

УДК 621.357.8

Середа Б. П., Усенко Ю. І., Іванов В. І., Нестеренко Т. М., Середа Д. Б.

**ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ ПОВЕРХНІ  
СТАЛЕВОЇ ОСНОВИ БІМЕТАЛЕВОГО ДРОТУ**

Відомо, що технологічні характеристики біметалевого дроту, що широко вживається у високовольтних лініях електропередавання, повітряних лініях зв'язку та контактних мережах електрифікованих залізниць, значною мірою визначаються рівнем адгезії захисного алюмінієвого покриття до поверхні сталеві основи (осердя).

За умов ВАТ «Запорізький сталепрокатний завод» біметалевий сталевалюмінієвий дріт марки БСА-КПІ діаметром 4,3 і 5,1 мм виготовляють методом накатування алюмінієвого порошку марки А7 (А8) на поверхню сталеві основи (осердя) діаметром 3,8 і 4,5 мм із випаленої сталі марки 40 на безперервному двохкільцевому прокатному стані з використанням електроконтактного нагрівання постійним струмом. Проте надійному зчепленню компонентів біметалу перешкоджає створення на поверхні сталеві основи інтерметалідів типу «залізо-алюміній». В зв'язку з цим поверхню сталеві осердя перед нанесенням захисного покриття за умов підприємства піддають знежиренню, травленню, флюсуванню та гарячому цинкуванню. Зазначена технологія характеризується наявністю екологічно шкідливих травильних і флюсовальних розчинів та суттєвими витратами на перевезення сталеві осердя до цеху металевих покриття та його наступне гаряче цинкування, а також значною витратою цинку, що спричинює необхідність пошуку більш прогресивної технології активації поверхні сталеві основи перед нанесенням захисного покриття.

В той же час для обробки поверхні металів і сплавів з успіхом застосовуються методи, що засновані на використанні концентрованих потоків електричної енергії. Відомою є обробка із застосуванням нетрадиційних джерел плазми, де як один з електродів використовують електроліт [1]. Сутність такої обробки полягає у використанні електролітно-розрядного ефекту, спричиненого дією плазми розрядів, що виникають під час накладення серії могутніх коротких активуючих імпульсів постійного струму на електрохімічну систему (на межі «електроліт-метал»), яка знаходиться під підвищеною напругою.

Метою даного дослідження є вивчення можливості електролітно-плазмової технології як методу видалення різних видів забруднень з поверхні сталеві основи біметалевого дроту перед нанесенням захисного алюмінієвого покриття.

Комплекс експериментів, пов'язаних з випробуванням зазначеної технології для вирішення поставленого завдання, виконували на експериментальному стенді, розробленому авторами [2] за умов максимального наближення до натури.

Сталевий дріт діаметром 0,5...3,5 мм (електрод-катод) переміщують зі швидкістю 0,05 м/с через робочу ванну, заповнену електролітом (рідким електродом). Значення напруги, підведеної до ванни, варіюють у межах 40...200 В. Експериментами передбачалося використання лужних ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NaOH}$ ), кислих ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) і нейтральних ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) електролітів різної концентрації та щільності.

Дослідженням встановлено, що підвищення робочої напруги до 60...80 В супроводжується створенням на поверхні електроду-катода суцільного шару бульбашок водню, що виділяється під час електролізу, а також скорочуванням площі контакту електроліту та електроду-катода. Зі збільшенням провідності електроліту, що спричинено його нагріванням, спостерігають зростання щільності струму та підвищення частоти руйнування електролітних перемичок з подальшим виникненням кавітаційних явищ на поверхні електроду-катода.

Під час подальшого підвищення робочої напруги до 100...170 В здійснюється перехід процесу до нестационарного стану, що характеризується періодичним виникненням і порушенням контактів між електролітом й електродом-катодом та, як наслідок, протіканням

імпульсних електричних розрядів, аналогічних до розрядів, які виникають під час розривання металевих контактів. При цьому енергія електричних розрядів частково перетворюється на енергію кавітаційних порожнин, яка супроводжується подальшою гідродинамічною дією електроліту на поверхню електроду-катода та видаленням забруднень із зони обробки.

За вищої напруги (180...200 В) на поверхні електроду-катода спостерігається формування суцільного (близького до стаціонарного) парогазового шару, який сприяє безперервному протіканню імпульсних електричних розрядів між електродом-катодом та електролітом.

