

УДК 621.793.7

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2018.48.102-110>**С.І. Маркович**, канд. техн. наук*Центрально український національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна, e-mail: marko60@ukr.net***Х.Р. Задорожна**, асп., **Г.Г. Веселівська**, канд. техн. наук, **В.М. Гвоздецький**, канд. техн. наук, **Я.Я. Сірак**, асп., **Я.С. Корінь**, інж.*Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна*

Структура, зносотривкість та корозійна тривкість покриттів VC-FeCr та VC-FeCrCo, отриманих надзвуковим газополуменевим напиленням hVOF

Досліджено зносостійкість та корозійну стійкість покриттів нанесених надзвуковим газополуменевим методом напилення (HVOF – High Velocity Oxygen Fuel Flame Spraying process, паливо пропан-кисень). Покриття напиляли з використанням установок Diamond Jet Hybrid gun (паливо пропан-кисень) та JP5000 gun (гас-кисень). Для порівняння використано метод плазмового напилення покриттів у динамічному вакуумі (PSCDV), що забезпечує найвищу якість газотермічних покриттів. Порошки для напилення виготовлено методом механічного легування із використанням планетарного млина. Вихідними компонентами для цього брали порошки карбиду ванадію, феррохрому та сплаву кобальту із нікелем. Встановлено, що зносотривкість напилених покриттів вказаними методами в 75...100 разів вища, ніж основи Д16, в 3...5 разів вища, ніж сталі ШХ15 (HRC60 за тертя жорстко закріпленим абразивом).

Оцінено корозійно-електрохімічну властивість покриттів в 3%-му розчині NaCl за температури $20 \pm 0,2$ °C і виявлено, що вони мають високу корозійну тривкість, яка корелює з їхньою поруватістю. Довготривала експозиція зразків із покриттям у 3% -ному розчині NaCl призводить до проникнення агресивного середовища до межі розділу покриття-підкладка, що може спричинити підпльовку корозію та відшарування покриття. Встановлено, що найвищу корозійну тривкість має покриття VC-FeCrCo, поруватість якого не перевищує 0,5%, отриманий плазмовим методом у динамічному вакуумі. Його корозійні струми в 2 рази нижчі порівняно з тим же покриттям, отриманим методом HVOF.

напилення, покриття, структура, зносотривкість, корозійна тривкість, надзвуковий газополуменевий метод, метод плазмового напилення покриттів у динамічному вакуумі

С.И. Маркович, канд. техн. наук*Центральноукраинский национальный технический университет, г. Кропивницкий, Украина***Х.Р. Задорожна**, асп., **Г.Г. Веселивская**, канд. техн. наук, **В.М. Гвоздецкий**, канд. техн. наук, **Я.Я. Сирак**, асп., **Я.С. Коринь**, инж.*Физико-механический институт им. Г.В. Карпенко НАН Украины, г. Львов, Украина*

Структура, износостойкость та коррозионная стойкость покрытия VC -FeCr и VC-FeCrCo, полученных сверхзвуковым газопламенным методом напыления hVOF

Исследовано износостойкость и коррозионную стойкость покрытий нанесенных сверхзвуковым газополуменевым методом напыления (HVOF –High Velocity Oxygen Fuel Flame Spraying process, топливо пропан-кисень). Покрытие напиляли с использованием установок Diamond Jet Hybrid gun (топливо пропан-кисень) и JP5000 gun (керосин-кислород). Для сравнения использован метод плазменного напыления покрытий в динамическом вакууме (PSCDV), который обеспечивает наивысшее качество газотермических покрытий. Порошки для напыления изготовлены методом механического легирования с использованием планетарной мельницы. Исходными компонентами для этого брали порошки карбида ванадия, феррохрома и сплава кобальта с никелем. Установлено, что износостойкость напыленных покрытий указанными методами в 75...100 раз выше, чем основы Д16, в 3...5 раз выше, чем стали ШХ15 (HRC60 за трение жесткозакрепленным абразивом).

© С.І. Маркович, Х.Р. Задорожна, Г.Г. Веселівська, В.М. Гвоздецький, Я.Я. Сірак, Я.С. Корінь, 2018

Оценено коррозийно-электрохимическое свойство покрытий в 3%-ом растворе NaCl за температуры $20 \pm 0,2$ °C и выявлено, что они имеют высокую коррозионную прочность, которая коррелирует с их пористостью. Долговременная экспозиция образцов с покрытием в 3%-ному растворе NaCl приводит к проникновению агрессивной среды в предел раздела покрытие-подкладка, которая может вызывать подпленочную коррозию и отслаивание покрытия. Установлено, что наивысшую коррозионную прочность имеет покрытие VC-FeCrCo, пористость которого не превышает 0,5%, полученным плазменным методом в динамическом вакууме. Его коррозионные токи в 2 раза ниже сравнительно с тем же покрытием, полученным методом HVOF.

