

УДК 620.193

ІМПУЛЬСНИЙ СПОСІБ КОНТРОЛЮ КОРОЗІЙНО-МЕХАНІЧНОГО РУЙНУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ

ЛЮБИМОВА-ЗІНЧЕНКО О.В.^{1*}, *к.т.н., доц.*,
АРХИПОВ О.Г.², *д.т.н., проф.*,
КОВАЛЬОВ Д.О.³, *к.т.н., доц.*

^{1*} Кафедра загальної та фізичної хімії, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Технологічний інститут, пр. Радянський 59-а, м. Северодонецьк, 93400, 06452-2-89-95, 050-949-49-77, aspirant-snu@i.ua

²Кафедра обладнання хімічних підприємств, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Технологічний інститут, пр. Радянський 59-а, м. Северодонецьк, 93400

³Кафедра обладнання хімічних підприємств, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Технологічний інститут, пр. Радянський 59-а, м. Северодонецьк, 93400

Анотація. З появою перших технологічних об'єктів проблемою номер один в хімічній і нафтопереробній промисловості є корозія та передчасне корозійно-механічне руйнування обладнання, трубопроводів тощо. Незважаючи на масштаби пошкоджень, масова заміна конструкцій на виробництвах зводиться до мінімуму, а переважають ремонтні роботи. Впровадження систем постійного корозійного моніторингу і контролю на найбільш вразливих ділянках технологічних об'єктів залишається важливим засобом запобігання передчасному виходу обладнання з робочого стану. Це можливо зробити завдяки корозійного моніторингу, який би можна було використовувати для будь-яких матеріалів та середовищ для визначення характеру і швидкості корозії. Тому важливо правильно підібрати найбільш ефективну комбінацію методів корозійного контролю. Існують чотири сучасні електрохімічні методи корозійного контролю, для яких розроблено відповідне обладнання: лінійного поляризаційного опору; зміннострумового імпедансу; вимірювання електричного шуму; визначення електродного потенціалу. В даній роботі розроблено новий електрохімічний імпульсний спосіб контролю корозійно-механічного пошкодження металів, який дає змогу за загальною кількістю зареєстрованих імпульсів і динаміки їх появи при корозійно-механічному руйнуванні обладнання, оцінювати ступінь його пошкодження.

Запропонований спосіб дає можливість проводити контроль корозійно-механічних пошкоджень технологічного обладнання за зміною двох характеристик: різниці потенціалу обладнання у часі і динамікою наростання імпульсів руйнування.

Ключові слова: корозія, імпульс руйнування, корозійно-механічне руйнування, корозійний моніторинг, електрохімічний датчик.

ИМПУЛЬСНЫЙ СПОСОБ КОНТРОЛЯ КОРРОЗИОННО- МЕХАНИЧЕСКОГО РАЗРУШЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

ЛЮБИМОВА-ЗИНЧЕНКО О.В.^{1*}, *к.т.н., доц.*,
АРХИПОВ А.Г.², *д.т.н., проф.*,
КОВАЛЕВ Д.А.³, *к.т.н., доц.*

^{1*} Кафедра общей и физической химии, Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля, Технологический институт, пр. Советский 59-а, г. Северодонецк, 93400, 06452-2-89-95, 050-949-49-77, aspirant-snu@i.ua

²Кафедра оборудования химических предприятий, Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля, Технологический институт, пр. Советский 59-а, г. Северодонецк, 93400

³Кафедра оборудования химических предприятий, Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля, Технологический институт, пр. Советский 59-а, г. Северодонецк, 93400

