

and 36 $\mu\text{m}/\text{km}$ when using Litol 24 lubricant.

It was found that the intensity of the increase in the gap in the friction pair when using a porous polymer coating based on a polyamide epoxy composition as a counter body in a metal–polymer friction pair, under lubrication conditions with Litol, is 1.64 times less than when using such coatings without pores. The obtained porous coatings showed higher wear resistance when using water as a lubricant (1.1 times less than that of the base one). The results obtained confirm that the creation of a porous surface layer in the coating of the polymer composition will contribute to an increase in the service life of the recovered friction pairs by replacing the usual metal–metal pair with a metal–polymer one.

wear and tear, coating, wear and tear resistance, lubricants

Одержано (Received) 10.12.2020

Прорецензовано (Reviewed) 17.12.2020

Прийнято до друку (Approved) 21.12.2020

УДК 621.432

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2020.50.188-195>

М.М. Студент, проф., д-р техн. наук, ст. наук. співр., **М.Я. Головчук**, асп., **В.М. Гвоздецький**, канд. техн. наук, ст. наук. співр., **Г.Г. Веселівська**, канд. техн. наук, ст. наук. співр.

Фізико-механічний інститут НАН України, м. Львів, Україна

e-mail: student.phmi@gmail.com, e-mail: fminanu1978@gmail.com, e-mail: golovchuk86@gmail.com, e-mail: gvosdetcki@gmail.com

С.І. Маркович, доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

e-mail: markob0@ukr.net

Р.А. Яцюк, доц., канд. техн. наук

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

Вплив складу шихтових матеріалів порошкових дротів на механічні характеристики та корозійну стійкість електродугових покриттів

Встановлено вплив шихтових матеріалів порошкових дротів на їх механічні характеристики, хімічну мікрогетерогенність та корозійну стійкість у середовищі водного розчину 3%NaCl. Показано, що на відміну від покриттів із суцільних дротів покриття, напилені із використанням порошкових дротів (ПД), мають високу хімічну гетерогенність. Це зумовлено тим, що краплини, які диспергуються із розплаву ПД та формують покриття мають неоднаковий хімічний склад. Спричинено це неповним сплавленням шихти та сталеві оболонки на торцях ПД під час електродугового напилення покриттів. Для зменшення хімічної мікро гетерогенності запропоновано у шихту порошкового дроту що містить хром, бор, вуглець місткі компоненти (Cr, ФХ, ПГ-100, В₄С, ФХБ) додавати порошки феросплавів FeSi, FeMn та самофлюсу ПГ-10Н-01, які сприяють утворенню евтектик між складниками шихти, гомогенізують розплав ПД та, як наслідок, зменшують мікрогетерогенність покриттів. Наявність у шихті ПД 90Х17РГС та ПД 75Х19Р3ГС2 хрому, ферохрому, ферокремнію та феромарганцю зумовлює мінімальну хімічну мікрогетерогенність покриттів з цих дротів і, як наслідок забезпечує їх високу корозійну тривкість, що наближається до корозійної тривкості наржавної сталі Х18Н9Т.

покриття, порошкові дроти, мікро гетерогенність, мікротвердість, корозійна тривкість

М.М. Студент, проф., д-р техн. наук, ст. научн. сотр., **М.Я. Головчук**, асп., **В.М. Гвоздецький**, канд. техн. наук, ст. научн. сотр., **Г.Г. Веселівська**, канд. техн. наук, ст. научн. сотр.