Аналіз процесів, що відбуваються на електроді-катоді (сталевому осердя), свідчить про комплексну електрохімічну (виділення водню), теплову (випаровування перемичок електроліту), кавітаційну (створення та руйнування парогазового шару) й електроерозійну (виникнення імпульсних розрядів) дію на його поверхню. Встановлено, що дія імпульсного електричного поля, плазми розряду, ударних хвиль і високошвидкісних струменів електроліту кавітаційного типу за раціонально підібраним складом електроліту сприяє максимальному випаровуванню летучих речовин з поверхні електроду-катода, та видаленню всіх механічних забруднень.

На основі проведених експериментів було сформульовано вимоги до параметрів електроліту для реалізації обробки поверхні сталеві основи біметалевого дроту марки БСА-КПД перед нанесенням захисного алюмінієвого покриття (табл. 1).

Таблиця 1

Раціональні технологічні параметри електроліту для обробки поверхні сталеві основи біметалевого дроту

Найменування параметра, розмірність	Кількість
Концентрація карбонату натрію, %	12...16
Концентрація гідроксиду натрію, %	4...6
Щільність розчину електроліту, г/см <sup>3</sup> :	
– для осердя діаметром $\leq 3,5$ мм	1,090...1,095
– для осердя діаметром $> 3,5$ мм	1,100...1,150
– температура розчину, °С	60...70

Зниження концентрації хімічних компонентів електроліту нижче за наведені значення спричинює зростання потужності, за якої сягається стабільне горіння плазми, що пояснюється збільшенням опору електроліту, а перевищення верхньої межі значень концентрації компонентів електроліту супроводжується різким зростанням ступеня осадження електроліту на поверхні сталеві осердя та суттєвим ускладненням її подальшого відмивання. Якщо щільність електроліту є вищою за значення, яке рекомендують, то спостерігаються збільшення його електропровідності та перехід режиму очищення поверхні сталеві осердя на режим її нагрівання, а зниження щільності розчину електроліту призводить до зростання потужності, коли досягається стабільне горіння плазми. Пониження робочої напруги нижче мінімально допустимого значення (160 В) супроводжується зниженням стійкості процесу утворення імпульсних електричних розрядів, а підвищення її понад 190 В характеризується суттєвим подорожчанням процесу обробки поверхні сталеві осердя без помітного поліпшення якості її активації.

Окрім того, як показали результати випробувань трьох-, чотирьох- і п'ятиниткових агрегатів з живленням від одного генератора імпульсів, було зафіксовано незначний взаємний вплив електричної, електромагнітної й електрохімічної дій окремих сталеві осердя, що піддають обробці. Встановлено, що під час одночасної імпульсної плазмової обробки

трьох...п'яти паралельно розташованих ліній сталевго осердя здійснюється підсумовування струмів окремих кіл, тобто практично є одночасне протікання імпульсного розряду для всіх електричних контурів, що свідчить про відсутність необхідності застосування роздільних джерел живлення для кожного контуру. Тому для зручності обслуговування багатонитковий блоковий промисловий комплекс доцільно подавати як систему з трьох-, чотирьох- і п'ятиниткових агрегатів з індивідуальними джерелами живлення та розміщувати їх в одному технологічному потоці, що дозволяє поєднувати процеси підготовки поверхні сталевго осердя й одержання біметалевого дроту.

За результатами проведених досліджень виконано розробку та випробування дослідно-промислового агрегату для підготовки поверхні сталевго осердя під захисне покриття в електролітній плазмі [3]. Агрегат є конструкцією, де монтують пристрій для розмотування сталевго осердя, робочі ванни, заповнені електролітом заданої щільності та концентрації, що подають за допомогою насосів, секція струменевого промивання поверхні сталевго осердя та декілька направляючих роликів, розташованих між пристроєм для розмотування сталевго осердя та чорною кліттю прокатного стану. Живлення здійснюють від джерела постійного струму (100...150 А) за робочої напруги 160...175 В.

Під час переміщення сталевго осердя через робочу ванну з електролітом заданої концентрації та щільності навколо його поверхні створюється парогазовий шар товщиною до 1,0 мм, який забезпечує стабільне горіння плазми під час проходження серії імпульсних електричних розрядів між електролітом та поверхнею осердя, що обробляють. Високий ступінь концентрації електричної енергії на різних ділянках поверхні сталевго осердя за умов існування відновлювальної водневої атмосфери, забезпечує швидкісне та якісне видалення всіх видів забруднень до розчину та подальше вилучення їх із розчину відсмоктуванням. За перехідним режимом, коли стабільна плазма не виникає, чинниками, що очищують, є бульбашки водню, які покривають поверхню осердя, а також кавітація під час їх руйнування.

