

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ЕЛЕКТРОЛІТІВ ЦИНКУВАННЯ З ТОЧКУ ЗОРУ ЇХ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ**

I. М. КОСТИШИН, О. О. БУТЕНКО

*Київський національний університет технологій та дизайну, вул. Мала Шияновська, 2,  
Київ, 01011, [butenko.oo@knuud.com.ua](mailto:butenko.oo@knuud.com.ua)*

Електролітичне цинкування широко використовується в різних галузях машинобудування для покриття деталей кріплення, стержнів та інших дрібних деталей. Високі захисні властивості цинкового покриття внаслідок його анодного характеру і низька вартість цинку пояснюють широке застосування цинку в різних галузях промисловості. Важливим аспектом є вибір електролітів цинкування.

Цинкові покриття застосовуються для захисту від корозії сталевих деталей [1-2], які експлуатуються в зовнішній атмосфері різних кліматичних регіонів, в атмосфері промислових районів (забрудненими SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>), в закритих приміщеннях з помірною вологою чи забруднених газами та продуктами згорання (деталі машин), контактують з прісною водою при температурі не вище 60-70 °С (водопровідні труби, резервуари, предмети домашнього вжитку), експлуатуються при температурі до 300 °С, контактують з паливом, яке містить сполуки сульфуру і масла (бензобаки, бензопроводи, маслопроводи та ін.).

Для нанесення гальванічних цинкових покриттів застосовують різні типи електролітів: кислі – сульфатні, хлоридні, фторборатні, сульфаматні; слабокислі – хлорамонійні та хлоридні; лужні – цианідні, цинкатні, пірофосфатні, гліцинові, амінокомплексні, а також їхньої комбінації.

При виборі електроліту потрібно враховувати конфігурацію виробів та вимоги, що до них пред'являються. При нанесенні цинку на вироби складної форми варто застосовувати розчини комплексних солей металу; для покриття внутрішніх та важкодоступних поверхонь – внутрішні й додаткові аноди, фільтрацію, перемішування; для одержання блискучого покриття – електроліти зі складними блискоутворюючими й вирівнюючими добавками.

Якість осадів і швидкість їхнього осадження залежить від природи й складу електролітів, які в значній мірі визначаються характером і ступенем зміни катодних потенціалів.

Водночас вибір електролітів для цинкування з точки зору їх екологічної безпеки є важливим завданням, оскільки цинкування дуже широко використовується для захисту сталевих поверхонь від корозії. При виборі електроліту слід враховувати кілька аспектів, пов'язаних зі збереженням навколишнього середовища:

- вміст шкідливих речовин: електроліти повинні бути вільні від токсичних і шкідливих речовин, таких як хромати, кадмій, свинець та інші важкі метали, ці речовини мають негативний вплив на здоров'я людей та навколишнє середовище;
- можливість відновлення: важливо враховувати можливість відновлення електроліту для подовження його терміну служби та зменшення відходів, використання відновлювальних електролітів забезпечує здешевлення процесу;
- вибір розчинника: віддаючи перевагу електролітам, які розчиняються в воді, можна зменшити викиди в атмосферу та водні ресурси, контролювати викиди та зменшити негативний вплив на навколишнє середовище;
- вплив на здоров'я обслуговуючого персоналу: електроліти повинні бути безпечними для працівників, які працюють з ними, забезпечення безпечних умов праці сприяє збереженню здоров'я робітників та зменшенню ризиків для їхнього здоров'я;
- рециклінг: важливим аспектом екологічної безпеки є можливість переробки та використання відходів цинкування, рециклінг може значно зменшити вплив на навколишнє середовище та економічно вигідний.

Розглянемо переваги і недоліки застосування різних електролітів.

У кислих електролітах без спеціальних добавок катодна поляризація не велика хоча осади з кислих електролітів задовільні за структурою, але менш рівномірні по товщині шару, ніж із ціаністих й інших комплексних електролітів. Припустима густина струму й швидкість осадження в кислих електролітах можуть бути значно вище, ніж у комплексних.

Сульфатні електроліти прості за складом, стабільні, не вимагають спеціальної вентиляції й підігріву. Вихід за струмом в цих електролітах становить 96-98%. Осади мають порівняно грубокристалічну структуру, їхня розсіююча здатність низька, тому в сульфатних електролітах покривають тільки деталі простої форми. Також сульфатні електроліти варто періодично фільтрувати, щоб видаляти тверді часточки (шлам), які цементуються зростаючим осадом, утворюючи виступи, на яких концентруються лінії струму, що викликає утворення губчатого осаду.

Сульфатно-хлоридні електроліти застосовують для покриття деталей із середнім рельєфом. Розсіювальна здатність цього електроліту вище, ніж у сульфатного. Покриття з таких електролітів виходять напівблискучими.

Із борфтористоводневих електролітів цинк осаджується при високих густинах струму. З них вдається отримувати задовільні покриття на чавуні.

Кислі електроліти в основному застосовуються головним чином для цинкування виробів простої форми (аркуші, стрічки, дріт, стрижні, пластини й т.п.).

Осадження цинку із ціаністих електролітів супроводжується значною поляризацією, що приводить до утворення дрібнокристалічної структури. У ціаністих електролітах вихід металу за струмом нижче, ніж у кислих електролітах, він знижується при підвищенні густини струму, що сприяє поліпшенню рівномірності розподілу металу на катоді. Припустима густина струму в ціаністих електролітах, як правило, нижча, ніж у кислих.

Із ціаністих електролітів осади цинку утворюються дуже щільними, дрібнозернистими й більш рівномірними по товщині, ніж з кислих електролітів без спеціальних добавок. Однак ці електроліти мають

порівняно малу стійкість і високу токсичність, їхнє застосування вимагає індивідуальної вентиляції, спеціальних технічних заходів щодо скидання й знешкодженню стічних вод після промивки. Ціаністі електроліти мають високу розсіювальну здатність.

Розсіювальна здатність комплексних аміакатних електролітів вище, ніж у простих кислих (без спеціальних добавок), але поступається розсіювальній здатності ціаністих.

Лужні неціаністі, тобто цинкатні, електроліти на відміну від ціаністих нетоксичні й більш прості та стійкі за складом, ніж ціаністі. Катодна поляризація в цинкатних електролітах без спеціальних добавок ПАР виражається порівняно невеликою величиною і мало залежить від концентрації цинку й лугу. Вихід металу за струмом в інтервалі припустимих густин струму практично не змінюється й дорівнює приблизно 95-98%. Все це разом з його дешевиною робить цей електроліт найбільш зручним у застосуванні для нанесення покриттів на сталеві вироби.

Враховуючи вищесказане, можна обрати електроліти для цинкування, які відповідають високим стандартам екологічної безпеки. Слід відзначити, що екологічність гальванічного цинкування не обмежується лише вибором електролітів, це також залежить від інших факторів процесу виробництва, утилізації відходів та вибору енергетичних ресурсів. Ефективне керування всіма цими чинниками може допомогти зробити цинкування більш екологічно безпечним. Важливо проводити постійний моніторинг та оновлювати технології для забезпечення вищого рівня екологічної стійкості процесу цинкування.

### Література

1. Kania H., Saternus M., Kudláček J., Svoboda J. Microstructure Characterization and Corrosion Resistance of Zinc Coating Obtained in a Zn-AlNiBi Galvanizing Bath. *Coatings*. 2020. Vol. 10, No 8. P. 758.
2. Kania H., Saternus M., Kudláček J. Structural aspects of decreasing the corrosion resistance of zinc coating obtained in baths with Al, Ni, and Pb additives. *Materials*. 2020. Vol. 13. P. 385.