Физико-механический институт НАН Украины, г. Львов, Украина

С.І. Маркович, доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет, г. Кропивницький, Украина

Р.А. Яцюк, доц., канд. техн. наук

Національний університет «Львівська політехніка», г. Львов, Украина

Влияние состава шихтовых материалов порошковых проволок на механические характеристики и коррозионную стойкость электродуговых покрытий

Установлено влияние шихтовых материалов порошковых проволок на их механические характеристики, химическую микрогетерогенность и коррозионную стойкость в среде водного раствора 3% NaCl. Показано, что в отличие от покрытий из сплошных проводов покрытия, напыленные с использованием порошковых проволок (ПД), имеют высокую химическую гетерогенность. Это обусловлено тем, что капли, которые диспергируются с расплава ПД и формируют покрытия имеют неодинаковый химический состав. Причины этого вызваны неполным сплавлением шихты и стальной оболочки на торцах ПД при электродуговом напылении покрытий. Для уменьшения химической микрогетерогенности предложено в шихту порошковой проволоки содержащей хром, бор, углерод вместительные компоненты (Cr, ФХ, ПГ-100, В4С, ФХБ) добавлять порошки ферросплавов FeSi, FeMn и самофлюса ПГ-10Н-01, которые способствуют образованию эвтектик между составляющими шихты, гомогенизируют расплав ПД и, как следствие, уменьшают микрогетерогенность покрытий. Наличие в шихте ПД 90Х17РГС и ПД 75Х19РЗГС2 хрома, феррохрома, феррокремния и ферромарганца приводит к минимальной химической микрогетерогенности покрытий из этих проволок и, как следствие обеспечивает их высокую коррозионную стойкость, которая приближается к коррозионной стойкости нержавеющей стали Х18Н9Т.

покрытия, порошковые проволоки, микрогетерогенность, микротвердость, коррозионная стойкость

Постановка проблеми. Електродугове напилення покриттів широко використовується у промисловості, для відновлення розмірів деталей машин а також для захисту від абразивного та газоабразивного зношування, як за кімнатних так і за підвищених температур [1-3]. Електродугові покриття, напилені суцільними, однорідними за складом дротами, достатньо гомогенні за хімічним складом. Разом з тим, як правило, їх хімічний склад істотно відрізнявся від складу дроту, розпиленням якого отримували покриття. Це відбувалося внаслідок інтенсивного вигорання вуглецю із розплавлених краплин, випаровування елементів, яким властива висока пружність дисоціації парів (таких як Zn, Mn, Cr), окиснення Al, Ti, Cr і Fe з утворенням оксидних фаз.

На відміну від покриттів із суцільних дротів, покриття, напилені із використанням порошкових дротів (ПД), мають високу хімічну гетерогенність. Це зумовлено тим, що краплини, які диспергуються із розплаву ПД та формують покриття мають неоднаковий хімічний склад. Спричинено це неповним сплавленням шихти та сталеві оболонки на торцях ПД під час електродугового напилення покриттів. Ванна розплавленого металу, яка формується на торцях ПД під час напилювання покриттів, вже впродовж долей секунди подрібнюється повітряним струменем на дрібні краплі розплавленого металу. Тому шихта, що містить легувальні елементи, не встигає розчинитися і змішатися з розплавом сталеві оболонки. Як наслідок, дисперговані повітряним струменем краплини мають різний хімічний склад, а, отже, формують високо неоднорідні покриття зі значною хімічною гетерогенністю. Така хімічна гетерогенність отриманих покриттів буде суттєво впливати на їх фізико-механічні характеристики як за кімнатної, так і за підвищеної температури і особливо відчутно за дії корозивних середовищ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведений огляд літературних джерел показав, що ПД, які використовуються як витратні електродні матеріали для

електродугового напилення покриттів, дають змогу отримувати покриття із високими експлуатаційними характеристиками [4-6]. Електродугові покриття із ПД застосовують для відновлення геометричних розмірів деталей машин, для захисту від абразивного зношування як за кімнатних так і за підвищених температур а також для захисту від корозійно-абразивного зношування у технологічних середовищах [7,8]. Однак висока хімічна гетерогенність особливо за вмістом хрому в окремих ламелях покриття утворює гальванічні пари в корозійних середовищах та швидко виводить із ладу покриття. Тому пошук шляхів підвищення хімічної гетерогенності покриттів із ПД є актуальним завданням.

