

*М.А. Штейник, С.Р. Мнацаканов  
(Національний авіаційний університет, Україна)*

*Б.О. Швець  
(ВСП “Васильківський фаховий коледж НАУ”, Україна)*

### **Забезпечення корозійної стійкості металевих конструкцій гарячим цинкуванням**

*Проаналізовано вплив зовнішніх чинників на інтенсивність корозії сталі з цинковим покриттям, нанесеним методом гарячого цинкування.*

Відповідно до Повітряного кодексу України, цивільні аеродроми України та аеродроми спільного використання підлягають сертифікації, яка включає в себе оцінку всіх елементів та об'єктів аеродрому на відповідність вимогам, установленим авіаційними правилами України. Вимоги до приаеродромної території включають спеціальні норми щодо розміщення та висоти різних об'єктів. Висотне положення об'єктів на приаеродромній території контролюється, виходячи із умов безпеки маневрування, зльоту та посадки повітряних суден [1]. Стаціонарне інженерне обладнання аеродромів (засоби аварійно-рятувального та протипожежного забезпечення; засоби зв'язку, навігації та спостереження (радіотехнічного забезпечення); світлосигнальне обладнання та електричні системи та ін.) розміщене на стаціонарних самонесучих вежах або щоглах. Переважна більшість веж виготовляються із сталі.

Сталеві вежі можуть бути як решітчастими, так і моноопорними. Вони дозволяють створювати надійні та витривалі конструкції різної висоти. Така металева конструкція забезпечує необхідну міцність, стійкість до навантажень та довговічність, що робить її ідеальним вибором для більшості типів веж. Для виробництва веж застосовуються наступні марки сталі: вуглецева сталь звичайної якості Ст3сп, конструкційна вуглецева сталь Ст20, низьколеговані конструкційні сталі 09Г2С та 17Г1С, високоміцна конструкційна легована сталь 10Г2ФБ та ін.

У процесі експлуатації металевих конструкцій можуть виникати різні види корозії: атмосферна, електрохімічна, біокорозія, виразкова та ін. [2]. Для запобігання та уповільнення процесів корозії на металевих конструкціях застосовуються різні антикорозійні заходи, такі як метод гарячого цинкування, нанесення захисних покриттів, катодний захист, використання корозійностійких матеріалів тощо [3].

Для цинкування металу може використовуватися гарячий, холодний, гальванічний, газотермічний та термодифузійний методи. Відмінність полягає у способі нанесення цинкового покриття: гаряче цинкування передбачає занурення виробу у розплавлений цинк при температурі 450°C з попередньою підготовкою поверхні; гальванічне цинкування відбувається шляхом електролізу у спеціальній ванні; газо-термічне цинкування напиленням – процес, при якому цинк наноситься на металеву поверхню методом термічного

розпилення цинкового порошку в газовому середовищі; термодифузійне цинкування – процес, при якому цинк осідає на металевій поверхні за рахунок дифузії цинку через поверхневий шар металу в спеціальній суміші порошоків, що містить цинк та активатори; «холодне» цинкування шляхом фарбування металовиробів – процес, при якому на поверхню металу наноситься цинковмісна фарба за допомогою розпилювача або іншого інструменту, що створює захисне покриття від корозії.

Переваги методу гарячого цинкування, у порівнянні з холодним, гальванічним, газотермічним та термодифузійним методами: висока стійкість до корозії, ефективна адгезія між цинковим прошарком та основним металом, тривалий термін служби, висока стійкість до механічних пошкоджень, економічна ефективність.

Проведено дослідження корозійної стійкості цинкового покриття, сформованого на сталі 09Г2С методом гарячого цинкування (покриття нанесено за технологією ТОВ «Компанія «Метал Інвест», м.Черкаси) в умовах впливу зовнішніх чинників протягом 30 днів: 1 – дистильована вода, температура зовнішнього середовища -15...+30 °С; 2 – дистильована вода + 3% NaCl, температура зовнішнього середовища -15...+30 °С; 3 – дистильована вода + 1% лимонної кислоти, температура зовнішнього середовища -15...+30 °С (рис. 1); 4 – приміщення, середня вологість повітря 35...50%, температура +20...+30 °С; 5 – ґрунт темно-сірий опідзолений. Інтенсивність корозії цинкового покриття порівнювали з інтенсивністю корозії цвяху зі сталі конструкційної вуглецевої звичайної якості СтЗкп (рис. 1).

