

УДК 620.193

О.Е. Чигиринець, В.І. Воробйова, М.І. Скиба*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»***ФОРМУВАННЯ ПРОТИКОРОЗІЙНОГО ПОКРИТТЯ НА ПОВЕРХНІ СТАЛІ ІЗ ПАРОВОЇ ФАЗИ СИЛОКСАНІВ**

Прискореними гравіметричним методом корозійних випробувань в умовах періодичної конденсації вологи встановлено синергетичне підвищення інгібуючої ефективності рослинного екстракту при введенні алкоксисиланів. Отримані результати поглиблюють наукові основи підбору синергетичних компонентів до рослинних екстрактів.

Ключові слова: покриття, атмосферна корозія, леткий інгібітор, плівка, силоксан.

Рис. 2. Літ. 6.

Е.Э. Чигиринец, В.И. Воробьева, М.И. Скиба**ФОРМИРОВАНИЕ АНТИКОРРОЗИОННОГО ПОКРЫТИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ СТАЛИ ИЗ ПАРОВОЙ ФАЗЫ СИЛОКСАНОВ**

Ускоренными гравиметрическим методом коррозионных испытаний в условиях периодической конденсации влаги установлено синергетическое повышение ингибирующей эффективности ингибитора коррозии на основе природных органических соединений при введении алкоксисиланов. Полученные результаты углубляют научные основы подбора синергетических компонентов к растительным экстрактам.

Ключевые слова: покрытие, атмосферная коррозия, летичий ингибитор, пленка, силоксан.

O.E. Chygyrynets', V.I. Vorobyova, M.I. Skiba**ANTI-CORROSION FILM FORMED ON CARBON STEEL SURFACE BY ORGANOSILANES FROM GAS-VAPOR PHASE**

The results of obtained information will help to deepen scientific principles for the development of volatile corrosion inhibitors. Their inhibition action was evaluated on corrosion of mild steel under a thin-film electrolyte consisting of simulated water using the weight loss method installed a synergistic increase in the inhibitory activity of a plant extract when administered alkoxy silanes compounds. The obtained results improve the scientific basis for selection the synergistic components in plant extracts.

Keywords: coating, atmospheric corrosion, volatile inhibitors, films, organosilanes.

Постановка проблеми. За відсутності протикорозійного захисту на поверхні металовиробів під час його зберігання, тимчасового ремонту устаткування, або транспортування, утворюються корозійні ураження, які значним чином погіршують товарний вигляд, знижують його споживчу цінність і, відповідно, вартість продукції. На сьогоднішній день найбільш технологічним і ефективним методом протикорозійного захисту під час зберігання або транспортування металевих виробів є використання летких інгібіторів атмосферної корозії (ЛІАК) [1-6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз сучасної науково-технічної літератури свідчить, що процес виробництва летких інгібіторів шляхом організації багатостадійного синтезу в сучасних умовах є завдання технічно складним, а інколи і економічно невигідним. Тому найбільш перспективними є комбінаційні ЛІАК, отримання яких в ідеальному випадку передбачає просте змішування рослинних продуктів з індивідуальними синтетичними органічними сполуками.

Постановка задач. Для вирішення цієї задачі в роботі розроблено комбінаційний інгібітор на основі рослинного екстракту і леткого силану - (3-аміно-пропіл)-триетоксисилан для модифікації поверхні сталі.

Метою даної роботи було розробка комбінаційного інгібітору та визначення механізму формування захисної плівки на поверхні сталі.

Виклад основного матеріалу.

Вивчення ефективності дії ІЕГВ і ЛІАК на його основі, на корозійно-електрохімічну поведінку сталі проводили на зразках металу, виготовлених зі сталі Ст20. Протикорозійну ефективність екстракту шроту ріпаку як леткого інгібітору атмосферної корозії сталі оцінювали методом прискорених випробувань за умови конденсації вологи. Для досліджень були використані зразки загальною площею 25 см², які розміщували в герметичній посудині з інгібітором на 3 доби для формування захисної плівки. Після чого в герметичну ємність додавали 15 см³ розчину для конденсації, герметично закривали і розміщували в термокамері, в якій підтримували режим

періодичної конденсації води (1 цикл випробувань складав: 8 годин при температурі 40°C і 16 годин - при температурі 25°C). Загальна тривалість випробувань склала 21 добу. Загальна тривалість випробувань склала 21 добу. Швидкість корозії сталі визначали гравіметричним методом. Натурні та прискорені випробування захисної дії інгібіторів проводили за ГОСТ 1510 – 69, ГОСТ 9.041 – 74, ГОСТ 9.509 – 89. Визначення поляризаційних характеристик проводили за допомогою потенціостата ПИ-50.1 (з програматором ПР-8) в потенціостатичному режимі.