Постановка завдання. Для ефективного застосування відновлених деталей електродуговим напиленням покриттів із ПД за наявності корозійних середовищ необхідно встановити взаємозв'язок між компонентами шихти ПД та хімічною гетерогенністю покриттів.. Наявність цієї інформації дозволить розробляти нові порошкові дроти для електродугового напилення зносостійких покриттів із підвищеним вмістом легувальних елементів для експлуатації в робочих корозивних середовищах.

Виклад основного матеріалу. Електродугові покриття отримували на оригінальному обладнанні, розробленому та виготовленому у Фізико-механічному інституті ім. Г. В. Карпенка НАН України (рис.1). Для напилювання використовували модельні ПД базових систем легування Fe–Cr–C та Fe–Cr–V діаметром 2,0 мм.

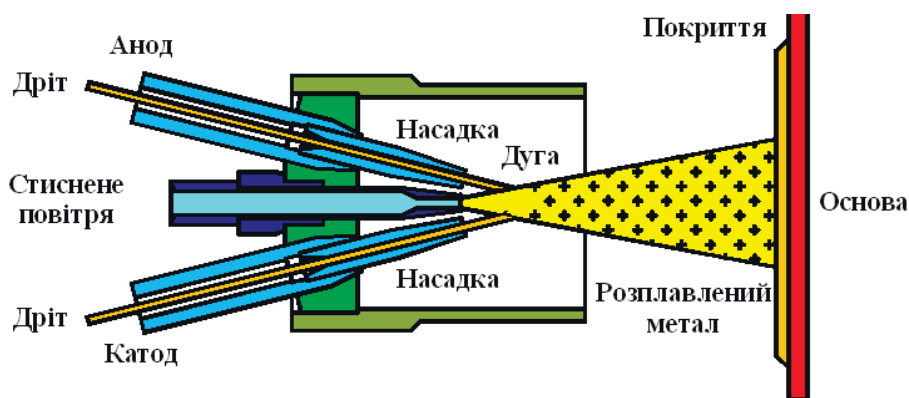


Рисунок 1 – Типова схема формування електродугових покриттів

Для кількісного оцінювання величини хімічної гетерогенності електродугових покриттів використали показник хімічної мікрогетерогенності у вигляді коефіцієнта K_{MG} , який визначається з виразу:

$$K_{MG} = \left(\sum_{i=1}^n |c_{сер} - c_i| \right) / n \times c_{сер},$$

де n – кількість прямокутних ділянок площею $35 \cdot 10^{-4} \text{ мм}^2$, виділених на фото мікроструктури покриттів, на яких мікрорентгенівським спектральним аналізом визначали вміст кожного елемента c_i в межах окремих ламелей та середній вміст елемента $c_{сер}$ у покриттях.

Для того, щоб отримувати електродугові покриття із високою корозійною тривкістю в агресивних середовищах необхідно забезпечити низьку хімічну мікрогетерогенність покриттів та достатньо високий (понад 12 мас. %) вміст хрому в кожній з його ламелей.

Вибір компонентів шихти порошкових дротів для мінімізації хімічної мікрогетерогенності електродугових покриттів

Для зменшення хімічної мікрогетерогенності покриттів до складу шихти ПД запропоновано додавати інгредієнти, які здатні утворювати евтектики з низькою температурою плавлення та можуть розчиняти у собі такі тугоплавкі компоненти шихти як карбіди, бориди, тугоплавкі метали та сплави.

Крім того, евтектичним сплавам з низькою температурою плавлення властиві також ще і самофлюсні властивості. Завдяки цьому такі сплави можуть взаємодіяти із тугоплавкими оксидами (зокрема такими як Cr_2O_3 та Al_2O_3 , температура плавлення яких $T_{\text{пл}}$ становить 2435 та 2050 °C відповідно) з утворенням оксидних сполук, плавлення яких відбувається за значно нижчих температур.