напыление, покрытие, структура, износостойкость, коррозионная прочность, сверхзвуковой газопламенный метод, метод плазменного напыления покрытий в динамическом вакууме

Постановка проблеми. Під час експлуатації сільськогосподарських машин їх механізми та деталі, здебільшого, працюють в жорстких умовах контакту з високотемпературними газами, різними агресивними середовищами та абразивними речовинами, які спричиняють інтенсивну корозію та знос поверхні. Внаслідок підвищення швидкодії машин і механізмів, збільшення їх габаритів і продуктивності, умови роботи поверхні деталей стають жорсткішими. У зв'язку з цим необхідно вжити спеціальні заходи, які забезпечать радикальне підвищення корозійної і зносотривкості та інших важливих характеристик поверхні матеріалів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Авторами ряду робіт пропонується успішно вирішити цю проблему, застосовуючи методи газотермічного напилення, як способу поверхневого зміцнення матеріалу [1–3].

Газотермічне напилення дає змогу наносити покриття з широким спектром робочих характеристик. На сьогодні накопичено великий досвід практичного застосування цієї технології в різних областях техніки, зокрема металургії, будівництві і ракетобудуванні, електроніці та медицині [4].

Серед цих методів надзвуковий газополуменевий (HVOF – High Velocity Oxygen Fuel Flame Spraying process) забезпечує надзвичайно високу міцність зчеплення покриттів із металевою основою, достатньо продуктивний та помірно вартісний [4, 5]. Установки надзвукового напилення сконструйовані за класичною схемою роботи рідкопаливних реактивних двигунів, в яких швидкість газового струменя, що виходить із сопла пальника становить понад 2000 м/с. При цьому досягається висока (99 %) щільність напилених покриттів. Нижче запропоновано використовувати порошкові суміші на основі карбіду ванадію замість карбіду вольфраму. Карбід ванадію має високу мікротвердість та малу питому вагу, тому очікуємо суттєвого здешевлення порошкових сумішей на його основі.

Постановка завдання. Задачою дослідження є вивчення структури, рівня зносотривкості та корозійної стійкості покриттів vc-fecr та vc-fecrco, отриманих надзвуковим газополуменевим напиленням hvof.

Виклад основного матеріалу. Методика дослідження. Покриття напиляли з використанням установок для високошвидкісного напилення покриттів Diamond Jet Hybrid gun (паливо пропан–кисень) та JP5000 gun (гас–кисень) [5]. Тиск у камері згоряння становив до 1,0 МПа, швидкість частинок – до 700 м/с для порошку VC- FeCr. Витрата порошку – 10 кг/год. Попередня обробка – дробоструминна обробка + очистка в ультразвуковій ванні (етиловий спирт).

Для порівняння використали метод плазмового напилення покриттів у динамічному вакуумі (ПНПДВ), як такий, що забезпечує найвищу якість покриттів [5].

Покриття товщиною 100 μm напиляли на зразки-диски, вирізані з прутка алюмінієвого сплаву Д16 діаметром 50 мм, товщиною 10 мм. Склад покриття, метод та дистанція напилення та фракція порошків наведено в табл. 1. Порошки для напилення

виготовляли методом механічного легування із використанням планетарного млина. Вихідними компонентами для цього були порошки карбиду ванадію, ферохрому та сплаву кобальту із нікелем.

Таблиця 1 – Характеристики методу напилення покриттів

Склад покриття	Відстань до підкладки, мм	Фракція порошку, мкм	Установки
VC- FeCr	250	20...45	DJH
	300		
VC- FeCrCo	250		
	300		
VC-FeCr	300	20...30	JP5000
VC- FeCrCo		20...45	
		20...30	
		20...45	

Джерело: розроблено на підставі [5].

Абразивне зношування за тертя нежорстко закріпленими абразивними частинками виконували згідно з ГОСТ 23.208-79 [6]. Кварцовий пісок просушували (його вологість не перевищувала 0,16 %), а гумовий диск заправляли шліфувальною шкіркою типу 2 (ГОСТ 6456-75) зернистістю № 8П (ГОСТ 3647-71), закріпленою на зразку-держаку у вигляді плоскої сталевий пластини. У зону контакту гумового круга і зразка за допомогою дозувального пристрою постійно подавали абразив. Режим тертя: навантаження $P = 2,4$ Н, швидкість обертання диска – 25 м/хв, абразив – фракціонований та просушений кварцевий пісок з розміром частинок 200...1000 мкм. Тривалість випробування 30 хв. Діаметр гумового диска – 48...50 мм, його товщина – $15 \pm 0,1$ мм.

