

УДК 620.197

## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ, ВИРОБІВ ТА МАШИН ЗА ДОПОМОГОЮ ЗАСТОСУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИХ ЗАСОБІВ

Бондар О.І.<sup>1</sup>, Савенко В.І.<sup>2</sup>, Машков О.А.<sup>1</sup>, Висоцька Г.Ф.<sup>3</sup>, Каратєєв А.М.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління  
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ,  
dei2005@ukr.net

<sup>2</sup>Київський національний університет будівництва та архітектури  
Повітрофлотський проспект 31, 03037, Київ  
knuba@knuba.edu.ua

<sup>3</sup>Приватне підприємство «Руслан і Людмила»  
вул. Межигірська, 87а, 04080, м. Київ

<sup>4</sup>Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»  
вул. Кирпичова, 2, 61002, м. Харків  
omsroot@kpi.kharkov.ua

Корозія металевих конструкцій щорічно призводить до мільярдів втрат, коли зростають витрати на захист і відновлення металевих виробів. Забезпечення функціональної стійкості металевих конструкцій пропонується здійснювати шляхом захисту від корозії – правильної підготовки поверхні, нанесення шару високоякісних герметиків, фарб або інших видів покриття. Пропонується використовувати екологічно безпечну рослинну речовину “Contrrust”, яка запатентована і випробувана як ефективний засіб блокування джерел корозії (іржі) і підготовки поверхні до захисних покриттів. *Ключові слова:* конструктор, корозія, захисні покриття, іржа, екологія.

**Обеспечение функциональной устойчивости металлических конструкций, изделий и машин с помощью применения экологически чистых средств.** Бондарь А.И., Савенко В.И., Машков О.А., Высоцкая Г.Ф., Каратеев А.М. Коррозия металлических конструкций ежегодно приводит к миллиардам потерь, при этом возрастают затраты на защиту и восстановление металлических изделий. Обеспечение функциональной устойчивости металлических конструкций предлагается осуществлять путем защиты от коррозии – правильной подготовки поверхности, нанесения слоя высококачественных герметиков, красок или других видов покрытия. Предлагается использовать экологически безопасное растительное вещество “Contrrust”, запатентованное и испытанное в качестве эффективного средства блокировки источников коррозии (ржавчины) и подготовки поверхности к защитным покрытиям. *Ключевые слова:* конструктор, коррозия, защитные покрытия, ржавчина, экология.

**Providing functional stability of metal structures, products and machines by using environmentally friendly means.** Bondar O., Savenko V., Mashkov O., Vysotska H., Karatieiev A. Corrosion of metal structures annually leads to billions of losses, while the costs of protecting and restoring metal products are increasing. Ensuring the functional stability of metal structures is proposed to be carried out by protecting against corrosion, – correct surface preparation, applying a layer of high-quality sealants, paints or other types of coating. It is proposed to use environmentally safe plant substance “Contrrust”, patented and tested, as an effective means of blocking sources of corrosion (rust) and surface preparation to protective coatings. *Key words:* contractor, corrosion, protective coatings, rust, ecology.

Величезні затрати на заміну чи відновлення вражених корозією металевих частин, деталей машин і устаткування, конструкцій будівель і виробів широкого вжитку спонукають людство до пошуків засобів захисту від корозії. Дослідження і досвід багаторічної експлуатації металевих виробів свідчать про те, що найважливішим у захисті і запобіганні корозії є надійна і правильна підготовка поверхонь металів до

пофарбування. Легше і надійніше запобігти процесу корозії, ніж зупинити і відновити вражені деталі і вироби.

Відомо багато досліджень процесів корозії і вдосконалення захисних покриттів. Також є багато речовин для очищення поверхонь, інгібіторів, напилень, домішок тощо. Екологічно безпечних, ефективних засобів рослинного походження не представлено.

Є вже запатентований перетворювач “Contrust”, Патент № (11) 61544, автор Л.М. Висоцька, але його просування на ринку досить повільне.

