

Аналіз методів антикорозійного захисту промислових трубопроводів

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проблема корозії трубопроводів є однією з основних причин зниження надійності та довговічності інженерних систем промислових будівель. У роботі розглянуто сучасні методи антикорозійного захисту трубопроводів, що забезпечують підвищення довговічності та надійності систем транспортування рідин і газів. Проведено аналіз різних способів захисту та визначений найбільш доцільний для використання.

Ключові слова: трубопроводи, корозія, захист, експлуатація, витрати

Abstract

The problem of pipeline corrosion is one of the main reasons for the decrease in the reliability and durability of engineering systems of industrial buildings. The paper considers modern methods of anti-corrosion protection of pipelines, which ensure increased durability and reliability of liquid and gas transportation systems. An analysis of various methods of protection is carried out and the most appropriate one for use is determined.

Keywords: pipelines, corrosion, protection, operation, costs

Вступ

Проблема корозії промислових трубопроводів є однією з найважливіших у забезпеченні надійності та довговічності інженерних систем, оскільки корозійні процеси призводять до зниження міцності, герметичності та безпеки експлуатації обладнання. Ефективний антикорозійний захист дозволяє суттєво зменшити експлуатаційні витрати, подовжити термін служби трубопроводів і запобігти аварійним ситуаціям. Відповідно до вимог чинних будівельних норм ДСТУ Б А.2.4-30:2008, ДСТУ Б В.2.6-193:2013, ДСТУ EN 15635:2016 [1-3] проєктування, виконання та контроль антикорозійних заходів мають здійснюватися з урахуванням умов експлуатації та агресивності середовища, що підкреслює важливість системного підходу до захисту металевих трубопроводів.

На сьогодні через тривалу експлуатацію та відсутність системного обслуговування значна частина трубопроводів у промислових будівлях перебуває у незадовільному стані унаслідок корозійних процесів, що призводить до втрат енергоносіїв, погіршення санітарно-гігієнічних умов і збільшення експлуатаційних витрат підприємств. В умовах підвищених вимог до енергоефективності та безпеки об'єктів, питання вибору ефективних методів антикорозійного захисту набуває особливого значення. Оптимізація технологій захисту дозволяє продовжити термін служби трубопроводів, зменшити експлуатаційні витрати та підвищити екологічну безпеку. Данною тематикою активно цікавляться та досліджують вчені та інженери, як України, так і інших країн [6,8,9]

Мета дослідження: проаналізувати сучасні методи антикорозійного захисту промислових трубопроводів, визначити їх переваги, недоліки та області ефективного застосування з метою вибору оптимального комплексу захисних заходів для підвищення довговічності трубопроводних систем.

Результати дослідження

Корозія – це процес руйнування металів внаслідок хімічної, електрохімічної або біохімічної взаємодії їх з навколишнім середовищем [8]. Основними чинниками, що спричиняють корозію, є підвищена вологість, агресивні газові середовища, коливання температури та електрохімічні процеси у металевих елементах трубопроводів. Неefективний захист призводить не лише до зниження надійності систем, а й до аварійних ситуацій, що можуть загрожувати безпеці персоналу та зупинці технологічних процесів [2].

Для промислових трубопроводів корозія становить особливу небезпеку, адже ці системи працюють у складних експлуатаційних умовах – за підвищеної вологості, температурних перепадів, агресивних газових і хімічних середовищ. Основними чинниками, що прискорюють процес корозії, є

волога, кисень, солі, кислоти, а також електрохімічні реакції, які виникають при контакті різнорідних металів у присутності електроліту.

Внутрішні поверхні труб піддаються впливу транспортovаних рідин або газів, які можуть містити агресивні домішки. Зовнішня частина трубопроводів контактує з повітрям, ґрунтом, конденсатом і промисловими викидами. Унаслідок цього навіть невеликі пошкодження захисного шару призводять до утворення вогнищ корозії.