Абразивне зношування за тертя жорстко закріпленими абразивними частинками здійснювали абразивним диском із електрокорунду середньом'якої твердості СМ-2 на керамічній зв'язці 7К15 діаметром 150 мм та товщиною 8 мм. Зернистість електрокорунду – 250...315 мкм (25А, 25Н), лінійна швидкість тертя – 100 м/хв, навантаження у зоні лінійного контакту – 1,5 кг. Знос оцінювали за втратою маси зразків з точністю до $2 \cdot 10^{-4}$ г на електронній аналітичній вазі марки KERN ABJ 220 4М. Тривалість випробування 30 хв.

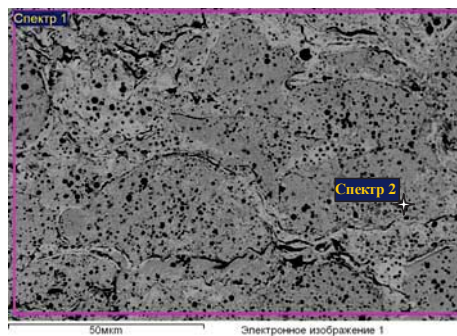
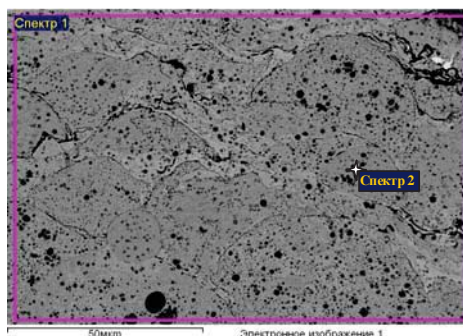
Корозійно-електрохімічні властивості покриттів оцінено в 3%-му розчині NaCl за температури $20 \pm 0,2$ °С. Характеристики корозійних процесів досліджували в потенціодинамічному режимі з використанням вольтамперометричної системи СВА-1БМ за триелектродною схемою: робочий електрод – покриття на сплаві Д16, електрод порівняння – хлоридсрібний типу ЭВЛ-1М1, допоміжний – платиновий. Швидкість зміни потенціалу 2 мВ/с. Поляризаційні криві використовували для визначення швидкості корозії та отримання інформації про характер корозійного процесу [7].

Для електрохімічних досліджень робочу частину поверхні зразка виокремлювали циліндричними комірками площею 2 см².

Результати експерименту. Структури покриттів, отриманих методами Diamond Jet Hybrid gun та JP5000 gun, практично не відрізняються між собою (рис. 1а, б) та мають ламелярну будову, де ламелі – це закристалізовані слабдеформовані краплини порошкової суміші. Це свідчить, що краплини, які розділені між собою ледь помітними прошарками оксидів, у момент удару об напилювану поверхню були у розплавленому стані лише з поверхні. Проте здебільшого між краплинами відбулось сплавлення без

оксидних прошарків. У матричній фазі покриттів на основі ферохрому виявлено розсіяні виділення карбідів ванадію круглої форми (чорні включення) розміром від 1 до 5 мкм. Поруватість покриття не перевищує 2 %.

Додавання порошку CoNi у склад порошкової суміші призводить до укрупнення карбідів ванадію у покритті, та набуття ними переважно неправильної форми (рис. 1в, з). Крім цього, в структурі покриття зустрічаються ламелі сплаву CoNi (ламелі світлого кольору). Поруватість дещо зменшується і становить 1...1,5 %.



Спектр 1		
Елемент	мас, %	ат, %
C	4,44	17,48
Si	0,35	0,59
V	17,58	16,33
Cr	13,09	11,92
Fe	62,84	53,24
W	1,70	0,44
Всього	100,00	