При розробленні складу ПД для електродугового напилювання покриттів, які мають експлуатуватися за умов абразивного зношування в корозивних середовищах, необхідно використовувати ПД якомога найменшого діаметру. Однак це не завжди можливо здійснити, оскільки важко забезпечити необхідний вміст хром, вуглець та бор містких компонентів у складі шихти ПД невеликого діаметру.

Тому для того щоб вміст хрому у кожній з ламелей покриття перевищував 12 мас. % (щоб забезпечити необхідну корозійну стійкість покриттям) необхідно було використовувати ПД більшого діаметра - 2,2 мм.

Для розроблення дослідних партій ПД було досліджено 6 ПД із різними компонентами шихти. Це перш за все хром, бор, вуглець місткі компоненти (Cr, ФХ, ПГ-100, B_4C , ФХБ) з додаванням FeSi, FeMn та самофлюсу ПГ-10Н-01, які сприяють утворенню евтектик між складниками шихти, гомогенізують розплав ПД та, як наслідок, зменшують мікрогетерогенність покриттів рис. 2.

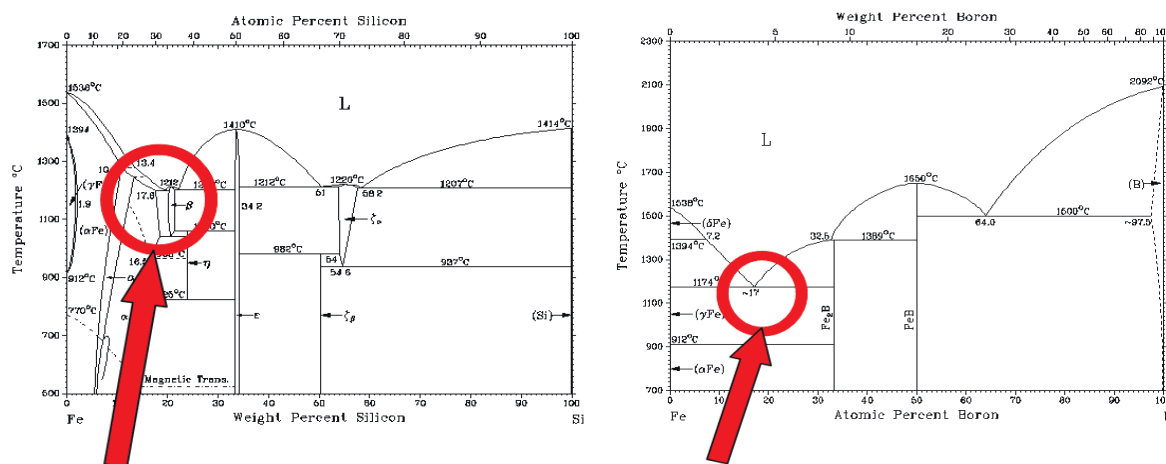


Рисунок 2. - Діаграма стану для таких компонентів як залізо та кремній, що можуть утворювати легкоплавку евтектику Fe-Si, температура плавлення якої становить 1212 °C

Джерело: розроблено авторами

Таблиця 1 - Склад ПД та механічні характеристики покриттів із ПД для напилювання корозійностійких покриттів

| Хімічний склад дроту (компонентний склад шихти) | Середній вміст Cr у ламелях, мас. % | K_{MG} | Залишкові напруження розтягу, МПа | Когезивна міцність, МПа | Мікро-твердість, HV _{0,3} | Струм корозії, 10 ⁻⁴ мА |
|---|-------------------------------------|----------|-----------------------------------|-------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| №1 ПД 60X15P2ГС склад шихти (Cr+B ₄ C+FeSi+FeMn) | 14,5 | 0,07 | 23,6 | 140 | 560 | 6 |
| №2: ПД 20X16P3H2ГС склад шихти (FeCrB ₂ + Cr + ПГ10-Н-01) | 16,4 | 0,06 | 41,9 | 100 | 690 | 5 |
| №3 ПД 90X17PГС склад шихти (FeCrB ₂ + ФХ+Cr+ FeSi+FeMn) | 17,4 | 0,05 | 76,9 | 185 | 625 | 2 |
| №4 ПД 75X19P3C2 склад шихти (Cr+B ₄ C + FeSi) | 18,6 | 0,1 | 66,8 | 150 | 545 | 5 |
| №5 ПД Х17P3СЮ склад шихти (FeCrB ₂ +Cr+ FeSi) | 17,1 | 0,15 | 6,17 | 80 | 700 | 14 |