**Мета роботи** – вивчення видів корозії і процесів, що випробовуються напочатку і під час коронування металів для знаходження надійних реагентів погашення мікроджерел корозії і створення надійної плівки (захисного шару) на поверхні до пофарбування, під якою неможливий початок корозії під захисним шаром.

**Результати досліджень.** Через об’єктивні і суб’єктивні причини, недобросовісну конкуренцію, некомпетентність, корупцію тощо на сучасному етапі розвитку виробництва, науки і техніки втрати від корозії в промислово розвинених країнах сягають 3–5% національного доходу. В Україні проблеми з корозією значно більші внаслідок низки причин. Більшість споруд, які все ще експлуатуються, досягли критичного віку 40–60 років. Фахівці вважають, що об’єкти з таким терміном служби близькі до передаварійного стану або вже в такому. Особливо це стосується металургійних і хімічних підприємств, нафто- і газопроводів, плавзасобів, де елементи і конструкції працюють у високоагресивних середовищах. Саме через корозію на рік втрачається 1,5–2% зі 100 млн. тонн конструкцій, що використовуються. Це призводить до мільярдів доларів збитків, надзвичайних ситуацій, екологічних катастроф.

Особливого збитку завдає корозія металів. Найпоширеніший і найбільш знайомий усім нам вид корозії – іржавіння заліза. Тому арки мостів, ферми, балки й інші конструкції і вироби з металу треба захищати комплексно. Корозія – це фізико-хімічна взаємодія металу із середовищем, що призводить до руйнування металу. Унаслідок корозії метали переходять у стійкі сполуки – оксиди або солі, у вигляді яких вони спостерігаються в природі. Корозія з’їдає до 10% виробленого в країні металу. Важко врахувати непрямі втрати від простоїв і зниження продуктивності устаткування, що піддалося корозії, від порушення нормального перебігу технологічних процесів, від аварій, спричинених зниженням міцності металевих конструкцій.

*Іржа* – це шар частково гідратованих оксидів заліза, що утворюється на поверхні заліза і деяких його сплавів унаслідок корозії.

За механізмом корозія буває **хімічна, електрохімічна** (розвиток електрохімічної корозії можна уповільнити не лише шляхом безпосереднього гальмування анодного процесу, але й впливом на швидкість катодного. Найбільш поширені два катодних процеси: розряд водневих іонів ( $2e + 2H^+ = H_2$ ) і відновлення розчиненого кисню:

$4e + O_2 + 4H^+ = 2H_2O$  або  $4e + O_2 + 2H_2O = 4OH^-$ , які часто називають відповідно водневою і кисневою деполяризацією. Це **газова, атмосферна корозія, рідинна корозія, підземна корозія** (характерною

особливістю підземної корозії є різниця у швидкості (у десятки тисяч разів) доставки кисню (основного деполяризатора) до поверхні підземних конструкцій у різних ґрунтах).

Сучасний захист металів від корозії базується на таких методах:

- підвищення хімічного опору конструкційних матеріалів;
- ізоляція поверхні металу від агресивного середовища;
- зниження агресивності виробничого середовища;
- зниження корозії накладенням зовнішнього струму (електрохімічний захист).

Ідеальний захист від корозії на 80% забезпечується правильною підготовкою поверхні і тільки на 20% якістю лакофарбових матеріалів, що використовуються, і способом їх нанесення.

Тривалість і ефективність покриття сталевих поверхонь значно залежать від ретельності підготовки поверхонь для фарбування. Підготовка поверхні передбачає усунення окалини, іржі та сторонніх речовин, якщо вони є, зі сталеві поверхні перед нанесенням заводської ґрунтовки або праймера. Вторинна підготовка поверхні спрямована на усунення іржі або сторонніх речовин, якщо вони є, зі сталеві поверхні із заводською ґрунтовкою або праймером до нанесення антикорозійної фарбувальної системи.