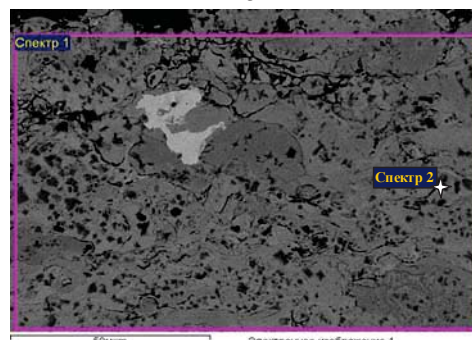
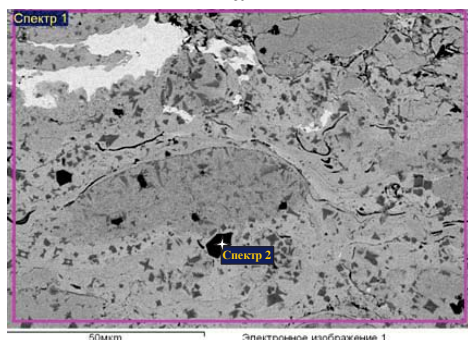
Спектр 2		
Елемент	мас, %	ат, %
C	12,49	38,21
V	76,34	55,08
Cr	6,19	4,38
Fe	2,91	1,92
W	2,07	0,41
Всього	100,00	

Спектр 1		
Елемент	мас, %	ат, %
C	5,60	21,07
Si	0,82	1,32
V	17,68	15,70
Cr	12,90	11,23
Fe	61,83	50,08
W	1,17	0,61
Всього	100,00	

Спектр 2		
Елемент	мас, %	ат, %
C	17,06	47,18
V	72,23	47,10
Cr	5,16	3,30
Fe	3,43	2,04
W	2,12	0,38
Всього	100,00	

а

б



Спектр 1		
Елемент	мас, %	ат, %
C	3,04	12,22
Si	1,78	3,06
V	18,44	17,46
Cr	25,04	23,23
Fe	38,11	32,91
Co	8,46	6,93
Ni	5,12	4,21
Всього	100,00	

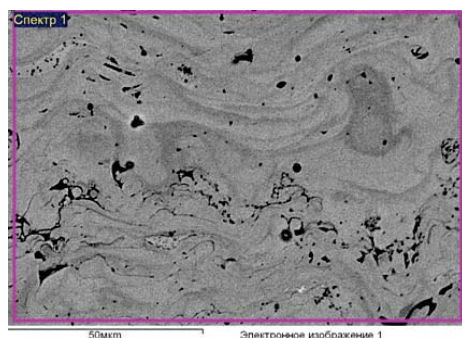
Спектр 2		
Елемент	мас, %	ат, %
C	3,22	12,68
V	40,29	37,42
Cr	34,70	31,57
Fe	18,92	16,03
Co	2,88	2,31
Всього	100,00	

Спектр 1		
Елемент	мас, %	ат, %
C	2,70	10,10
O	3,81	10,70
Si	1,74	2,79
V	18,82	16,62
Cr	24,84	21,49
Fe	37,29	30,04
Co	8,27	6,32
Ni	2,53	1,94
Всього	100,00	

Спектр 2		
Елемент	мас, %	ат, %
C	2,59	10,43
V	39,25	37,19
Cr	35,40	32,86
Fe	19,37	16,75
Co	3,39	2,78
Всього	100,00	

в

г



Спектр 1		
Еле-мент	мас, %	ат, %
C	4,47	16,17
O	3,54	9,62
Si	0,79	1,23
V	18,17	15,49
Cr	12,17	10,16
Fe	60,85	47,32
Всього	100,00	

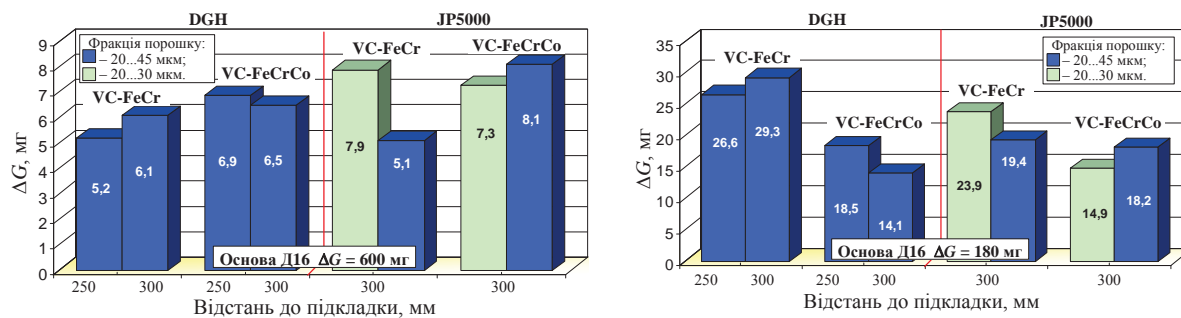
а – VC- FeCr Diamond Jet Hybrid; *б* – VC-FeCr JP5000 gun; *в* – VC-FeCrCo Diamond Jet Hybrid gun; *г* – VC-FeCrCo JP5000 gun, *д* – PSCDV

Рисунок 1 – Структура покриттів, отриманих методом HVOF

Джерело: розроблено автором

Покриття, отримані методом плазмового напилення у динамічному вакуумі, також мають ламелярну будову. Однак, на відміну від HVOF покриттів, більшість краплин практично сплавлені між собою, а ламелі сильно здеформовані, що свідчить про те, що краплини в момент удару об напилювану поверхню були повністю у розплавленому стані. Карбіди ванадію надзвичайно малі – менше 500 нм (рис. 1*д*). Поруватість такого покриття не перевищує 0,5 %.

