

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ РОБОТИ НТЦ «ПРОМАВТОСВАРКА» У ГАЛУЗІ МЕТАЛІЗАЦІЇ

Електродугова металізація (ЕДМ) як різновид газотермічних технологій нанесення покриттів є одним із способів обробки поверхні матеріалів, що застосовується в різних галузях промисловості вже кілька десятиліть. Основне призначення покриттів, отриманих способом ЕДМ, полягає в отриманні на поверхні об'єкта тонкого шару матеріалу з особливими властивостями (корозійна стійкість, антифрикційні властивості, висока твердість та зносостійкість, жаростійкість тощо). При цьому якість покриття повинна відповідати вимогам Замовника та нормативно-технічної документації, відповідно до якої здійснюється виготовлення чи ремонт деталі (вузла, конструкції).

Як правило, якість покриття контролюється на технологічних зразках-свідках, що виготовляються на етапі відпрацювання технології та підготовки виробництва і включає наступні процедури:

- візуальний огляд поверхні покриття на предмет однорідності покриття та відсутності зовнішніх дефектів (сколів, відшарування, здуття, тріщин, пор);
- визначення величини адгезійної міцності зчеплення покриття з матеріалом основи;
- визначення процентного вмісту мікропор за товщиною металізаційного шару;
- замір твердості покриття;
- металграфічні дослідження структури металізаційного покриття;
- проведення спеціальних випробувань (наприклад, визначення стійкості газоабразивному зносу, опір механічному стиранню та ін.).

Науково-технологічний центр «Промавтосварка», який є розробником та виробником обладнання для електродугової металізації (рис. 1), паралельно з роботами з удосконалення конструкції металізаторів, спільно з ІЕЗ ім. Є.О. Патона проводить пошукові роботи з відпрацювання технології нанесення покриттів із застосуванням різних за складом зварювальних та наплавлювальних дротів.

Слід зазначити, що дослідні роботи проводилися з метою використання результатів випробувань

для вирішення конкретних проблем, що існують у реальному промисловому виробництві, а саме:

- збільшення терміну міжремонтної експлуатації металоконструкцій за рахунок нанесення на поверхню шару протекторного захисту відповідно до вимог ДСТУ Б.В.2-6.193-2013 (напилення цинку, рис. 2);



Рис. 2. Опора кріплення обладнання мобільного зв'язку



Рис. 3. Вкладыш підшипника живильного насосу ТЕЦ до ремонту

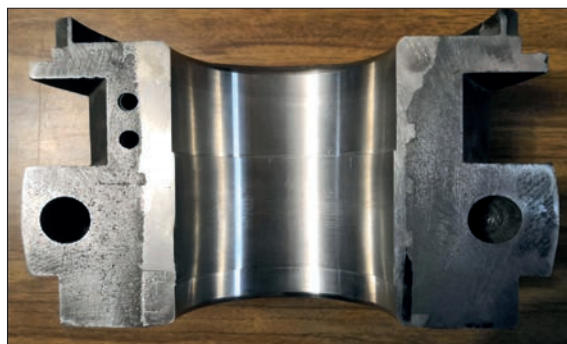


Рис. 4. Вкладыш підшипника живильного насосу ТЕЦ після ремонту, проведеного методом електродугової металізації



Рис. 1. Комплекс для дугової металізації КЕМ-1



Рис. 5. Фрагмент поверхні охолодження котла-утилизатора

– створення ефективної технології ремонту локальних дефектів антифрикційного шару підшипників рідинного тертя (рис. 3 та рис. 4);

– збільшення ресурсу роботи газоохолоджувального обладнання в металургійному виробництві за рахунок нанесення на поверхні теплообміну, схильних до газообразивного зносу, зносостійкого шару на основі карбідів і карбонітридів (рис. 5).

Досліджені зразки піддавалися різним випробуванням в акредитованих лабораторіях. Починаючи з 2018 р., випробування дослідних зразків проводилися у наступних організаціях:

1. ДП «НДІ високої напруги», м. Слов'янськ – випробування на міцність зчеплення цинкового покриття з металом основи. Випробування проводилися методом нагрівання згідно з ГОСТ 9.307-89 (п.4.4.3) «Цинкові покриття гарячі. Загальні вимоги та методи контролю» та ГОСТ 9.302-88 (п.5.9) «Покриття металеві та неметалеві. Методи контролю».

