наплавлених поверхонь, марок порошкових дротів: а -70X20P3T, б - 90X12ГСП, в - 150X10P2ФМ, г - 150P6T10

Крім карбідної фази, аустенітна матриця зносостійкого наплавленого металу може містити у собі титан, карбід титану, а також, боридну і карбоборидну

фази. Це досягається легуванням бором (до 5 % і більше) при одночасно високому вмісті титану (9—10 % і більше). У цьому випадку наплавлений метал практично набуває властивостей дисперсно-зміцненого композиційного матеріалу — надтверді частинки у в'язкій і пластичній матрицях.

Дослідження газоабразивної зносостійкості зразків із наплавленими шарами. Визначили, що найменшу зносостійкість мають наплавлені шари порошковими дротами 150X10P2ФМ та 90X12ГСП. Максимальну зносостійкість мають наплавлені шари із аустенітною матрицею із включеннями карбідів: титану та бору.

ТАБЛИЦЯ 2

ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ДОСЛІДНИХ МАТЕРІАЛІВ

МАРКА ПД	HV0.2	ВТРАТА МАСИ, Г	V, Г/М <sup>2</sup>
150P6T10	667	0,0096	48
150X10P2ФМ	1028	0,0180	90
90X12ГСП	795	0,0105	52,5
70X20P3T	847	0,0161	80,5
10XСНД	250	0,0210	105

## Висновки

Максимальна зносостійкість наплавлених шарів забезпечується при формуванні наплавленого металу з аустенітною матрицею в якій є включення карбідів.

Зносостійкість наплавленого шару із порошкових дротів зростає із збільшенням бору та хрому в наплавленому шарі, і максимального значення опір газоабразивному зношуванню є при вмісті титану 10 % ваг. та бору 6 % ваг у порошковому дроті.

Дослідженням механічних характеристик та структури наплавлених шарів визначено, що найвищий опір до зношування має нанесене покриття із порошкового дроту ПД 150P6T10, яке має у двічі вищу зносостійкість ніж сталь 10XСНД.

## References

- [1] High-temperature oxidation of Fe40Al coatings obtained byHVOF thermal spray / J.M. Guilemany, N. Cinca, S. Dosta, C.R.C. Lima // Intermetallics. – 2007. – 15, 10.– P. 1384-1394.
- [2] XING Shule. Effect of cerium on abrasive wear behaviour of hardfacing alloy / ] XING Shule YU Shengfu, DENG Yu, DAI Minghui, YU Lu // JOURNAL OF RARE EARTHS, Vol. 30, No. 1, Jan. 2012, P. 69
- [3] X.B. Liu, Y.J. Gu, Mater. Lett. 60 (2006) 57
- [4] Dashuang Liu Microstructure and wear properties of Fe–15Cr–2.5Ti–2C–xB wt. % hardfacing alloys/ Dashuang Liu Renpei Liu, Yanhong Wei, Yan Ma, Kun Zhu// Applied Surface Science.- №271 (2013). – С. 253– 259.