За останні роки цій проблемі не приділяється увага на державному рівні, майже припинили своє існування галузеві системи нагляду за експлуатацією будівель і споруд. Сьогодні має місце значне відставання антикорозійного захисту як організаційно, так і за рівнем технологій: у нас немає сформованого напрямку і відпрацьованої обов’язкової системи обстеження об’єктів, правил включення інноваційних технологій у проектно-кошторисну документацію та нормативні документи для підвищення корозійної стійкості експлуатованих об’єктів, довгобудів і металопродукату на складах. Жорсткі умови експлуатації металоконструкцій і підвищені вимоги до їхнього технічного стану визначають необхідність застосування надійних, екологічно чистих і економічно вигідних засобів антикорозійного захисту поверхні виробів та зниження швидкості корозії сталевих конструкцій, що експлуатуються в атмосферних умовах і технологічних середовищах.

Для вирішення проблем корозії металоконструкцій, мінімізації шкоди навколишньому середовищу, здоров’ю людини та стану будівель і споруд, зменшенню трудовитрат, строків ремонту та будівництва об’єктів, для досягнення високого економічного ефекту винайдений перетворювач іржі. Перетворювач складається з дубильного екстракту, харчової кислоти і води, що містить срібло в складі мас. %: дубильний екстракт – 15–45, харчова кислота – 3–2, решта – вода зі вмістом срібла –

0,001–0,05 мг/дм<sup>3</sup>. Якщо товщина іржі перевищує 300 мкм, то краще, щоб перетворювач містив 0,001–0,005 мас. % гептагерманату натрію (Na<sub>6</sub>Ge<sub>2</sub>O<sub>7</sub>). Він сприяє кращому проникненню перетворювача в раковини металу і служить для знищення центрів корозії (Україна, Патент № 61544, С 09 D 5/08 ; Азербайджан, Патент № IX TIRA I 2007 0104, автор Л.М. Висоцька). Для антикорозійного захисту плавзасобів, а також металоконструкцій, які постійно перебувають в агресивних середовищах, до складу перетворювача можливе додавання 10–15 мас. % рідкого натрієвого скла (Na<sub>2</sub>O (SiO<sub>2</sub>)).

У патенті UA 61544 розкритий перетворювач іржі, що містить мінімальну кількість компонентів, але має здатність до нанесення на іржаві поверхні, покриті конденсатом, має високу перетворювальну здатність, малий час висихання, що й забезпечує міцність отриманого покриття й стійкість його до впливу води, масла й нафти-сирцю, бензину й інших середовищ, з якими контактує покриття.

Він має такий склад (мас. %):

– дубильний екстракт – 15–45;

– харчова кислота – 3–12;

– вода зі вмістом срібла 0,001–0,05 мг/дм<sup>3</sup> – решта.

Додатково перетворювач іржі може містити 0,001–0,005 мас. % гептагерманату натрію (Na<sub>6</sub>Ge<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) або 10–15 мас. % рідкого натрієвого скла.

Описана композиція найбільш пристосована для виконання певної функції: ґрунту, модифікатора, перетворювача іржі.

У процесі впровадження перетворювача іржі “Contrust” запроваджене вдосконалення для досягнення ще вищого економічного ефекту і просування на міжнародні ринки, з огляду на те, що аналога немає.

Матеріал «Контраст» належить до засобів для боротьби з іржею, а точніше, до композицій для боротьби з іржею на основі таніну.

Танін є природною дубильною речовиною, що утворює з оксидами заліза нерозчинні танат-комплекс. У композиціях для боротьби з іржею як танін використовують дубильні екстракти деревини (дуб, верба, ялина).