Аннотация. С появлением первых технологических объектов проблемой номер один в химической и нефтехимической промышленности есть коррозия и преждевременное коррозионно-механическое разрушение оборудования. Несмотря на масштабы повреждений, массовая замена конструкций на производствах сводится к минимуму, а преобладают ремонтные работы. Внедрение систем постоянного коррозионного мониторинга и контроля на наиболее уязвимых участках технологических объектов остается важнейшим способом предотвращения преждевременного выхода оборудования из рабочего состояния. Это можно сделать благодаря коррозионному мониторингу, который можно было бы использовать для каких-либо материалов и сред для определения характера и скорости коррозии. Поэтому важно правильно подобрать наиболее эффективную комбинацию методов коррозионного контроля. Существуют четыре электрохимических метода коррозионного контроля, для которых разработано соответствующее оборудование: линейного поляризационного сопротивления; токопеременного импедансу; измерения электрического шума; определения электродного потенциала. В данной работе разработан новый электрохимический импульсный способ контроля коррозионно-механического

повреждения металлов, который дает возможность по общему количеству зарегистрированных импульсов и динамики их появления при коррозионно-механическом разрушении оборудования, оценить степень его повреждения.

Предложенный способ дает возможность проводить контроль коррозионно-механического повреждения технологического оборудования по изменению двух характеристик: разнице потенциала оборудования во времени и динамикой роста импульсов разрушения.

Ключевые слова: коррозия, импульс разрушения, коррозионно-механическое разрушение, коррозионный мониторинг, электрохимический датчик.

THE PULSEWISE METHOD FOR CONTROLLING CORROSION AND MECHANICAL DESTRUCTION OF EQUIPMENT

ARKHIPOV O.G.¹, *Dr.Ss. (Tech), Prof.*,
LIUBIMOVA-ZINCHENKO O.V.², *Assos.prof., Ph.D.*,
KOVALYOV D.A., *Assos.prof., Ph.D.*

¹ *Department of General and Physical Chemistry, East Ukrainian National University n.a. V. Dal, Technological institute The Soviet 59th and Severodonetsk, 93400, 06452-2-89-95, 050-949-49-77, aspirant-snu@i.ua

²Kafedra equipment of chemical plants, East Ukrainian National University n.a. V. Dal, Technological institute The Soviet 59th and Severodonetsk, 93400

³Kafedra equipment of chemical plants, East Ukrainian National University n.a. V. Dal, Technological institute The Soviet 59th and Severodonetsk, 93400

Abstract. Since the advent of the first technological objects, the problem one number in Chemical and Petrochemical industry is corrosion and premature corrosion-mechanical destruction of the equipment. Despite scales of damages, mass replacement of constructions in production takes to the minimum, and therefore, prevail reconstruction works. Installation of the systems of the corrosion monitoring and control in the most vulnerable parts of technological objects remains the major method of prevention to the premature output of equipment from the working state. This can be done by means of the corrosion monitoring which could use for any materials and environments to identify of character and corrosion rate. Therefore, it is important to select the most effective combination of methods of corrosion control. There are four electrochemical methods of corrosive control: linear polarization resistance; the alternating current impedance; measurement of electrical noise; measurement of electrode potential. The new electrochemical impulsive method for monitoring of corrosion-mechanical damage of metal is developed. It estimates the damage degree by the general amount of the registered impulses and dynamics of their appearance during corrosion-mechanical destruction.

The offered method allows us to control of corrosion-mechanical damage of technological equipment by the change of two parameters: difference potential of equipment in time and dynamics of appearing of impulses of destruction.

Keywords: corrosion, impulse of destruction, of corrosion-mechanical destruction, of corrosion monitoring, electrochemical sensor

З появою перших технологічних об'єктів проблемою номер один в хімічній і нафтопереробній промисловості є корозія та передчасне корозійно-механічне руйнування обладнання, трубопроводів тощо. Незважаючи на масштаби пошкоджень, масова заміна конструкцій на виробництвах зводиться до мінімуму, а переважають ремонтні роботи.

Впровадження систем постійного корозійного моніторингу і контролю на найбільш вразливих ділянках технологічних об'єктів залишається важливим засобом запобігання передчасному виходу обладнання з робочого стану.