Джерело: розроблено авторами

Найбільшу твердість показало покриття з порошкових дротів ПД 20X16P3H2СЮ та ПД Х17P3СЮ. Високу твердість цим покриттям забезпечила наявність у шихті ПД 3 мас. % бору. Бор вводили до шихти цих ПД у вигляді ферохромбору ФХБ-2. Фазовий аналіз таких покриттів показав, що у їх феритній структурі є дрібнодисперсні виділення боридів FeCrB та FeCr₂B. Однак когезивна міцність таких покриттів не перевищувала 100 МПа. Це зумовлено тим, що під час їх напилювання у структурі покриттів виникали напруження розтягу першого роду. Такі напруження могли спричинити появу тріщин у покриттях під час їх наступного механічного оброблення. Для відповідальних деталей перед нанесенням на їх поверхню покриттів із таких ПД необхідно використовувати підігрівання основи до 150...200 °С. Додавання до шихти ПД карбіду бору (як бор місткого компонента) не забезпечив достатньо високої твердості цим покриттям. Очевидно, що в цьому випадку частинки карбіду бору не повністю розчинялись у розплаві ПД, із якого формувалося покриття. Значна частина частинок карбіду бору вивувалася із шихти ПД повітряним струменем під час напилювання покриттів.

Дещо меншу твердість показали покриття із ПД 90X17PГС. Таку твердість забезпечила їм мартенситна матриця, додатково зміцнена дрібнодисперсними включеннями боридів FeCr₂B. Покриття із такого ПД мають суттєво вищу когезивну міцність (до 185 МПа) та низький рівень залишкових напружень першого роду за рахунок мартенситної матриці. Адже внаслідок остигання краплин на поверхні напилюваної деталі покриття зменшується в розмірах. Це зумовлює формування колових напружень першого роду. Оскільки коефіцієнт термічного розширення мартенситу є найнижчим, а аустеніту найвищим, то внаслідок формування матричної

фази мартенситу у покриттях виникали лише незначні напруження розтягу. Такі покриття легше обробляти оскільки для їх механічного оброблення можна застосовувати значно жорсткіші режими шліфування без загрози виникнення у них тріщин чи відшарування отриманих покриттів від підкладки.

Корозійна тривкість електродугових покриттів із розроблених ПД після їх різної експозиції в 3%-му водному розчині NaCl

З використанням потенціодинамічних досліджень дослідили закономірності взаємодії електродугових покриттів з розроблених ПД, які відрізнялися за складом шихти, з 3% розчином NaCl. З поляризаційних кривих зробили висновок, що аналізовані покриття з усіх розроблених ПД суттєво не відрізняються за характером їх корозійної взаємодії з середовищем.

За тривалості витримування зразків із розробленими електродуговими покриттями у корозивному середовищі понад 2 доби їх струми корозії зростали, тобто зменшувалася корозійна тривкість цих покриттів рис.3.. Причиною цього є їх наскрізна поруватість. За тривалого витримування середовище просочувалося в напрямі до сталевій основи. При цьому площа взаємодії середовища і покриття збільшувалася. Крім того за значної пористості покриттів середовище могло проникати безпосередньо до сталевій основи (сталь 20) і викликати підплівкову корозію, внаслідок якої виникали умови для відшарування покриття. Просочування покриттів інгібіторами корозії може стати ефективним запобіжним заходом проти виникнення підплівкової корозії.