За умов випробування жорстко закріпленим абразивом покриття напилені методами HVOF, а також PSCDV ($\Delta G = 7,1$ мг) мають вищу зносостійкість, порівняно зі сталлю ШХ15, загартованою на 60 HRC ($\Delta G = 30$ мг). Дещо вищу зносостійкість мають покриття отримані методом Diamond Jet Hybrid gun порівняно із JP5000 gun та PSCDV. Додавання порошку CoNi у порошок суміш знижує зносостійкість покриттів за таких умов випробування (рис. 2*а*).



а *б*
Рисунок – 2 Втрата маси зразків під час тертя жорстко закріпленими (*а*) та нежорстко закріпленими абразивними частинками (*б*)

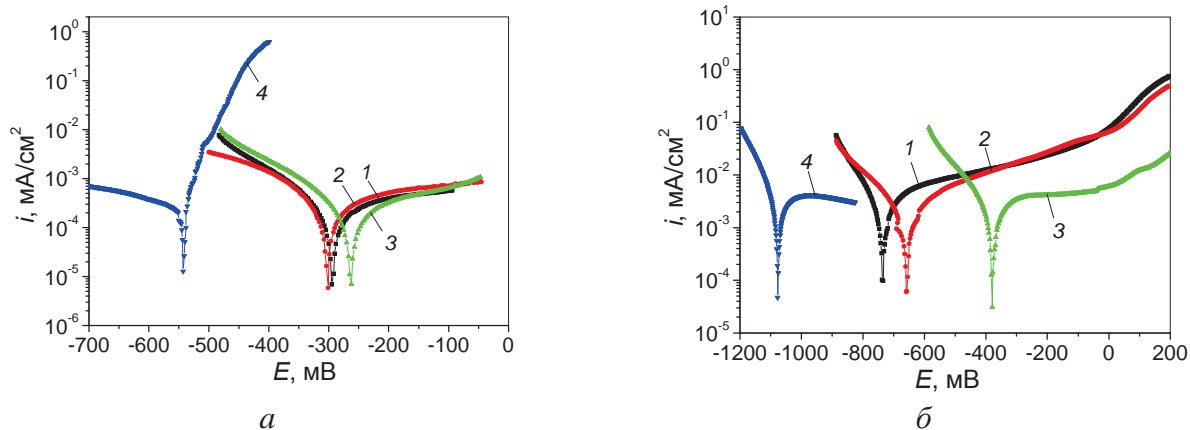
Джерело: розроблено автором

За умов випробування нежорстко закріпленим абразивом зносостійкість покриттів VC-FeCr та VC-FeCrCo у 3...5 разів вища, ніж в еталона зі сталі ШХ15 ($\Delta G = 69,5$ мг) (рис. 2*б*).

Додавання порошку CoNi у порошок суміш призводить до збільшення розміру карбідів ванадію від 0,5 до 10 мкм, що підвищує зносостійкість покриттів на 50...100 % для систем напилення Diamond Jet Hybrid gun та JP5000 gun.

Для з'ясування корозійно-електрохімічної поведінки одержаних методом HVOF та ПНПДВ покриттів було проведено потенціодинамічні дослідження в середовищі 3%

розчину NaCl. Було виявлено, що у початковий момент їх занурення в корозивне середовище (рис. 3а) поляризаційні криві зсуваються в позитивну область потенціалів відповідно на 250 мВ та 300 мВ, порівняно з основою. Форма кривих свідчить про ідентичність процесів, які відбуваються на електроді у катодній області потенціалів за цих умов. Анодні гілки потенціодинамічних поляризаційних кривих у середовищі NaCl типові для пасивних матеріалів з низькою густиною струму в широкій області потенціалів (рис. 3).



а – без експозиції; б – експозиція 8 днів.