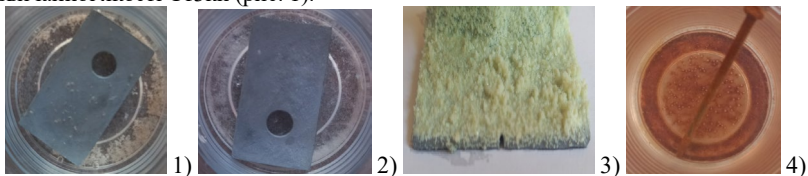


Рис. 1. Корозія цинкового покриття на сталі 09Г2С (1 – H<sub>2</sub>O, 2 – H<sub>2</sub>O+3%NaCl, 3 – H<sub>2</sub>O+1% кислоти) та цвяху зі сталі СтЗкп

Встановлено, що цинкове покриття активно реагує з лимонною кислотою, рН розчину становить 2,2. Даний дослід був проведений з акцентуванням уваги на те, що цинк є амфотерним металом і проявляє стійкість лише в нейтральному середовищі. В навколишньому середовищі при експлуатації металевих конструкцій з цинковим покриттям можливе підвищення швидкості атмосферної корозії внаслідок домішок, що містяться в повітрі – SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, HCl та ін.: розчиняючись в плівці води, вони збільшують її електропровідність і підвищують гігроскопічність продуктів корозії.

У воді довговічність цинкового покриття залежить від формування оксидно-карбонатної плівки. Хімічні реакції, які відбуваються при формуванні цієї плівки, протікають від кількох тижнів до кількох місяців:

1. Окислення  $2Zn + O_2 = 2ZnO$
2. Гідратація  $2Zn + 2H_2O + O_2 = 2Zn(OH)_2$
3. Карбонізація  $5Zn(OH)_2 = 2CO_2 + 2ZnCO_3 \cdot 3Zn(OH)_2 + 2H_2O$

Формування карбонату цинку на третьому етапі забезпечує надійний антикорозійний захист цинкового шару при впливі вологи. В умовах відносно сухого середовища протікають всі три реакції, і на поверхні оцинкованого виробу формується окисдно-карбонатна плівка, майже непроникна для кисню і вологи, різко обмежує подальший процес взаємодії цинку з киснем. Однак, в умовах експерименту, за наявності постійного впливу води, підведення вуглекислого газу та кисню утруднено. У цьому випадку відбуваються лише фази окиснення та гідратації цинкового покриття. В результаті цього формується білий осад (гідроксид і оксид цинку), відбувається поступове окислення та розвиток процесів утворення білої іржі (рис. 2).

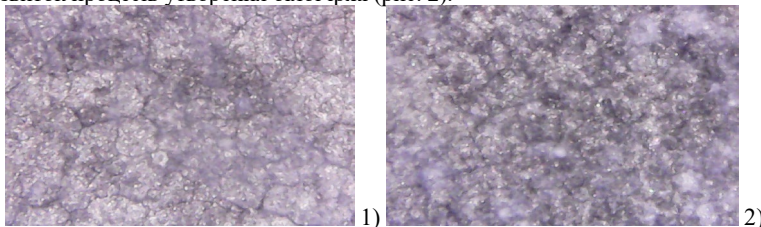


Рис. 2. Окислення цинкового покриття на сталі 09Г2С  
(1 –  $H_2O$ , 2 –  $H_2O+3\%NaCl$ ).

На цинковому покритті домінують процеси міжкристалітної корозії, покриття поступово розтріскується. Через 20 днів за умов впливу дистильованої води або 3% розчину  $NaCl$  при температурі  $-15...+30$  °С (8 годин заморожування з наступним розморожуванням) проявляються ознаки розтріскування покриття. В умовах експерименту не встановлено суттєвих відмінностей щодо швидкості протікання корозійних процесів цинкового покриття в дистильованій воді та при наявності у воді  $NaCl$ . Згідно [4], середня швидкість корозії сталі в морській воді становить від 0,05 до 0,20 мм/рік, а виразкової корозії - до 1 мм/рік. Загальна солоність морської води не сильно впливає на інтенсивність корозійного процесу, в той час як деякі відхилення від звичайного складу, наприклад, наявність сірководню або різних забруднень можуть у кілька разів збільшити швидкість корозії.

**Висновок.** Проаналізовано вплив рН, води, солі та температури на корозійну стійкість цинкового покриття. Встановлено інтенсивний прояв корозійних процесів на цинковому покритті в кислому середовищі. Наявність солі не впливає на інтенсивність корозії, в порівнянні з впливом дистильованої води, окислювальні процеси протікають за однаковим механізмом утворення гідроксиду і оксиду цинку у вигляді білого осаду.

### Список літератури

1. Агеева Г., Дубик О., Карпов В. та ін. Будівлі та споруди. Аеродроми. Частина I. Проектування Частина II. Будівництво. ДБН В.2.2-XX:2022. Мінрегіон України, 2022, 149с.

2. Al-Sherrawi M. H., Lyashenko V., Edaan E. M., Sotnik S. Corrosion of metal construction structures. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*. 2018. Vol. 9, Is. 6. P. 437–446.

3. Černý M., Dostál P. Adhesion of zinc hot-dip coatings. *Acta Universitatis Agriculturae Et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2014. 1, Vol. 62. P.53-64.

4. Особливості корозії сталевих конструкцій в різних умовах експлуатації. Режим доступу <https://kron-industrial.com/files/docs/ukr/osoblivost-koroz-stalevih-konstrukc-y-v-r-znih-umovah-ekspluatac-pdf> (дата звернення 31.08.2024)