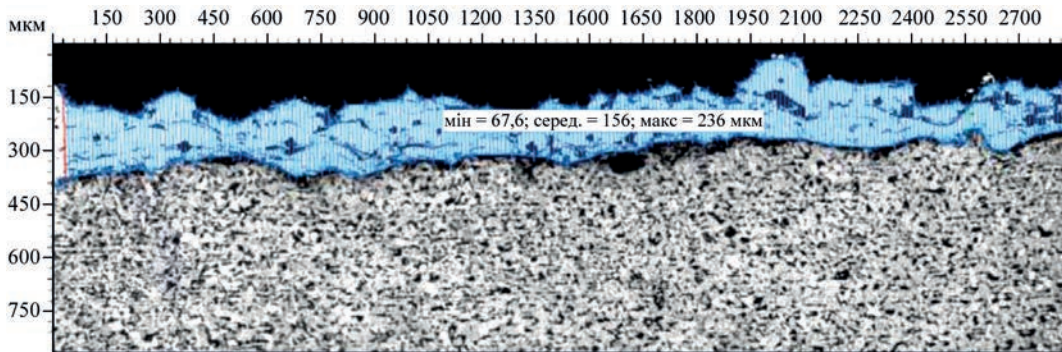


Рис. 6. Мікроструктура шару зі сплаву ПП-Нп 80X20P3T-С (×100)

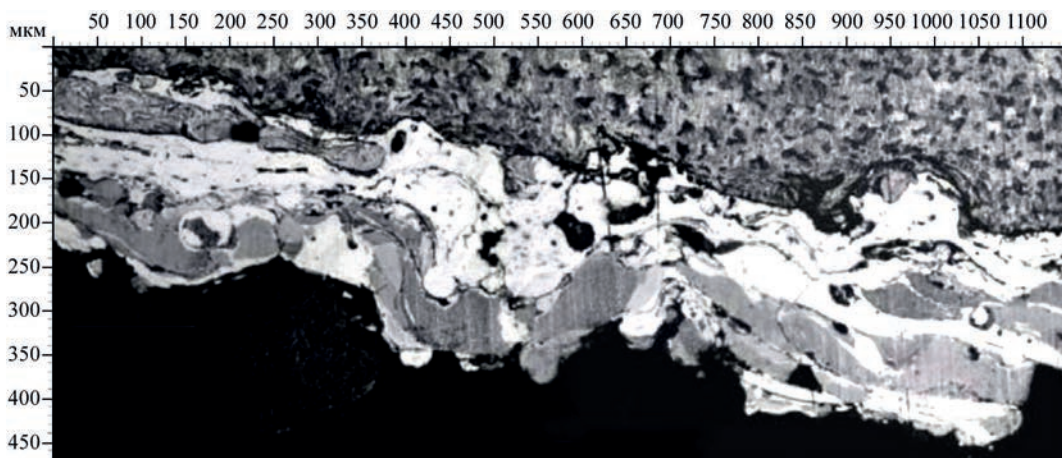


Рис. 7. Мікроструктура шару зі сплаву ПП-Нп 80X20P3T-С (×200)

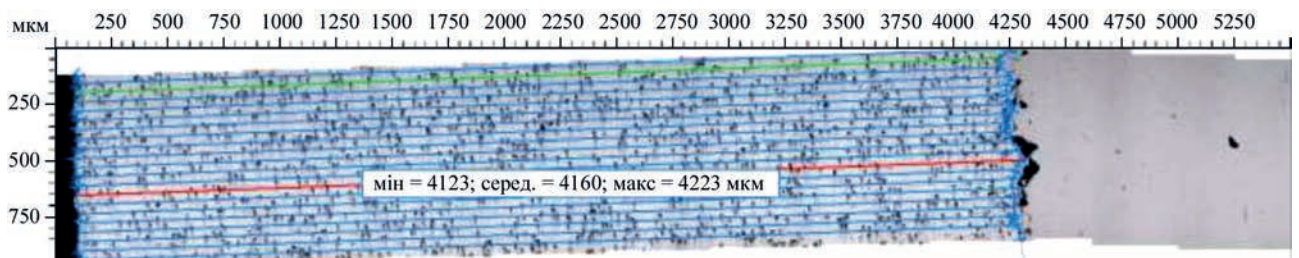


Рис. 8. Мікроструктура шару зі сплаву StSb8Cu4 (×100)

Огляд зразків, проведений після випробувань, відшарування, сколів та здуття не виявив.