Рисунок 3 – Потенціодинамічні криві покриттів системи VC-FeCr (1) та VC-FeCrCo (2, 3), одержаних HVOF (1, 2) та PSCDV (3) на сплаві Д16 (4) у середовищі 3%-го розчину NaCl

Джерело: розроблено автором

Густина струму пасивного стану для покриттів є порядку 10^{-3} mA/cm^2 . Поступове зміщення потенціалу в анодну область значень від потенціалу корозії супроводжується суттєвим зростанням швидкості розчинення з подальшою стабілізацією через 100...150 мВ. Анодні струми насичення для покриттів, одержаних методом HVOF майже однакові.

Проаналізувавши поляризаційні криві (рис. 3) можна встановити, що електрохімічна корозія основи у початковий момент протікає з катодним контролем ($b_k > b_a$), а покриттів – з анодним ($b_a > b_k$), причому поступове зміщення потенціалу в анодну область значень від потенціалу корозії супроводжується досить повільним зростанням швидкості розчинення без чітко вираженої області пасивності.

Експозиція покриттів впродовж 8 днів у корозивному середовищі спричиняє зміщення їх потенціалів корозії в катодну область, а електрохімічна корозія усіх зразків відбувається з анодним контролем. Лише на покритті отриманому методом PSCDV, простежуємо чітку виражену пасивну область (рис. 3б, крива 3). Під час довготривалих досліджень (рис. 4) встановили, що впродовж 8 днів стаціонарний потенціал покриттів не досягає потенціалу підкладки – сплаву Д16, який в 3%-му розчині NaCl становить ~ -800 мВ. Однак таке суттєве зміщення електродного потенціалу покриттів, одержаних методом HVOF (криві 1 та 2) від -100 мВ до -540 мВ свідчить про проникнення корозивного середовища через пори покриття до меж розділу електродугового покриття-підкладка. Такого ефекту не спостерігали для покриття VC-FeCrCo, отриманого методом PSCDV.

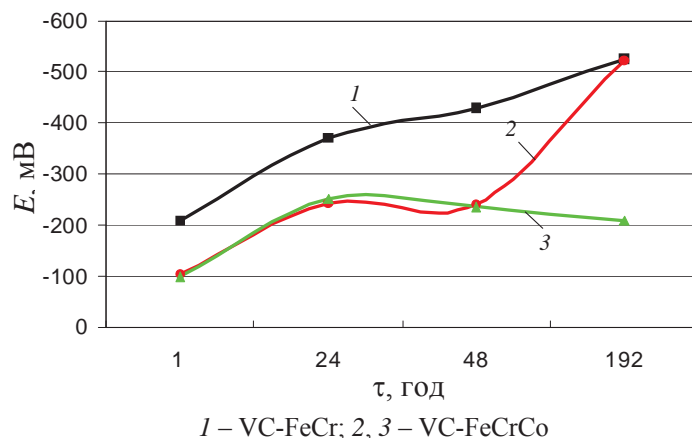


Рисунок 4 – Зміна електродного потенціалу в часі покриттів системи VC-FeCr та VC-FeCrCo, одержаних HVOF (1, 2) та PSCDV (3), на Д16, в середовищі 3%-го розчину NaCl

Джерело: розроблено автором

На рис. 5 підсумовано результати корозійно-електрохімічних досліджень покриттів на сплаві Д16, одержаних різними методами.

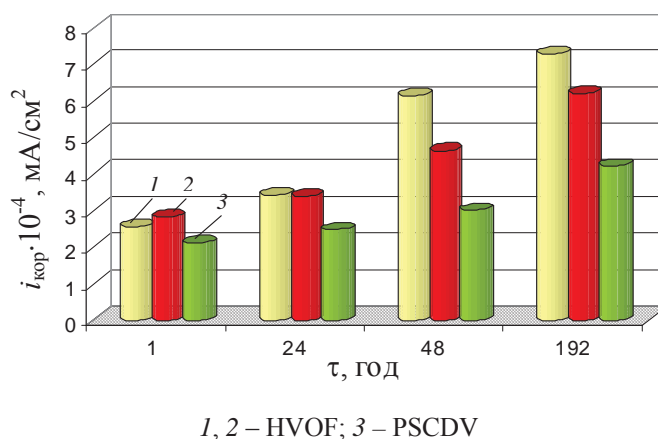


Рисунок 5 – Залежність корозійної тривкості покриттів системи VC-FeCr (1) та VC-FeCrCo (2, 3) в середовищі 3%-го розчину NaCl, від способу одержання

Джерело: розроблено автором

Виявлено, що покриття VC-FeCrCo, одержаний методом PSCDV, має найвищу корозійну тривкість, яка зумовлена його мінімальною поруватістю. Його струми корозії в 2 рази менші, порівняно з таким же, тільки одержаним методом HVOF. Через 24 год корозійна поведінка покриттів VC-FeCr та VC-FeCrCo ідентична, проте за подальшої експозиції в середовищі 3%-го розчину NaCl струми корозії покриттів VC-FeCr зростають інтенсивніше, що, ймовірно, пов'язано з його більшою поруватістю, яка суттєво збільшує площу взаємодії середовища з покриттям.