В основі нової технології боротьби з корозією лежить універсальний перетворювач іржі, засіб, який:

– має підвищені проникаючу й перетворюючу здатність і властивості модифікатора;

– забезпечує утворення міцно зчепленої з основою металоконструкції плівки, яка має ефект інгібітора корозії, може служити консервантом і як ґрунт із підвищеною теплостійкістю й термостабільністю, знижує наводнювання сталі, має фунгіцидні властивості;

– виключає утилізацію відпрацьованих шкідливих для здоров'я й навколишнього середовища матеріалів (оксиди заліза, оксиди кремнію й алюмінію, природний газ, вуглекислий газ), які використовуються

під час очищення іржавої поверхні дорогими способами очищення (абразиво-струминний, полум'яний й полум'яно-абразивний, гідробластинг);

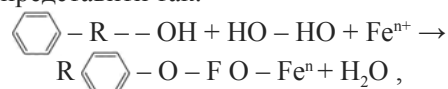
– цінною властивістю речовини «Контраст» є також можливість створення композиції для приготування перетворювача іржі, яка була б зручна під час транспортування, зберігання й приготування перетворювача іржі.

Ще одним важливим моментом є розроблення способу приготування перетворювача іржі у вигляді концентрату, що запроваджено на ПП «Руслан і Людмила»/

У перетворювача іржі модифікації «А» ДСТУ № 4372:2005 (додаток № 4), що включає дубильний екстракт, щавлеву кислоту, джерело срібла й воду як джерело срібла, використане азотнокисле срібло. Перетворювач додатково містить оксиетилидендифосфонову кислоту-1 і дубильний екстракт.

Дубильні екстракти – це речовини, які екстрагуються парою з дубильної деревини і кори дуба, верби, ялини й ін. У перетворювача іржі зв'язуючими і пасивуючими іржу є таніни – основний компонент сухої частини дубильних екстрактів. За хімічною будовою таніни – це поліфеноли, будова яких дуже складна.

З іржею і поверхнею металу таніни взаємодіють своїми гідроксидними групами. Хімізм реакції можна представити так:



де Fe<sup>n+</sup> – іон заліза, наявний в іржі; n може дорівнювати 2 або 3; щавлева кислота – 3,80–7,72; H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> – 2H<sub>2</sub>O, азотнокисле срібло – 0,01–0,10; AgNO<sub>3</sub>, оксиетилидендифосфонову кислоту-1 – 0,15–0,67; вода або вода зі спиртом – решта.

Оксиетилидендифосфонову кислоту-1 (далі – ОЕДФ), будучи розчиненою у воді, має поверхневу активність, тому сприяє швидкому проникненню перетворювача в пори іржі, навіть найдрібніші. ОЕДФ синергетично підсилює перетворювальну здатність танінів. На основі металоконструкції утворюється міцно зчеплена з нею танатна плівка, яка має ефект інгібітора корозії. Плівка знижує наводнювання сталі – небезпечне явище, яке робить сталь крихкою і яке відбувається під впливом на сталь органічних кислот. Плівка служить ґрунтом із високою теплостійкістю й термостабільністю під час наступного нанесення лакофарбових та ізоляційних покриттів.

ОЕДФ проникає в пори окалини, пасивує велику кількість продуктів корозії, що призводить до відшарування окалини від прокородованого металу й до появи адгезивного контакту між ним і ґрунтувальним покриттям. Вступаючи в хімічну реакцію з поверхнею металу, утворює плівку. Плівка, що утворилася, має ефект інгібітора, перешкоджає реакції активної поверхні заліза з киснем у вологому середовищі.

Поверхня стає більш стійкою до корозії:

Наявність у воді азотнокислого срібла в комбінації з ОЕДФ дозволяє досягати глибокої дифузії перетворювача в шар іржі, що сприяє утворенню міцної плівки з високою адгезією. Одержане покриття має високу стійкість до впливу води, масел, нафти-сирцю й газів, що утворюються під землею за блукаючих струмів.

Завдяки додаванню азотнокислого срібла поверхня металоконструкції, оброблена перетворювачем, і сам перетворювач не зазнають біокорозії. Особливо ефективного використання азотнокислого срібла за підвищеного вмісту в контактуючій із металоконструкцією воді, хлоридів іонів, які активізують процеси корозії. Тому для нейтралізації додається азотнокисле срібло, яке взаємодіє в реакції іонів срібла з іонами хлору  $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl} \downarrow$  (іони хлору випадають в осад).