Зараз немає універсального методу корозійного моніторингу, який би можна було використовувати для будь-яких матеріалів та середовищ для визначення характеру і швидкості корозії. Тому дуже важливо в кожному конкретному випадку правильно підібрати найбільш ефективну комбінацію методів корозійного контролю. В більшості випадків корозійні процеси протікають в середовищах рідких електролітів [1, 2], тому доцільно використовувати електрохімічні методи.

На виробництві найбільш чутливі до корозії і потребують протикорозійного захисту металеві конструкції, які працюють під дією механічних

навантажень в середовищах електролітів. За таких умов розвиток електрохімічної корозії і руйнування обладнання відбувається пришвидшено.

Зараз існують чотири сучасні електрохімічні методи корозійного контролю, для яких розроблено відповідне обладнання: лінійного поляризаційного опору; зміннострумового імпедансу; вимірювання електричного шуму; визначення електродного потенціалу.

Електрохімічні методи корозійного контролю практично не впливають на властивості корозійної системи, що досліджуються, але вони мають низку недоліків:

- необхідність початку контролю одночасно з введенням обладнання в експлуатацію;
- складність реалізації контролю стану обладнання в режимі реального часу;
- необхідність урахування попередньої "історії" експлуатації обладнання;
- потреба висококваліфікованого персоналу для оцінки ступеня небезпеки пошкоджень і глибоких знань властивостей конкретної конструкції [3, 4].

Мета роботи – розробка імпульсного способу контролю на основі математичної ідентифікації електрохімічних імпульсів, який дає змогу контролювати

ступінь корозійно-механічного пошкодження технологічних об'єктів.

Для контролю корозійно-механічного пошкодження обладнання, що експлуатується в середовищі рідких електролітів, створено установку з аналогово-цифровим вимірювальним комплексом.

Для проведення досліджень використовували нержавіючу трубу зі сталі 12Х18Н10Т, $\varnothing 32$ мм, товщина стінки 2 мм, довжина 800 мм. Робоча температура 15°C. Для прискорення процесу руйнування всередині труби наносили гострий концентратор напружень трикутного профілю. Трубу заповнювали 5%-им водним розчином NaCl і консольно закріплювали поблизу концентратора. Випробовування проводили за циклічних навантажень з частотою 5 Гц і амплітудою коливань 11 мм. В торці труби поміщали електрохімічний датчик (рис. 1) [5, 6]. Вимірювали різницю потенціалів ΔE між ним та трубою в місці концентратора напружень з частотою 20 Гц.

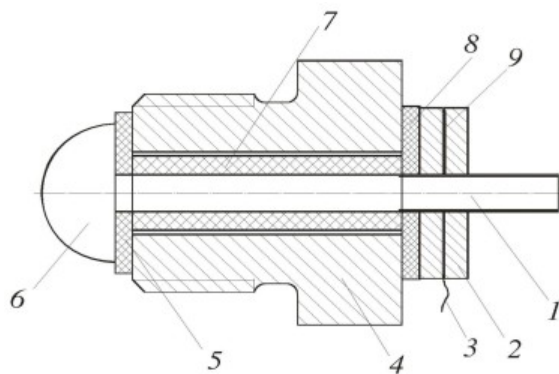


Рис. 1. Одноелектродний електрохімічний датчик: 1 – контакт електроду; 2, 9 – гайка; 3 – струмовивід; 4 – корпус датчика; 5, 8 – ізолююча шайба; 6 – робоча поверхня датчика; 7 – ізолююча втулка / Fig. 1. Single-electrode electrochemical sensor: 1 – contact of electrode; 2, 9 – nut; 3 – shunt; 4 – sensor body; 5, 8 – insulating disk; 6 – working surface of the sensor; 7 – insulating ferrule

Функціонування імпульсного способу контролю здійснюється за наступною логічною блок-схемою (рис. 2).