2. Центр незалежних досліджень ТОВ «НВП «УКРІНТЕХ», м. Харків – металографічні дослідження покриттів з визначенням структури напиленого шару, мікротвердості та об'ємного вмісту мікропор. Дослідження проводилися на зразках, виготовлених із застосуванням дротів (рис. 6–8) ESAB Stoody 160FS, ПП-Нп 80X20P3T-C, 06X19H9T та StSb8Cu4 ISO 4383.

На всіх досліджуваних зразках відсотковий вміст мікропор у напиленому шарі становив не більше 4...8 %.

3. ІЕЗ ім. Є.О. Патона, відділ захисних покриттів (відділ № 73) – випробування на адгезійну міцність за клейовою методикою згідно з ISO 14916-2017 «Термічне напилення. Визначення міцності зчеплення при розтягуванні».

Підсумкова таблиця результатів випробувань на адгезійну міцність

Вид підготовки поверхні	Марка матеріалу покриття	Товщина покриття (середня)	Номер зразку	Зусилля відриву, Н	Міцність зчеплення, МПа	Характер відриву	
Струменево-абразивна обробка чавунним колотим дробом	Підшар – алюмінієва бронза Основний шар – ПП-Нп 80X20P3T-C	Підшар – 140...160 мкм Основний шар – 200...400 мкм	1	9900	>20	30 % по клею 70 % по межі покриття-основа	
			2	14650	>30	60 % по клею 40 % по межі покриття-основа	
			3	12200	>25	100 % по клею	
	Ср. > 25 МПа						
	Підшар – сплав на нікелевій основі Основний шар – ПП-Нп 80X20P3T-C	Підшар – 100 мкм Основний шар – 200...400 мкм	1	11250	>23	100 % по клею	
			2	10750	>22		
			3	12300	>25		
			4	12150	>25		
	Ср. > 23,75 МПа						
	Механічна обробка з імітацією профілю різьблення глибиною 1,5...2,0 мм	Св. 30ХГСА	1,5...2,0 мм	1	8200	36,4	100 % по межі з основою
2				6730	29,97		
Ср. > 33,2 МПа							
Підшар – алюмінієва бронза Основний шар – бабіт Б-88		2,2 мм	1	7700	34,2	100 % по межі з основою	
			2	10860	48,2		
			3	8430	37,5		
			4	7920	35,1		
Ср. 38,75 МПа							
Струменево-абразивна обробка (абразивна фракція 0,2...3,0 мм)	Цинк марки Ц0	310 мкм	1	2170	4,5	100% по межі з основою	
		270 мкм	2	2300	4,8		
		390 мкм	3	1760	4,4		
	Ср. 4,57 МПа						
	ПП-Нп 80X20P3T-C	400 мкм	1	6250	15,7	100 % по клею	
		520 мкм	2	7300	21,3		
		500 мкм	3	6700	19,5		
Ср. 18,8 МПа							
Лудіння самофлюсуючою пастою WURTH	Підшар – алюмінієва бронза	1,66 мм	1	5600	25,4	Відрив бабіту від підшару	
		2,0 мм	2	6800	>31	100 % по клею	
	Основний шар – бабіт Б-88	1,8 мм	3	7450	34	Відрив бабіту від підшару	
		Ср. 30,1 МПа					

Випробування на адгезійну міцність проводили на чотирьох групах циліндричних зразків. Підсумкова таблиця результатів випробувань на адгезійну міцність представлена нижче.

Висновки за таблицею:

1. Випробування на розрив підтвердили досить високу і стабільну адгезійну міцність покриття в межах 23... 25 МПа (середнє значення) при підшарі з бронзи і сплаву на Ni основі.

2. Збільшення адгезійної міцності покриття до 30...48 МПа зумовило наявність рваного різьблення (кругове, поздовжнє) на виробі.

3. Високу міцність показало з'єднання:

– сталь – лудильна паста Wurth–бронза–бабіт – 30,1 МПа (середнє значення);

– 80X20P3T-C (нержавіючий шар із низьковуглецевою сталлю) – 18,8 МПа (середнє значення);



Рис. 9. Зразок-імітатор вісі колісної пари

– Zn-покриття зі сталеву основою має середнє значення 4,57 МПа.