Морфологію поверхні досліджували за допомогою електронного мікроскопі SEM. Реєстрацію ІЧ – спектрів екстрактів рослинної сировини здійснювали на ІЧ – Фур'є – спектрометрі Jasco FT/IR – 4000.

Аналіз результатів пришвидшених корозійних випробувань свідчить, що рослинний екстракт та розроблений комбінаційний інгібітор забезпечують достатньо високий ступінь протикорозійного захисту сталі ($Z = 65 \dots 99\%$).

Закономірно, що при використанні комбінаційного ЛІАК ступінь захисту суттєво збільшується і становить близько 99,6%. Слід зауважити, що обробка зразків у паровій фазі індивідуального ізопропанолу та аміносилану не підвищує корозійну тривкість металу.

Загальноновизнано, що швидкість процесу формування захисної плівки на поверхні металу і її захисні властивості залежать як від хімічної природи складових композиції леткого інгібітору. Тому в роботі електрохімічними методами досліджено впливу поверхневих плівок на часткові електродні процеси корозії сталевих зразків, що дало змогу дослідити кінетику формування захисних плівок на поверхні сталі. Аналіз катодних поляризаційних кривих (рис. 1) свідчить, що досліджуваний рослинний екстракт та комбінаційний інгібітор на його основі є леткими інгібіторами змішаного типу, які гальмують як катодну, так і анодну реакції корозійного процесу. Достатнім часом для формування захисної плівки на поверхні металу є попередня обробка зразка протягом 72 годин в паровій фазі ЛІАК (рис. 2), що також узгоджується з результатами досліджень морфології поверхні (рис. 2).

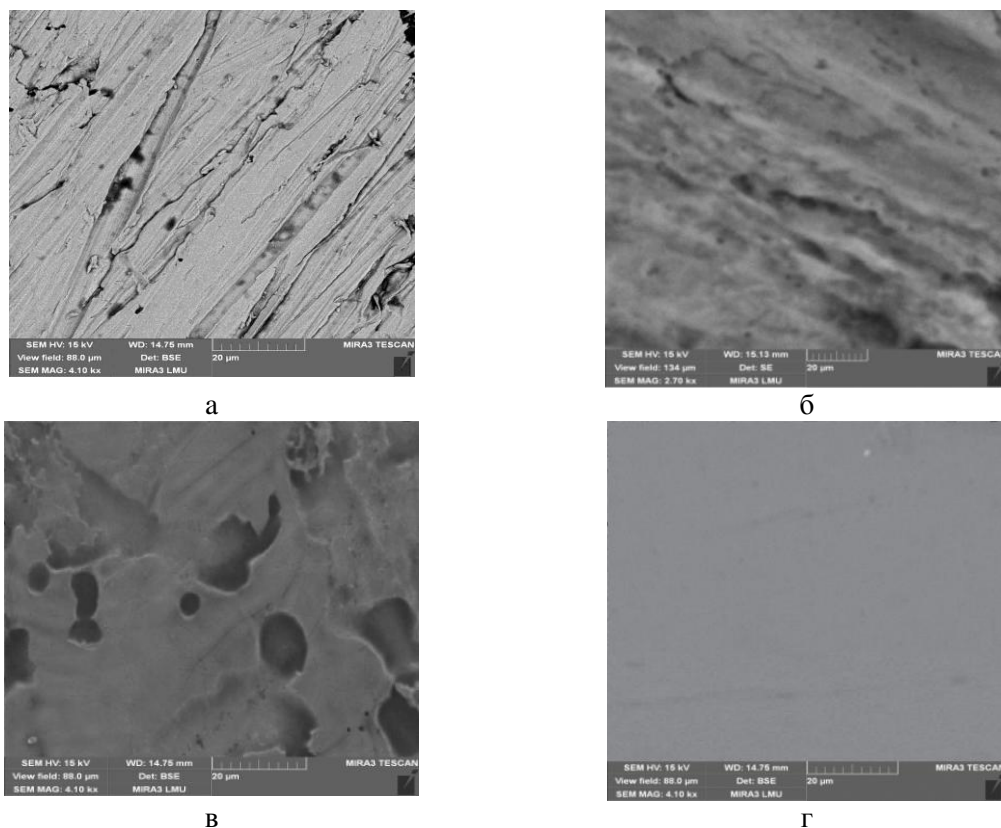


Рис. 1. Морфологія поверхні зразка сталі без обробки інгібітором (а) залежно від тривалості обробки комбінаційним ЛІАК (б-г)

Морфологія плівок в залежності від часу формування має різний зовнішній вигляд. Так, плівки, що формуються на поверхні сталі впродовж 24-48 годин, мають більш «рихлу» та

несуцільну будову. Зі збільшенням часу формування до 72 годин, сформована плівка є більш гладкою та щільною.