Різниця потенціалів разом з імпульсами, що виникають на тлі ΔE , передається через плату вводу аналогового сигналу 3 до аналого-цифрового перетворювача 4. Зміна потенціалу ΔE у часі відображає технічний стан об'єкта контролю в цілому [7]. Імпульс – коротка за часом стрибкоподібна зміна ΔE , є наслідком розвитку корозійної тріщини у вершині концентратора. Імпульс – корисний сигнал, який необхідно ідентифікувати програмно-математичним шляхом. З 4 відцифрований сигнал зміни ΔE надходить до комп'ютера на реєстрацію 6. Далі відділяється шумова складова і за допомогою програми ідентифікації імпульсів 7 підраховують їх кількість.

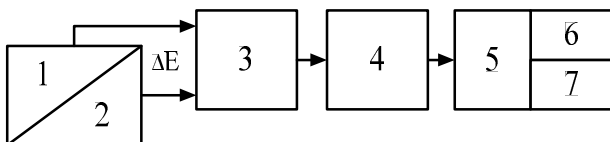


Рис. 2. Логічна блок-схема імпульсного способу контролю / Fig. 2. The logical block scheme of impulse method

Згідно з цим, контроль стану обладнання у часі здійснюється за двома параметрами: зміною різниці потенціалу ΔE в часі і динамікою появи імпульсів. При

досягненні наперед установлених їх граничних значень, вмикається попереджувальний сигнал і зупиняють роботу обладнання [8].

При проведенні експериментальних досліджень із зареєстрованого сигналу отримуємо масив значень, який містить інформацію про характерні зміни потенціалу у часі та імпульси, що виникають в процесі розвитку тріщини в металі.

Сигнал, що реєструється має характерний шум, обумовлений фізичними процесами вимірюваної системи, властивостями системи реєстрації і стохастичними процесами, що виникають при вимірюванні. Типова характеристика зміни потенціалу у часі нержавіючої труби представлена на рис. 3.

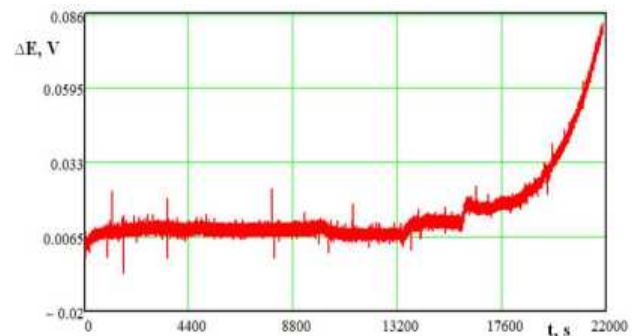


Рис. 3. Графік зміни різниці потенціалів в часі для труби зі сталі 12Х18Н10Т у 5%-му водному розчині NaCl / Fig. 3. Graph of change of difference of potential for a steel pipe 12X18H10T in 5% aqueous solution of NaCl

На основі наведеної характеристики (рис. 3) визначають типовий діапазон «шумів» експерименту із всього часу вимірювань. Серед загального масиву вимірюваних значень відносно їх середньостатистичної апроксимації ідентифікують імпульси та підраховують їх.

Для виділення імпульсів, що свідчать про руйнування металу, необхідно вибрати граничний критерій відмінності імпульсу від «шуму» у загальному масиві даних. На загальному тлі вимірюваний шум має постійні параметри: амплітуду і період. Необхідно розробити алгоритм, який би дозволяв виділити корисний сигнал серед шуму. Відомі методи по виділенню корисного сигналу серед шуму: апаратні і програмні. З урахуванням сучасного розвитку цифрової техніки найбільш адекватними є програмні методи.

Алгоритм отримання масиву імпульсів полягає в циклічній обробці основного масиву даних шляхом отримання в j -му рядку усередненого значення потенціалу в $\pm k$ околиці точки j з порівнянням значення амплітуди потенціалу з амплітудою «шуму» dP .

$$Sr = \frac{\sum MM}{2k+1} \quad (1)$$

Скористаємось формулою зі знаходження середнього значення зміни потенціалу.