Додатково процес прискорюють конструктивні дефекти — пори, тріщини, зварні шви, які мають підвищену електрохімічну активність. При наявності вологи між такими ділянками утворюються гальванічні пари, де один метал виступає анодом і швидко руйнується. Погодні коливання та цикли «замерзання–відтавання» створюють мікротріщини, які відкривають шлях для проникнення агресивних речовин.

Таким чином, корозійне руйнування трубопроводів є результатом взаємодії фізико-хімічних, електрохімічних і конструктивних факторів, що потребує комплексного підходу до захисту металевих поверхонь.

Антикорозійний захист – це комплекс технологічних заходів, спрямованих на запобігання або уповільнення процесу руйнування металу. Залежно від умов експлуатації трубопроводів застосовують кілька різних методи.

Методи антикорозійного захисту трубопроводів [4]:

- конструктивний захист – використання корозійностійких матеріалів (нержавіючі сталі, полімерні труби, алюмінієві або композитні сплави).
- пасивний захист – нанесення лакофарбових, епоксидних, поліуретанових, полімерних або металевих покриттів, які створюють бар'єр між металом і середовищем.
- активний захист – катодна або протекторна система, що забезпечує електрохімічний захист металу від окислення.
- технологічні заходи – контроль вологості, температури, вентиляції, правильне розташування трубопроводів у приміщеннях і захист від конденсату.
- гаряче цинкування – процес покриття сталевих елементів шаром цинку.

Порівняння методів наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Аналіз методів антикорозійного захисту трубопроводів

Метод захисту	Переваги	Недоліки
Конструктивний захист	Довговічність, мінімум обслуговування	Висока початкова вартість, обмеження застосування
Пасивний захист	Універсальність, фізичний бар'єр, доступність	Вразливість до пошкоджень, потребує оновлення
Активний захист	Ефективність у складних середовищах	Вимагає джерела живлення/заміни протекторів, складність монтажу та моніторингу
Технологічні заходи	Профілактика, економічний спосіб запобігання	Обмежена сфера (тільки приміщення), недостатній для агресивного середовища
Гаряче цинкування	Найбільш ефективний та довговічний, подвійний захист (бар'єр + протектор), стійкість до механічних пошкоджень	Обмеження розміру елементів

Серед усіх методів найбільш ефективним і довговічним вважається гаряче цинкування.

Процес гарячого цинкування (рис.1) включає етапи – очищення поверхні від забруднень та іржі; кислотне травлення; флюсування (активація поверхні); занурення у розплавлений цинк; охолодження й пасивація.

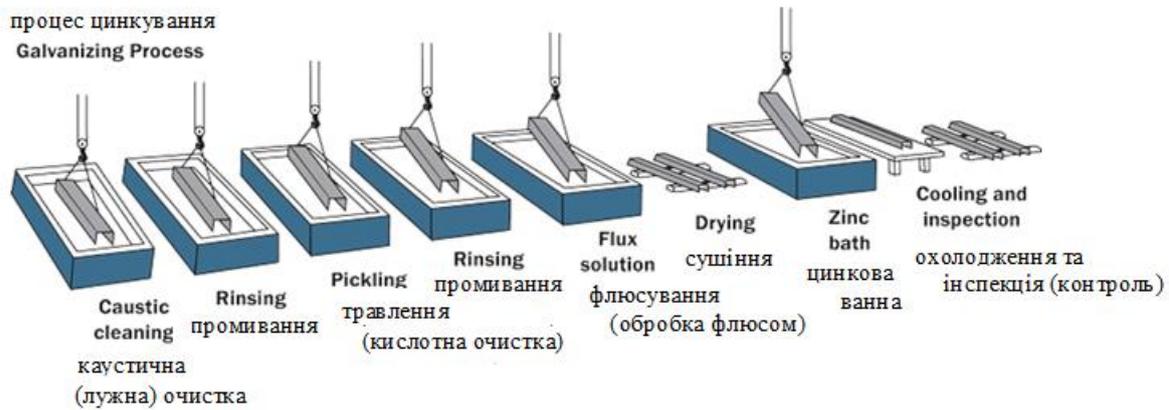


Рис.1. Процес гарячого цинкування металу [6]

Покриття, отримане цим методом, не лише ізолює метал від впливу середовища, а й забезпечує катодний захист: при пошкодженні поверхні цинк «жертвує» собою, запобігаючи корозії сталі.