Для встановлення причин формування захисної плівки з більш високими захисними властивостями при використанні комбінаційного ЛІАК, були знято ІЧ-спектр рослинного екстракту та ІЧ-спектри поглинання плівки, сформованої на поверхні сталі після витримки в атмосфері летких сполук ізопропанольного екстракту гребенів винограду та комбінаційного ЛІАК (рис. 2). Отримані результати свідчать, що після 72 годин (рис. 4) формування плівки на ІЧ-спектрах спостерігається зменшення інтенсивності смуг, що характерні індивідуальному екстракту в області $1800 - 1580 \text{ cm}^{-1}$, смуг поглинання зв'язків $\nu(\text{C=O})$ і збільшення інтенсивності смуг поглинання зв'язків $\nu(\text{C=C})$ та $\nu(\text{C}\equiv\text{C})$ в області $1680 - 1640 \text{ cm}^{-1}$ та $2140 - 2100 \text{ cm}^{-1}$, що відповідають двом групам сполук – димерним і тримерним аддуктам полімеризації. Враховуючи вищезгадане, можна припустити, що модифікація захисних плівок під час їх формування пов'язана з хімічним перетворенням адсорбованих сполук рослинної сировини внаслідок взаємодії адсорбованих сполук між собою.

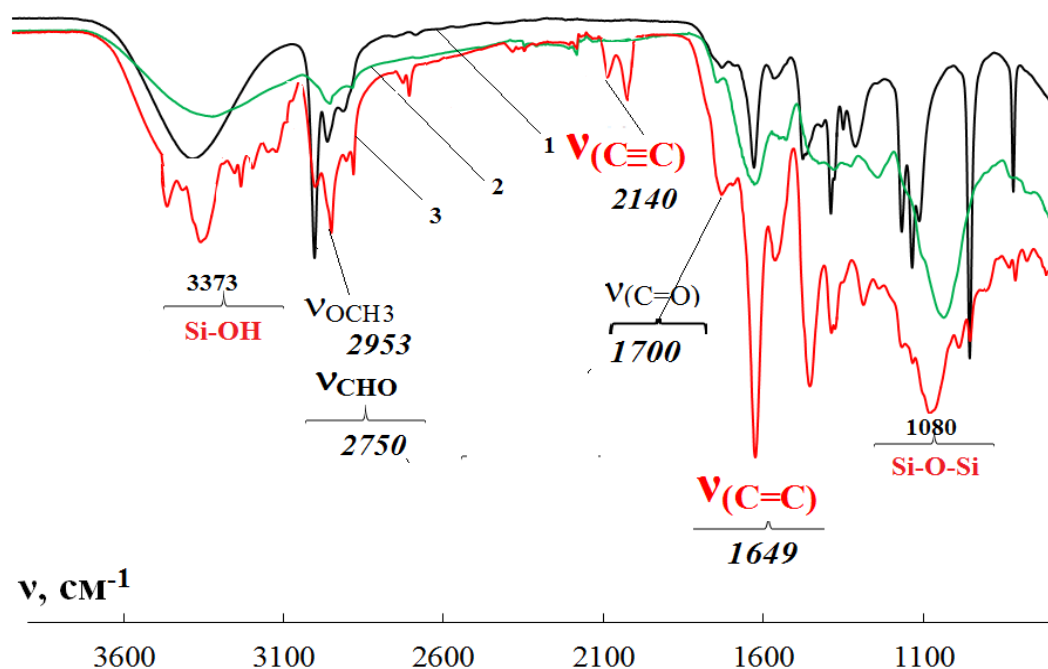


Рис. 2. ІЧ – спектри поглинання ІЕГВ (1) та ІЧ- спектри відображення на поверхні сталі Ст 3, обробленої леткими сполуками рослинного екстракту протягом 2) та комбінаційним ЛІАК (3)