Результати проведених досліджень були успішно апробовані при вирішенні конкретних виробничих завдань. Зокрема, під час ремонту локальних дефектів антифрикційного шару підшипників ковзання енергетичного обладнання на ММК ім. Ілліча (див. рис. 4).

Також НТЦ «Промавтосварка» тісно співпрацює з НДКТИ АТ «Укрзалізниця» у напрямку відновлення широкого застосування електродугової металізації у вирішенні питань відновлення зношених поверхонь деталей рухомого складу та вісей колісних пар, зокрема (рис. 9). При цьому були виготовлені зразки з напиленням сталевими дротиками різного хімічного складу з твердістю напиленого шару в діапазоні HRC 21...44.

Широке застосування способу ЕДМ у різних галузях промисловості обумовлене такими перевагами:

напиленням можна наносити різні покриття на вироби із найрізноманітніших матеріалів. Обладнання для ЕДМ досить мобільне та порівняно просте в експлуатації та обслуговуванні;

ЕДМ є найбільш зручним та високоекономічним методом, рівномірне покриття можна напилювати як на велику площу, так і на обмежені ділянки виробів;

ЕДМ є найбільш ефективним способом відновлення та ремонту зношених деталей із збереженням початкової форми деталі та фізико-механічних характеристик основного металу. Цей метод дозволяє наносити шари завтовшки від кількох десятків мікронів до кількох міліметрів;

для напилення можна використовувати різні метали та сплави, а також різноманітні їх поєднання. Можна напилювати різні матеріали в кілька шарів, що дозволяє отримувати покриття зі спеціальними характеристиками;

технологічний процес ЕДМ забезпечує високу продуктивність нанесення покриття, характеризується відносно невеликою трудомісткістю та можливістю повної або часткової автоматизації процесу.

С.В. Крилов,
директор НТЦ «Промавтосварка»

ПЕРЕДПЛАТА 2022

Журнали	Вартість передплати на друковані версії журналів*, грн.			
	місяць	квартал	півроку	рік
«Автоматичне зварювання», видається з 1948 р., 12 випусків на рік. ISSN 0005-111X. Передплатний індекс 70031.	240	720	1440	2880
«Сучасна електрометалургія», видається з 1985 р., 4 випуски на рік. ISSN 2415-8445. Передплатний індекс 70693.	–	240	480	960
«Технічна діагностика та неруйнівний контроль», видається з 1989 р., 4 випуски на рік. ISSN 0235-3474. Передплатний індекс 74475.	–	240	480	960
«The Paton Welding Journal»**, видається з 2000 р., 12 випусків на рік. ISSN 0957-798X. Передплатний індекс 21971.	520	1560	3120	6240

*Вартість з урахуванням доставки рекомендованою банделроллю.

** Журнал «The Paton Welding Journal» містить статті, отримані від авторів з усього світу і вибірково переклади на англійську мову статей з журналів «Автоматичне зварювання», «Сучасна електрометалургія», «Технічна діагностика та неруйнівний контроль».

Передплату на журнали можна оформити по каталогах передплатних агентцій «УКРПОШТА», «Преса», «Прес Центр», «АС Медіа» та у видавництві. Передплата через видавництво з любого місяця на любой термін, в т.ч. на попередні періоди та окремі статті, починаючи з першого року видання.

Передплата на електронну версію журналів.

Вартість передплати на електронну версію журналів дорівнює вартості передплати на друковану версію. Випуски журналу надсилаються електронною поштою у форматі pdf або для IP-адреси комп'ютера передплатника надається доступ до відповідних архівів журналу.

Передплата через сайт видавництва:

<https://patonpublishinghouse.com/ukr/journals/as/subscription>
<https://patonpublishinghouse.com/ukr/journals/sem/subscription>
<https://patonpublishinghouse.com/ukr/journals/tdnk/subscription>
<https://patonpublishinghouse.com/eng/journals/tpwj/subscription>

На сайті видавництва у 2022 р. доступні для вільного копіювання випуски журналів з 2007 по 2020 рр.

ВИДАВНИЦТВО

Міжнародна Асоціація «Зварювання»
 03150, Київ, вул. Казимира Малевича, 11
 Тел./факс: 38044 200-82-77
 E-mail: journal@paton.kiev.ua
<https://patonpublishinghouse.com>