Висновки. Покриття на основі VC-FeCr, отриманий методом HVOF, має високу абразивну зносотривкість незалежно від виду палива. Додавання CoNi в напилюваний порошок спричиняє збільшення розмірів карбідних включень від 0,5 до 10 мкм, що призводить до зростання зносостійкості покриттів на 50...100 %.

Встановлено, що найвищу корозійну тривкість покриттів однакового хімічного складу визначає метод напилення, який забезпечує найменшу їх поруватість. Виявлено, що додаток кобальту у покриття VC-FeCrCo несуттєво підвищує його корозійну тривкість. Довготривала експозиція в 3%-му розчині NaCl покриттів із поруватістю

більше 0,5 % призводить до проникнення корозивного середовища до меж розділу покрив–підкладка, що може спричинити відшарування покриву.

Список літератури

1. Трибологічні властивості комбінованих метало-оксидних шарів на легких сплавах / М.М. Студент та ін. *Фіз.-хім. механіка матеріалів*, 2012. 48. №2. С.55–65.
2. Ступницький Т. Р., Студент М.М., Похмурська Г.В., Гвоздецький В.М. Оптимізація вмісту хрому в порошкових дротах системи Fe–Cr–C, Fe–Cr–B за корозійною тривкістю електродугових покриттів. *Фізико-хімічна механіка матеріалів*. Львів, 2016. Т. 52. №2. С.23–29.
3. Iron-based coatings arc-sprayed with cored wires for applications at elevated temperatures / B. Wielage et. al. *Surface & Coatings Technology*, 2013. P. 27-35.
4. Студент М. М., Похмурська Г. В., Задорожна Х. Р. Структура та зносотривкість покриттів VC-FeCr та VC-FeCrCo, отриманих надзвуковим газополуменим напиленням HVOF. *Фізико-хімічна механіка матеріалів*. Львів, 2018. Т. 54, №1. С.31–38.
5. Похмурська Г.В., Студент М.М., Похмурський В.І. Газотермічні покриття: навч. пос. Львів: “Простір-М”, 2017. 180 с.
6. Хрущов М.М., Бабичев М.А. Абразивное изнашивание. Москва: Наука. 1970. 272с.
7. Н.Д.Томашов, Н.П.Жук, В.А.Титов, Веденева М.А. Лабораторные работы по коррозии и защиты металлов. Изд-во “Металлургия”, 1971. 280 с.

References

1. Student, M.M., Dovhunya, V.M., Klaviv, M.D., Posuvajlo, V.M., Shmyrko V.V. et al. (2012). Tribological properties of composite metal-oxysydokeramichnyh alloy layers. *Fiz.-khim. mekhanika materialiv*, Vol. 48, 2, 55–65 [in Ukrainian].
2. T. R. Stupnyts'kyj, M.M. Student, H.V. Pokhmurs'ka, V.M. Hvozdets'kyj (2016). Optymizatsiia vmistu khromu v poroshkovykh drotakh systemy Fe–Cr–C, Fe–Cr–B za korozijnouiu tryvkistiu elektroduhovyykh pokryttiv [Optimization of chromium content in powder wires Fe–Cr–C, Fe–Cr–B by corrosion resistance of electric arc coatings]. *Fiz.-khim. mekhanika materialiv*, Vol. 52, 2. 23–29 [in Ukrainian].
3. Wielage, B., Pokhmurska, H., Student, M., Gvozdeckii, V., Styupnyckyj, T. et. al. (2013). Iron-based coatings arc-sprayed with cored wires for applications at elevated temperatures. *Surface & Coatings Technology* [in English].
4. Student, M. M., Pokhmurs'ka, H. V., Zadorozhna, Kh. R. (2018). Struktura ta znosotryvkist' pokryviv VC-FeCr ta VC-FeCrCo, otrymanykh nadzvukovym hazopolumenevym napyleniam HVOF [Structure and znosotryvkist covers VC-FeCr and VC-FeCrCo, received supersonic flame spraying]. *Fiz.-khim. mekhanika materialiv*, Vol.54, 1, 31–38 [in Ukrainian].
5. Pokhmurs'ka, H.V., Student, M.M., Pokhmurs'kyj, V.I. (2017). Hazotermichni pokryttia [Gas-thermal coatings]. L'viv: “Prostir-M” [in Ukrainian].
6. Hrushhov, M.M., Babichev, M.A. (1970). Abrazivnoe iznashivanie [Abrasive wear]. Moscow: Nauka [in Russian].
7. Tomashov, N.D., Zhuk, N.P., Titov, V.A., Vedeneva, M.A. (1971). Laboratornye raboty po korrozii i zashchity metallov [Laboratory work on corrosion and metal protection]. Izd-vo “Metallurgija” [in Russian].