Крім того, азотнокисле срібло не випадає в осад у разі зберігання перетворювача іржі, що має місце в перетворювачі іржі за Патентом UA 61544, в якому використовується колоїдне срібло.

Триполіфосфат натрію, гексаметафосфат натрію та гліоксаль ще більше підсилюють інгібіторні властивості плівки, що надалі запобігає загальнокорозійному процесу.

Лимонна кислота підсилює консервуючі властивості перетворювача іржі й він може успішно застосовуватися як консервант для запобігання корозії під час зберігання металопродукату й металевих елементів і конструкцій.

У композиції для приготування перетворювача іржі, що містить дубильний екстракт, щавлеву кислоту й срібло, як джерело срібла використане азотнокисле срібло, і вона додатково містить оксиетилідендифосфонову кислоту-1 за такою співвідношення компонентів, у мас. % (модифікація «Б» (пастоподібна суміш) ДСТУ 4372:2005):

– дубильний екстракт – 49–76;

– щавлева кислота – 23–47;

– азотнокисле срібло – 0,05–0,60;

– оксиетилідендифосфонову кислоту-1 – 0,95–4.

Буде краще, якщо композиція містить також такі компоненти, мас. %:

– триполіфосфат натрію – 0,40–1,30;

– гексаметафосфат натрію – 0,40–1,30;

– гліоксаль – 3,10–3,45.

Композиція може містити також 0,90–3,50 мас. % лимонної кислоти; воду в такій пропорції: на одну масову частину композиції 0,20–0,50 масових частин води.

Згідно з винаходом, третє завдання вирішується тим, що описану вище композицію змішують із водою в пропорції на одну масову частину композиції 5–6,25 масових частин води. За необхідності 0,10–0,30 мас. % води замінюють спиртом.

**Висновки.** Досліджено фізико-механічні властивості консерванта перетворювача іржі «Контраст» та покриттів на основі водної бітумно-латексної емульсії, бутилкаучукових мастик, сухих будівельних сумішей та ін.

Вивчено вплив рівня й якості підготовки поверхні на захисні властивості покриттів. Результати дослідження вказують на те, що покриття на основі бітумно-латексних емульсій бутилкаучукових мастик та сухих сумішей розробленого складу не потребують трудомісткої, технологічно складної, ретельної підготовки поверхні перед нанесенням.

Запропоновано конструкції систем покриттів для протикорозійного захисту магістральних нафтогазопроводів, цінного металевого обладнання, машин та інших металовиробів. Проведені дослідження та випробування довели, що запропоновані конструкції систем покриттів відповідають необхідним нормативним вимогам для забезпечення антикорозійного захисту нафтогазопроводів, машин та інших металовиробів і можуть мати великі перспективи, передусім для ремонту вже наявних об'єктів.

### Література

1. Ковалець С.І. Метали та їх властивості. К., 1983. 126 с.
2. Хомченко Г.П., Цитович И.Г. Неорганическая химия. М.: Высшая школа, 1987. 464 с.
3. Фримантл М. Химия в действии: в 2-х ч. Ч. 1. М.: Мир, 1998. 528 с.
4. ТУУ 14333–082/001–98 «Перетворювач іржі «Контраст»». К., 1998.
5. ДСТУ 4372:2005 «Перетворювач іржі на основі деревинної речовини. Технічні вимоги». К., 2005.
6. Патент № (11) 61544 «Перетворювач іржі «Контраст»».
7. Машков О.А., Барабаш О.В., Дурняк Б.В., Обідін Д.М. Забезпечення функціональної стійкості складних технічних систем. Моделювання та інформаційні технології: зб. наук. праць. Інститут проблем моделювання в енергетиці. Вип. 64. К., 2012. С. 36–41.
8. Машков О.А., Аль-Тамими Р.К.Н., Лами Д.Д.Х., Косенко В.Р. Функціональна стійкість складних екологічно-небезпечних динамічних систем. Екологічні науки: науково-практичний журнал. 2016. № № 3–4 (14–15). С. 65–74.