

УДК: 667.64:678.026

DOI: 10.20535/iwccmm2026358037

ВИКОРИСТАННЯ ІЗОЦІАНАТОВИХ ПОЛІМЕРІВ В ЦИНКНАПОВНЕНИХ ПОКРИТТЯХ

Коваленко С.Ю.¹, Клименко А.В.², Коваленко Ю.О.³

¹Молодший науковий співробітник, Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона, Національної академії наук України, Київ, Україна

²К.т.н., старший дослідник, с.н.с., Київський науково-дослідний інститут судових експертиз Міністерства юстиції України, Київ, Україна

³Доктор філософії, асистент, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", Київ, Україна
e-mail: 1. kovalenko@paton.kiev.ua; 2. Aklimenko@meta.ua; 3. kovalenko.yurii@ill.kpi.ua

Анотація. Проведено порівняльну характеристику сучасних композиційних цинкнаповнених полімерних матеріалів, які використовуються для захисту від корозії металоконструкцій об'єктів гідроенергетичного комплексу, щодо їх ефективності за різних умов експлуатації (атмосферні, постійного занурення та змінного змочування). За результатами порівняльного аналізу комплексних досліджень фізико-механічних та електрохімічних властивостей систем визначено, що наявність в складі покриття серед іншого ізоціанатових полімерів значно покращує захисні властивості для всіх умов експлуатації.

Ключові слова: поліізоціанат, цинк, покриття, захист від корозії, електродний потенціал.

Використання сучасних пігментованих полімерних композиційних захисних матеріалів у вигляді одно- та багатокомпонентних систем, що містять домішки, пов'язані полімерним в'язучим (на уретановій, епоксидній, акрілово-поліуретановій, поліуретаново-перхлорвініловій основі, кам'яно-вугільні ПЕКи тощо) зі спеціальними хімічними реактивами, задля покращення захисту від корозії металоконструкцій увійшло в постійну практику. Серед найбільш перспективних та розповсюджених пігментів-домішок виділяють базальтові, алюмінієві та цинкові, поміж яких саме цинк через його відмінні протекторні властивості має досить широкий спектр використання для захисту металоконструкцій, а саме: від оцинкованих труб для побутових потре та збірних металоконструкцій навісних вентиляційних фасадів до сучасних лакофарбових цинкнаповнених систем (покриттів, надалі Zn-ПК) та промислових протекторів, зосібна й на гідроенергетичних об'єктах [1-4].

Зміну фізико-механічних властивостей Zn-ПК фіксували, виконуючи візуальну оцінку зовнішнього вигляду за видами руйнувань, що характеризують зміну декоративних (зміна блиску / кольору / набуття матового вигляду, брудотримання, мілення), захисних (розтріскування, вивітрювання, відшарування / зморщування / утворення пухирців та пор, корозія металооснови) та електрохімічних властивостей (протекторні захисні властивості визначали електрохімічним методом за показником «електродний потенціал цинку в покритті відносно хлор-срібного електроду порівняння»), а також за показниками адгезії покриття та міцності покриття під час удару [4, 5]. Додатково досліджували вплив збільшення товщини сухого шару покриття від 40 мкм до 120 мкм на його властивості.

В загальному випадку, до складу системи Zn-ПК входить дрібнодисперсний електролітичний цинк чистотою більше 99%, вміст якого в сухій плівці складає від 90% до 96%, скріплений полімерним в'язучим на епоксидній або уретановій основі зі спеціальними хімічними реактивами, що збільшують корозійну стійкість покриття (у воді, атмосфері). Щодо металооснови, вони виступають в якості аноду, а характер руйнування поверхневого захисного шару за будь-яких експлуатаційних умов носить виключно когезійний (внутрішаровий, без повного відшарування від поверхні з її оголенням), забезпечуючи збереження захисних протикорозійних властивостей навіть за умов глибокого руйнування:

електродний потенціал цинку в покритті коливається в межах від мінімального значення мінус 0,995 В (епоксидна / поліуретанова основа) до максимального мінус 1,111 В (зв'язуючий агент поліізоціанат), що свідчить про ефективний протекторний захист металооснови від корозійного руйнування.

Проте саме тип зв'язуючих компонентів, навіть за умов меншої концентрації цинку в покритті (90% проти 96%), та умови експлуатації є ключовими визначальними факторами для ефективного використання та подовження терміну їх експлуатації, особливо, коли питання стосується водних середовищ, а також стаціонарності чи турбулентності його руху. Поліуретанова та епоксидна основи для зв'язування цинку в покритті програють як за фізико-механічними захисними властивостями, так й за рівномірністю розподілу цинку в шарі нанесеного покриття на поверхню металооснови, в той час, як для Zn-ПК на основі поліізоціанату характерними є рівномірність розподілу цинку по всій товщині, навіть за умов багатшарового нанесення, при цьому товщина шару не впливає на якість захисних властивостей та не призводить до їх погіршення під час експлуатації в будь-яких з вищенаведених умов експлуатації металокопункцій.

Так, відсутність у складі системи покриття поліізоціанату в якості зв'язуючого агенту обумовлює його мілення під час експлуатації навіть в атмосферних умовах, перетворюючи верхній шар на дрібнодисперсний порошок з надзвичайно низькою адгезійною здатністю (зменшення адгезії від 2...3 МПа до 0,5 МПа проти сталого значення 5,5 МПа для покриття на основі поліізоціанату), що призводить до зменшення товщини активного захисного шару з часом, особливо в умовах змінного змочування, повного занурення та потоку рідини. Крім того, характерною негативною ознакою цих покриттів в період експлуатації навіть в атмосферних умовах є зменшення міцності під час удару (від 4,9 Дж до 0,98 Дж проти сталого мінімального значення 4,9 Дж для покриття на основі поліізоціанату) з пластинчастим скопковим відшаруванням поверхневого окисненого міленого цинкового шару.

ВИСНОВКИ

Отже, попри забезпечення стабільності протекторного захисту щодо металооснови, для цинкнаповнених систем відсутність ефективної зв'язуючої основи є ключовим фактором визначення ефективності захисту від корозії, незалежно від умов експлуатації металокопункцій, оскільки саме зв'язуючий агент забезпечує цілісність, а також незмінність і сталість його фізико-механічних та електрохімічних властивостей, навіть за умов меншої концентрації електролітичного цинку в сухій плівці.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Matviienkiv, O., Prysyzhnyuk, P., & Myndiuk, V. (2016). Development of the zinc coating pipe connection technology with arc soldering method using. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 81(3/5), 51–54. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.70346>
2. Jain, R., & Pitchumani, R. (2018). Fabrication and characterization of zinc-based superhydrophobic coatings. *Surface and Coatings Technology*, 337, 223–231. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2018.01.014>
3. Kovalenko, A., Klymenko, V., & Kuzmenko, V. (2020). Corrosion of galvanized pipes in hot water systems. *Physico-Chemical Mechanics of Materials: Electrochemical Protection and Corrosion Control*, Special Issue 13, 281–286. https://www.ipm.lviv.ua/corrosion2020/Chapter_05/I_281_Klymenko.pdf
4. Klymenko, A., Kovalenko, S., & Kovalenko, Yu. (2024). Features of the operation of cold and hot water supply systems regarding the corrosion activity of zinc-plated pipes in water supply. *Journal of Water and Water Purification Technologies. Scientific and Technical News*, 38(1), 47–60. <https://doi.org/10.20535/2218-930012024298467>