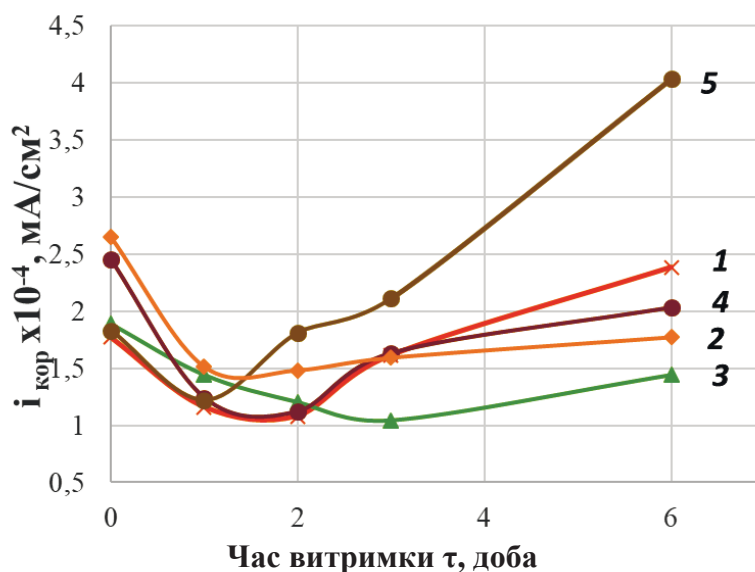


Рисунок 3 - Корозійна тривкість електродугових покриттів з різних ПД (1 - ПД 60X15P2ГС, 2 – ПД 20X16P3Н2СЮ, 3 - ПД 90X17PГС, 4 – ПД 75X19P3С2, 5 - ПД X17P3СЮ) залежно від їх експозиції в 3% розчині NaCl

Джерело: розроблено авторами

Виявлено (табл. 1), що збільшення вмісту хрому у покриттях системи Fe-Cr-C-V від 12 до 17 мас. % проявилось зниженням струмів корозії, що пояснили формуванням мартенситу - матричної фази у структурі покриттів із розподіленими на її фоні боридами на основі хрому. За низького вмісту хрому у ПД, частина хрому під час формування покриттів витрачається на утворення боридів. Внаслідок цього в твердому розчині хрому залишається менше. Це призводить до значної мікрогетерогенності покриття через різницю за вмістом хрому в різних лам елях. Як наслідок виникає велика кількість гальванічних пар, що інтенсифікує електрохімічну корозію.

Наявність у шихті ПД 90X17PГC та ПД 75X19P3ГC2 хрому, ферохрому, ферокремнію та феромарганцю спричинила мінімальну хімічну мікрогетерогенність покриттів з цих дротів і, як наслідок, їх високу корозійну тривкість, що наближалася до корозійної тривкості нержавної сталі X18H9T. Наявність у шихті ПД №2 ферохромобору, хрому та самофлюсної лігатури ПГ-10-Н-01 забезпечило високий вміст хрому у покритті, низький коефіцієнт мікрогетерогенності та високу корозійну тривкість табл. 2.

Таблиця 2 – Властивості ПД, запропонованих для виготовлення дослідних партій

| Марка дроту | Коефіцієнт мікрогетерогенності K_{MG} | Струм корозії, mA/cm^2 |
|-----------------------|---|--|
| №3 90X17PГC | 0,06 | 0,0002 |
| №5 75X19P3C2 | 0,06 | 0,0002 |
| Нержавна сталь X18H9T | - | 0,0001 |

Джерело: розроблено авторами

Висновки:

1. Для підвищення повноти сплавлення компонентів шихти ПД між собою та його сталеву оболонку запропоновано додавати до шихти ПД порошки феросплавів Fe-Mn, Fe-Si, які мають низьку температуру плавлення, здатні взаємодіяти із тугоплавкими компонентами шихти з утворенням низькотемпературних евтектик.