По-друге аналіз ІЧ-спектрів після обробки комбінаційним ЛІАК вказує на присутність піків, що відповідають зв'язкам Si-O-Si (1080 cm^{-1}) і Si-OH (3373 cm^{-1}), і ще більш інтенсивні піки смуг поглинання зв'язків $\nu(\text{C=C})$ та $\nu(\text{C}\equiv\text{C})$, що відповідають полімеризаційним зв'язкам. Це дозволяє зробити припущення про вагомий внесок в захисну дію комбінаційного ЛІАК полімеризації та поліконденсації органічних сполук рослинних екстрактів між собою, а також леткого аміносилоксану на поверхні сталі. Вірогідно, що у присутності води, гідрозітована алкокси група здатна до утворення реакційної силанольної групи (Si-OH), яка вступає в реакцію з гідроксильною групою на поверхні металу, з утворенням силосан (Si-O-Si) і металсилосан (Me-O-Si) ковалентних зв'язків. Кислоти та альдегіди, які адсорбовані на поверхні сталі з парової фази рослинного ІЕГВ прискорюють гідроліз силанів. В результаті гідролізу алкоксильної груп, (3-амінопропіл) триетоксисилану, він перетворюється в силанол, молекули якого взаємодіють один з одним і утворюють силосанові зв'язків.

Отже, здатність силанів піддаватися гідролізу з подальшим перетворенням при взаємодії з кислотами, альдегідами, спиртами і парами води рослинного екстракту є перспективними для цілеспрямованого розвитку теоретичних засад формування нанорозмірного захисного покриття на поверхні металу з парогазової фази комбінаційних ЛІАК.

Висновки За результатами прискорених випробувань в умовах вологої атмосфери та поляризаційних досліджень у модельному електроліті вперше з'ясовано, що екстракт гребенів винограду та комбінаційний склад ЛІАК на його основі з вмістом леткого аміносиану, забезпечує високий рівень протикорозійного захисту металу. Формування плівки з максимальними захисними характеристиками закінчується після 72 годин експонування сталі Ст3 в парі ЛІАК. Процес гальмування швидкості корозії сталевих зразків обумовлено адсорбційно-полімеризаційним механізмом. **Вперше** встановлено, що модифікація і підвищення ефективності захисних плівок під час їх формування пов'язана з хімічним перетворенням адсорбованих сполук рослинної сировини внаслідок взаємодії як адсорбованих сполук між собою, так і здатність аміносилоксану до утворення поліконденсованих речовин.

Список використаних джерел:

1. Vorobyova V. I. Formation of protective nano-layers on carbon steel Surface from gas vapor phase / V.I. Vorobyova, K. R. Honchar, O. E. Chygyrynets // Спеціальна металургія: вчора, сьогодні, завтра [Електрон. ресурс]: матеріали XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції, Київ, 19 квітня 2016 р. / [редкол.: В. С. Богушевський (відпов. ред.) та ін.]. – К.: НТУУ «КПІ», 2016. Р. 229-235.
2. Vorob'iova V.I. Mechanism of Formation of the Protective Films on Steel by Volatile Compounds of Rapeseed Cake / V.I. Vorob'iova, O.E. Chygyrynets, O.I. Vasylykevych // Materials Science .- 2015, Vol. 50, Is. 5, Pp 726-735.
3. Chygyrynets' O.E. A study of rapeseed cake extract as eco-friendly vapor phase corrosion inhibitor / O.E. Chygyrynets', V.I. Vorobyova // Chemistry and Chemical Technology. – 2014. Vol. 8, – №. 2. – С. 235–242.
4. Victoriya Vorobyova. Evaluation of various plant extracts as vapor phase corrosion inhibitor for mild steel. Victoriya Vorobyova, Olena Chygyrynets' / British Journal of Science, Education and Culture // – 2014. – №. 2(6). – С. 43 – 49.
5. Vorobyova V.I. Synergistic inhibition effects the extract of oilcake rape seeds /major components and triethylamine on the corrosion of steel / V міжнародна наукова конференція матеріали для роботи в екстремальних умовах – 5 // V.I. Vorobyova, O.E. Chygyrynets, S.Yu. Lipatov // 03 – 05 грудня 2015 р. С. 157-159.
6. Vorobyova V.I. Volatile corrosion inhibitor film formation on carbon steel surface / V.I. Vorobyova, O.E. Chygyrynets', M.I. Vorobyova // HighMatTech: 4-th Intern. conf., October 7-11, 2013: Proceedings of the conference. – Kiev: 2013. – P. 331.

Стаття надійшла до редакції 10.05.2017