Далі осердя прямує до ванни для водоструминного промивання і видалення з його поверхні залишків електроліту та потім – до прокатного стану. Суттєва активація поверхні сталевго осердя та двоступеневе нагрівання постійним струмом дозволяють забезпечити стабільність процесу накатування алюмінієвого порошку в робочих валках прокатного стану та рівномірність товщини захисного алюмінієвого покриття на поверхні осердя. Одержаний біметалевий дріт характеризується достатньою адгезійною міцністю та має високі функціональні властивості.

Головні технічні характеристики агрегату для реалізації електролітно-розрядної активації поверхні сталевго осердя біметалевого дроту наведено в табл. 2. Агрегат замінює комплекс операцій щодо багатоступеневої підготовки поверхні осердя, а площі, що звільнюються, можна використовувати для розміщення додаткового технологічного обладнання.

Таблиця 2

Технічна характеристика агрегату для електролітно-розрядної активації поверхні сталевго осердя біметалевого дроту

Основні характеристики, розмірність	Характеристика, кількість
Тип струму	постійний
Полярність осердя	катод
Напруга, В	160...175
Щільність струму, А/м <sup>2</sup>	2·10 <sup>4</sup>
Тривалість обробки, с	≤ 9,20
Підведення струму	контактне

Результати порівняльних випробувань експлуатаційної надійності біметалевого дроту марки БСА-КПЛ із зовнішнім діаметром 4,3 і 5,1 мм, одержаного як за традиційною технологією (I), так і з використанням електролітно-розрядної обробки (II), що наведено у табл. 3, свідчать про суттєве зростання циклічної стійкості зазначеного дроту та значне підвищення міцності зчеплення його захисного алюмінієвого покриття з поверхнею сталевго осердя.

Таблиця 3

Результати випробувань біметалевого дроту із зовнішнім діаметром 4,3 і 5,1 мм за різної технології виготовлення (I) і (II)

Показник	Діаметр дроту, мм			
	4,3		5,1	
	I	II	I	II
Кількість циклів знакозмінного згину дроту до його руйнування:	95 ± 5	165 ± 2	99 ± 6	273 ± 3
– стандартне відхилення	5,62	4,21	5,42	4,12
– коефіцієнт варіації, %	4,85	3,14	4,63	2,91
Кількість перегинів дроту до руйнування покриття:	3,4 ± 0,6	6,30 ± 0,4	6,60 ± 0,5	11,20 ± 0,4
– стандартне відхилення	0,90	0,67	0,87	0,65
– коефіцієнт варіації, %	14,20	10,60	13,90	10,40

Так, після обробки поверхні сталевго осердя біметалевого дроту електричними розрядами за імпульсним режимом кількість циклів його знакозмінного вигину до руйнування зростає у 1,74 разів, а кількість перегинів до руйнування захисного покриття – у 1,82 разів. При цьому руйнування покриття й осердя дроту, що виготовлено з використанням запропонованої технології, спостерігається одночасно, тоді, як для цинкованого дроту спочатку є порушення цілісності захисного покриття та через 3...4 перегини – сталевго осердя.

### ВИСНОВКИ

Реалізація електрохімічної технології активації поверхні сталевго осердя біметалевого дроту за умов ВАТ «Запорізький сталепрокатний завод» дозволяє:

- значно підвищити якість підготовки його поверхні до нанесення захисного алюмінієвого покриття;
- виключити операції транспортування, знежирення, травлення, флюсування та гарячого цинкування поверхні осердя у цеху металевих покриттів;
- понизити собівартість готової продукції, а також поліпшити умови праці обслуговуючого персоналу.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лазаренко Б. Р. Применение электролитной плазмы для интенсификации процесса азотирования / Б. Р. Лазаренко // *Электронная обработка материалов*. – 1987. – № 6. – С. 19–22.
2. Моделивання процесу імпульсної електрохімічної підготовки поверхні металу перед покриттям / Ю. І. Усенко, Б. П. Серета, В. І. Іванов [та інші.] // *Науковий потенціал світу – 2004: матеріали міжнар. науково-практ. конф.* – Дніпропетровськ: Наука та освіта, 2004. – Т. 59 (Технічні науки). – С. 14–15.
3. Электролитно-плазменная активация поверхности стального сердечника биметаллической проволоки / Ю. И. Усенко [и др.] // *Электрохимические и электролитно-плазменные методы модификации металлических поверхностей: материалы II-й междунар. научно-техн. конф.*: (24–27 октября, 2007 г., Кострома, Россия). – Кострома: КГУ, 2007. – С. 278–280.

Стаття надійшла до редакції 13.10.2011 р.