2. Додавання до складу шихти на основі ферохромобору та ферохрому порошоків ферокремнію, феромарганцю та самофлюсного сплаву ПН-10Н-01 забезпечило високу твердість електродугових покриттів, малу їх гетерогенність за вмістом хрому у ламелях покриття і, як наслідок, високу корозійну тривкість на рівні нержавної сталі.

Список літератури

- Effect of high-temperature corrosion on the gas-abrasive resistance of electric-arc coatings / M. M. Student, H. V. Pokhmurs'ka, V. V. Hvozdet's'kyi, M. Ya. Holovchuk, M. S. Romaniv. *Materials Science*. 2009. Vol.44, №4. P. 481-489.
- Influence of the composition of charge of powder wires on the structure and properties of electric-arc coatings / H. V. Pokhmurs'ka, M. Ya. Holovchuk, Yu. V. Dz'oba, V. M. Hvozdet's'kyi, L. V. Dzyubyk. *Materials Science*. 2018. Vol.53, №6. P. 868-874.
- М. М. Студент, М. Я. Головчук, В. М. Гвоздецький. Вплив хімічного складу порошкових дротів на структуру та зносостійкість покриттів різного хімічного складу. *Проблеми трибології*. 2017. №3. С. 56-61.
- Korobov Yury. Arc-Sprayed Fe-Based Coatings from Cored Wires for Wear and Corrosion Protection in Power Engineering *Coatings*. 2018. Vol. 8(2), 71.
- Структура и свойства электродуговых покрытий на основе феробора, полученных из порошковых проволок / А. Л. Борисова, И. В. Миц, Т. В. Кайда [и др.]. *Автоматическая сварка*. 1991. 9. С. 66 – 68.
- Dallaire S., Levert H. Synthesis and deposition of TiB_2 containing materials by arc spraying. *Surface and Coatings Technology*. 1992. 50, 2, P. 241 – 248.
- Багатофункціональні електродугові покриття / М.М. Студент та ін.; Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАНУ, Видавництво "Простір-М", 350. С. 2018.
- Microstructural Characterization and Wear Properties of Fe-Based Amorphous-Crystalline Coating Deposited by Twin Wire Arc Spraying / Ana Arizmendi-Morquecho, Araceli Campa-Castilla, C. Leyva-Porras, Josué Almicar Aguilar Martinez, Gregorio Vargas Gutiérrez, Karla Judith Moreno Bello, L. López López. *Advances in Materials Science and Engineering*. 2014, Vol. 2014. |Article ID 836739 <https://doi.org/10.1155/2014/836739>

Referencis

1. Student, M.M., Pokhmurs'ka, H.V., Hvozdet's'kyi, V.V., Holovchuk, M. Ya. & Romaniv, M.S. (2009). Effect of high-temperature corrosion on the gas-abrasive resistance of electric-arc coatings. *Materials Science*. Vol.44, 4, 481-489 [in English].
2. Pokhmurs'ka, H.V., Holovchuk, M.Ya., Dz'oba, Yu. V., Hvozdet's'kyi, V.M. & Dzyubyk L.V. (2018). Influence of the composition of charge of powder wires on the structure and properties of electric-arc coatings. *Materials Science*, Vol.53, 6, 868-874 [in English].
3. Student, M.M., Holovchuk, M.Ya. & Hvozdet's'kyj, V.M. (2017). Vplyv khimichnoho skladu poroshkovykh drotiv na strukturu ta znosostyjkist' pokryttiv riznoho khimichnoho skladu [Influence of chemical composition of flux-cored wires on the structure and wear resistance of coatings of different chemical composition]. *Problemy trybolohii – Problems of tribology*, 3, 56-61 [in Ukrainian].
4. Korobov Yury (2018). Arc-Sprayed Fe-Based Coatings from Cored Wires for Wear and Corrosion Protection in Power Engineering. *Coatings*, 8(2), 71 [in English].
5. Borisova, A.L. et al. (1991). Struktura i svojstva jelektrodugovykh pokrytij na osnove ferobora, poluchennyh iz poroshkovykh provolok [Structure and properties of ferrobora-based electric arc coatings obtained from flux-cored wires]. *Avtomaticheskaja svarka – Automatic welding*, 9, 66 – 68 [in Russian].
6. Dallaire, S. & Levert, H. (1992). Synthesis and deposition of TiB₂ containing materials by arc spraying. *Surface and Coatings Technology*, 50, 2, 241 – 248 [in English].
7. Student, M.M., Pokhmurs'ka, H.V., Hvozdet's'kyj, V.M., Stupnyts'kyj, T.R., Posuvajlo, V.M. & Markovych, S.I. (2018). *Bahatofunktsional'ni elektroduhovi pokryttia [Multifunctional electric arc coatings]*. Vydavnytstvo “Prostir-M” [in Ukrainian].
8. Ana Arizmendi-Morquecho, Araceli Campa-Castilla, C. Leyva-Porras, Josué Almicar Aguilar Martinez, Gregorio Vargas Gutiérrez, Karla Judith Moreno Bello, L. López López (2014). Microstructural Characterization and Wear Properties of Fe-Based Amorphous-Crystalline Coating Deposited by Twin Wire Arc Spraying. *Advances in Materials Science and Engineering*, Vol. 2014. |Article ID 836739 <https://doi.org/10.1155/2014/836739> [in English].