Імпульсом, який свідчить про корозійно-механічне пошкодження вважається сигнал який відповідає умовам:

$$MM \geq (dP \cdot \sqrt{2} + Sr) \text{ – імпульс додатної полярності;}$$

або

$$MM \leq (Sr - (dP \cdot \sqrt{2})) \text{ – імпульс від'ємної полярності.}$$

Де MM – масив вимірюваних значень різниці потенціалу.

Якщо відхилення амплітуди від усередненого значення потенціалу Sr відрізняється більше ніж на

$dP \cdot \sqrt{2}$ вважається, що дане відхилення є імпульсом. Таким чином отримуємо кількість імпульсів, яка знаходиться з масиву виміряних значень зміни потенціалу.

Далі будують графік зміни кількості імпульсів p в часі (рис. 4а). Якщо продиференціювати функцію залежності зміни імпульсів p' , то отримаємо характеристику динаміки появи імпульсів, яка вказує на частоту появи імпульсів руйнування в часі (рис. 4б).

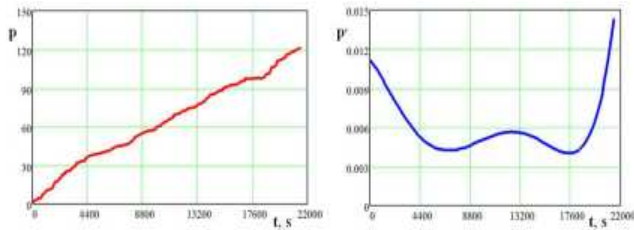


Рис. 4. Динаміка зміни кількості імпульсів p та їх похідної по часу p' в процесі корозійно-механічного руйнування сталі 12X18H10T / Fig. 4. Dynamics of change in the number of impulses p and their derivative p' in the process of corrosion-mechanical destruction of steel 12X18H10T

Графік на рис. 4а відтворює характер появи загальної кількості імпульсів руйнування від моменту навантаження зразка до його зламу, а на рис. 4б – похідної від зміни імпульсів в часі вказує на динаміку наростання імпульсів внаслідок розвитку тріщини в металі. Для проведеного експерименту встановлено, що наближаючись до моменту зламу поява імпульсів збільшується в три рази.

Висновки

1. Представлено новий електрохімічний імпульсний спосіб контролю корозійно-механічного пошкодження металів, який дає змогу за загальною кількістю зареєстрованих імпульсів і динаміці їх появи при корозійно-механічному руйнуванні обладнання, оцінювати ступінь його пошкодження.
2. Розроблено логічну блок-схему імпульсного способу.
3. Розроблено програмно-математичний алгоритм ідентифікації імпульсів руйнування за зміною потенціалу у часі.
4. Запропонований спосіб дає можливість проводити контроль корозійно-механічних пошкоджень технологічного обладнання за зміною двох характеристик: різниці потенціалу обладнання у часі і динамікою наростання імпульсів руйнування.