Sergey Markovych, PhD tech. sci

Central'no Ukrainian national technical university, Kropivnizksj, Ukraine

Khrystyna Zadorozhna, post-graduate, **Halyna Veselivska**, PhD tech. Sci., **Volodumir Hvozdetskyi**, PhD tech. sci, **Yaruna Sirak**, post-graduate, **Yaroslav Koryn'**, engineer

Physico-mechanical institute by G.V.Karpenko of NAS of Ukraine

Structure, Wearproofness That Inoxidizability coverage of VC -FeCr and VC-FeCrCo, Got Supersonic Gas-flame Spray Method HvoF

The wear resistance and corrosion resistance of coatings superimposed with the supersonic gas-flame spray method (HVOF -High Velocity Oxygen Fuel Flame Spraying process, propane-oxygen fuel) have been studied. The coating was sprayed using Diamond Jet Hybrid gun (fuel propane-oxygen) and JP5000 gun (kerosene oxygen). For comparison, the method of plasma spray coating in dynamic vacuum (PSCDV) is used,

which provides the highest quality of gas-thermal coatings. Spray powders are made by mechanical alloyage using a planetary mill. The starting components for this were vanadium carbide powder, ferrochrome and nickel cobalt alloy. It has been established that wear resistance of sprayed coatings by these methods is 75 ... 100 times higher than the bases of D16, 3 ... 5 times higher than steel 100Cr6 (HRC60 for friction with hardened abrasive).

The corrosion and electrochemical properties of coatings in a 3% NaCl solution at a temperature of 20 ± 0.2 °C have been estimated and they have high corrosion strength, which correlates with their porosity. The long-term exposure of coated samples in a 3% NaCl solution leads to the penetration of aggressive media into the interface of the backing coating, which can cause subfilm corrosion and peeling of the coating. It has been established that the highest corrosion resistance has a VC-FeCrCo coating, the porosity of which does not exceed 0.5%, obtained by the plasma method in a dynamic vacuum. Its corrosion currents are 2 times lower compared with the same coating obtained by the HVOF method.

spray, coverage, structure, wearproofness, inoxidizability, supersonic gas-flame spray method, method of plasma spray of coatings in a dynamic vacuum

Одержано (Received) 20.11.2018

Прорецензовано (Reviewed) 22.11.2018

Прийнято до друку (Approved) 20.12.2018

УДК 631.374:631.362

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2018.48.110-117>

В.Л. Куликівський, канд. техн. наук, **В.М. Боровський**, ст. викл., **В.К. Палійчук**, доц., канд. техн. наук

Житомирський національний агроекологічний університет, м. Житомир, Україна

e-mail: kylikovskiy@ukr.net

Транспортування зерна сої гвинтовими робочими органами під час збирання та післязбиральної обробки

Представлено результати експериментальних досліджень технологічного процесу переміщення зерна сої, гвинтовими робочими органами збиральних та очисних машин, які були направлені на визначення раціональних конструктивно-технологічних параметрів транспортерів. Встановлено, що основний вплив на травмування зернового матеріалу транспортером мають зазор між витками і кожухом, частота обертання гвинтового робочого органу та вологість насіння сої.

вологість насіння, гвинтовий робочий орган, зерновий матеріал, параметри, травмування, транспортування, соя

В.Л. Куликовский, канд. техн. наук, **В.Н. Боровский**, ст. преп., **В.К. Палийчук**, доц., канд. техн. наук

Житомирский национальный агроэкологический университет, г. Житомир, Украина

Транспортировка зерна сои винтовыми рабочими органами при уборке и послеуборочной обработке

Представлены результаты экспериментальных исследований технологического процесса перемещения зерна сои, винтовыми рабочими органами уборочных и очистительных машин, которые были направлены на определение рациональных конструктивно-технологических параметров транспортеров. Установлено, что основное влияние на повреждение зернового материала транспортером имеют зазор между витками и кожухом, частота вращения винтового рабочего органа и влажность семян сои.

влажность семян, винтовой рабочий орган, зерновой материал, параметры, повреждение, транспортировка, соя

© В.Л. Куликівський, В.М. Боровський, В.К. Палійчук, 2018