Mykhajlo Student, Prof., DSc., Senior Researcher, **Myroslav Golovchuk**, post-graduate, **Volodymyr Hvozdet'skii**, PhD tech. sci., Senior Researcher, **Halyna Veselivska**, PhD tech. sci., Senior Researcher
Karpenko Physico-Mechanical Institute of NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine

Sergiy Markovych, Assos. Prof., PhD tech. sci.

Central Ukrainian National Technical University, Kropivnitskiy, Ukraine

Rostyslav Yatsyuk, Assos. Prof., PhD tech. sci., Senior Researcher

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

Influence of Composition of Charge Materials of Flux-cored Wires on Mechanical Characteristics and Corrosion Resistance of Electric Arc Coatings

The influence of charge materials of flux-cored wires on their mechanical characteristics, chemical microheterogeneity and corrosion resistance in an aqueous solution of 3% NaCl was established. It is shown that, in contrast to coatings made of solid wires, coatings sprayed using flux-cored wires (PO) have a high chemical heterogeneity. This is due to the fact that the droplets that disperse from the PD melt and form a coating have different chemical compositions. This is caused by incomplete fusion of the charge and steel shell at the ends of the PD during electric arc spraying of coatings. To reduce the chemical micro-heterogeneity, it is proposed to add powders of ferroalloys FeSi, FeMn and self-flux PG-10H-01 to the charge of powder wire containing chromium, boron, carbon-containing components (Cr, FH, PG-100, B4C, FCB) between the components of the charge, homogenize the melt of PD and, as a consequence, reduce the microheterogeneity of the coatings. The presence of chromium, ferrochrome, ferro-silicon and ferromanganese in the charge of PD 90X17PGC and PD 75X19P3GC2 determines the minimum chemical microheterogeneity of coatings from these wires and, as a result, ensures their high corrosion resistance, which is close to corrosion steel18.

To increase the completeness of fusion of the components of the PD charge between itself and its steel shell, it is proposed to add to the PD charge powders of ferroalloys Fe-Mn, Fe-Si, which have a low melting point, able to interact with refractory components of the charge to form low-temperature eutectics.

The addition of ferro-silicon, ferromanganese and self-flux alloy PN-10H-01 powders based on ferrochrombor and ferrochrome provided high hardness of electric arc coatings, low heterogeneity in terms of chromium content in coating lamellae and, as a consequence, high corrosion resistance.

coating, flux-cored wires, micro heterogeneity, microhardness, corrosion resistance

Одержано (Received) 11.12.2020

Прорецензовано (Reviewed) 17.12.2020

Прийнято до друку (Approved) 21.12.2020