ВИКОРИСТАННА ЛІТЕРАТУРА

1. Клюев В. В. II Междунар. Конгр. «Защита-95» (Москва, 20—24 ноября 1995): Тез. докл. — М., 1995. — С. 5-6.
2. Коррозионный контроль технологического оборудования. / В.С. Новицкий, Л.М. Писчик // Киев, Наукова Думка. — 2001 — с. 5.
3. Электрохимический импульсный метод мониторинга коррозионно-механических повреждений / Архипов А.Г., Любимова-Зинченко О.В., Ковалёв Д.А. // Минск: Приборы и методы измерений. — 2012. — 1(4) — С. 75-79.
4. Импульсный метод контроля коррозионных повреждений технологического оборудования / Д.А. Ковалев, А.Г. Боярчук // Минск: Науч. Стремления. — 2012. — №1. — С. 114-120.
5. Импульсный метод определения коррозионно-механического повреждения в среде электролитов / В.И.Похмурский, М.С.Хома, О.Г.Архипов, Д.А.Ковалев //Тезисы докладов. Междунар. конф. посвящена 110-летию со дня рождения член-кор. АН СССР Г.В. Акимов. Фундамент. аспекты корроз. материаловед. и защиты металлов от коррозии. — Москва, 2011. — С.138.
6. Пат. 55489 Україна, МПК (2010) G01N 3/32, G01N 27/26. Імпульсний спосіб / Похмурський В.І., Хома М.С., Архипов П.О. та ін.; заявник і патентовласник Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України. — №u201008556, заяв. 08.07.2010, опубл. 10.12.2010, бюл. №23.
7. Похмурський В.І. Корозійна втома металів і сплавів / В.І. Похмурський, М.С. Хома — Львів: Сполом, 2008. — 301с.
8. Розробка методу оцінки ступеня пошкодження обладнання нафтохімічної промисловості / Хома М.С., В.І.Похмурський, О.Г.Архипов, В.А.Борисенко / Збірник наук. статей "Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкторів, споруд та машин" — 2009. — С. 149-154.

REFERENCES

1. Kliuev V. V. II Mezhdunar. Konhr. «Zashchyta-95» (Moskva, 20—24 noiabria 1995): Tez. dokl. — M., 1995. — S. 5-6.
2. Korrozyonnyi kontrol tekhnolohycheskoho oborudovanyia. / V.S. Novytskyi, L.M. Pyschuk // Kyev, Naukova Dumka. — 2001 — s. 5.
3. Elektrokhimycheskyi ympulsnyi metod monytorynha korrozyonno-mekhanicheskykh povrezhdeniy / Arkhypov A.H., Liubymova-Zynchenko O.V., Kovalev D.A. // Mynsk: Prybory y metody yzmerenyi. — 2012. — 1(4) — S. 75-79.
4. Ympulsnyi metod kontrolya korrozyonnykh povrezhdeniy tekhnolohycheskoho oborudovanyia / D.A. Kovalev, A.H. Boiarchuk // Mynsk: Nauch. Stremleniya. — 2012. — #1. — S. 114-120.
5. Ympulsnyi metod opredeleniya korrozyonno-mekhanicheskoho povrezhdeniya v srede elektrolytov / V.Y. Pokhmurskyi, M.S. Khoma, A.H. Arkhypov, D.A. Kovalev //Tezysy dokladov. Mezhdunar.konf. posviashchena 110-letiyu so dnia rozhdeniya chlenkor. AN SSSR H.V. Akymova. Fundament. aspekty korroz. materyaloved. y zashchyty metallov ot korrozyy. — Moskva, 2011. — S.138.
6. Pat. 55489 Ukraina, MPK (2010) G01N 3/32, G01N 27/26. Impulsnyi sposib / Pokhmurskyi V.I., Khoma M.S., Arkhypov A.H. ta in.; zaiavnyk i patentovlasnyk Fyzyko-mekhanichnyi instytut im. H.V. Karpenka NAN Ukrainy. — u201008556, zaiav. 08.07.2010, opubl. 10.12.2010, biul. №23.
7. Pokhmurskyi V.I. Koroziiina vtoma metaliv i splaviv / V.I. Pokhmurskyi, M.S. Khoma — Lviv: Spolom, 2008. — 301s.
8. Rozrobka metodu otsinky stupenia poskodzhennia obladdannia naftokhimichnoi promyslovosti / M.S. Khoma, V.I. Pokhmurskyi, A.H. Arkhypov, V.A. Borysenko / Zbirnyk nauk. statei "Problemy resursu i bezpeky ekspluatatsii konstrukttsii, sporud ta mashyn" — 2009. — S. 149-154.

Статья рекомендована к публикации д-ром техн. наук, В.И. Большаковым и д-ром техн. наук, Д.В. Лаухиным (Украина)