Основні переваги гарячого цинкування: висока довговічність (термін служби до 50 років); стійкість до механічних пошкоджень і агресивних середовищ; рівномірне покриття навіть у важкодоступних місцях; мінімальні витрати на подальше обслуговування.

До недоліків методу належать технологічні обмеження – потреба у спеціальних ваннах певних розмірів, що зображені на рис.1, неможливість обробки змонтованих труб і вища вартість початкового процесу. Проте у довгостроковій перспективі ці витрати повністю компенсуються зниженням експлуатаційних витрат. [3]

Висновки

Антикорозійний захист трубопроводів у промислових будівлях є ключовим елементом забезпечення довговічності, надійності та безпечної експлуатації інженерних систем. Корозійні процеси, які неминуче відбуваються в металі під впливом навколишнього середовища, призводять до втрати міцності матеріалу, зниження пропускної здатності трубопроводів і зростання ризику аварійних ситуацій. Тому системний підхід до антикорозійного захисту має не лише технічне, а й економічне значення.

Залежно від умов роботи системи застосовуються різні методи – конструктивний, пасивний, активний, технологічний та гаряче цинкування, кожен з яких має свої переваги й сферу доцільного використання. Комплексне поєднання цих заходів дає змогу істотно підвищити довговічність трубопроводів, зменшити ризик аварій і витрат на ремонт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ EN 15635:2016. Експлуатування та технічне обслуговування складського устаткування. Системи складські стаціонарні сталеві. [Чинний від 2017-10-01] – 45 с. – (Національні стандарти України).
2. ДСТУ Б А.2.4-30:2008. Система проектної документації для будівництва. Антикорозійний захист технологічних апаратів, газоходів і трубопроводів. Робочі креслення
3. ДСТУ Б В.2.6-193:2013 Захист металевих конструкцій від корозії. Вимоги до проектування
4. Архітектура будівель і споруд. Багатоповерхові каркасні будинки : навч. посібник / [Смоляк В. В., Ковальський В. П., Козинюк Н. В. та ін.].- Вінниця : ВНТУ, 2019. – 76 с.
5. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. К.: Мінбуд України, 2009. – 37 с. – (Державні будівельні норми України).
6. Хімічна корозія та захист металів : навчальний посібник / [П. І. Стосв, С. В. Литовченко, І. О. Гірка, В. Т. Грицина]. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2019. – 216 с.
7. ДСТУ EN ISO 1461:2024 Покриття, нанесені методом гарячого цинкування на вироби із чавуну та сталі. Технічні вимоги та методи випробування (EN ISO 1461:2022, IDT; ISO 1461:2022, IDT)
8. Методи захисту обладнання від корозії та захист на стадії проектування [Електронний ресурс] : підр. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології», спеціалізації «Електрохімічні технології неорганічних та органічних матеріалів» / М. В. Бик, О. І. Букет, Г. С. Васильєв. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 318 с.
9. Панкевич В. В. Гуменчук А.С. Аналіз факторів, що впливають на технічний стан сталевих трубопроводів/ Матеріали міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2025)» [Електронне мережне наукове видання] : збірник матеріалів. – Вінниця: ВНТУ, 2025.

10. Матеріали сучасної техніки та захист від руйнування [Електронний ресурс]: [Борисенко Ю. В]. – Київ КНУТД 2016. – 114 с.

Антепа Дар'я Юріївна — студентка групи 1Б-22б, факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії email: dashaantepa27@gmail.com

Панкевич Ольга Дмитрівна – к.т.н., доцент кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, e-mail: pankevich@vntu.edu.ua

Antepa Daria— student of group 1B-22b, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering email: dashaantepa27@gmail.com

Olga Pankevych – Cand. Sc. (Eng.), Ass. Prof. of the Department of Engineering Systems in Construction. Vinnytsia National Technical University e-mail: pankevich@vntu.edu.ua