УДК 620.193

М.Д. САХНЕНКО, докт. техн. наук,
П.О. КАПУСТЕНКО, канд. техн. наук, ***О.Ю. ПЕРЕВЕРТАЙЛЕНКО***,
С.В. ДЕМИРСЬКИЙ, НТУ ”ХПІ”

КОРОЗІЙНА СТІЙКІСТЬ МАТЕРІАЛІВ У СИСТЕМАХ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Досліджено корозійно-електрохімічну поведінку легованої сталі AISI 316 з покриттям нітридом титану у хлоридвмісних середовищах. На підставі аналізу хронограм електродного потенціалу визначено період імунного стану складових електрохімічної системи. Встановлено, що різниця потенціалів підкладки і покриття зумовлює утворення гальванопар, внаслідок чого відбувається селективне руйнування поверхневого шару в системі AISI 316|TiN.

Corrosion-electrochemical behavior of stainless steel AISI 316 coated with titanium nitride in chloride solutions was studied. The electrode potential’s chronograms represent the immune state of electrochemical system components. The difference between coating and substrate potentials causes the galvanic couple appearance following by selective destruction of the coating layer in AISI 316|TiN system.

Вступ. Серед пріоритетних завдань сьогодення, що вимагають нагального вирішення, безсумнівною домінантою є низка енергетичних і екологічних проблем. Забезпечення енергетичної безпеки країни значним чином пов’язано з високою надійністю та безвідмовністю роботи енергогенеруючих та енергозабезпечуючих галузей промисловості, що зумовлює увагу до таких підприємств, зокрема досить розгалуженої системи теплових мереж України. Вплив техногенних чинників, варіативність вихідного мінерального стану та сезонні коливання складу води, що використовують для живлення стистем, а також ціла низка інших факторів складають передумови до корозійного руйнування об’єктів.

До ефективних засобів попередження корозійних пошкоджень обладнання систем гарячого водопостачання слід віднести заходи з раціонального конструювання, насамперед, застосування корозійностійких матеріалів [1, 2] для виготовлення насамперед теплообмінної апаратури. Стан проблеми ускладнюється тими обставинами, що найсучасніші теплообмінні апарати є пластинчастого типу, при виготовленні яких застосовують пластини товщиною від 0.3 мм, а матеріалом здебільшого є легована корозійностійка сталь класу 18 – 8, титан або у найагресивніших умовах – вуглеплас-

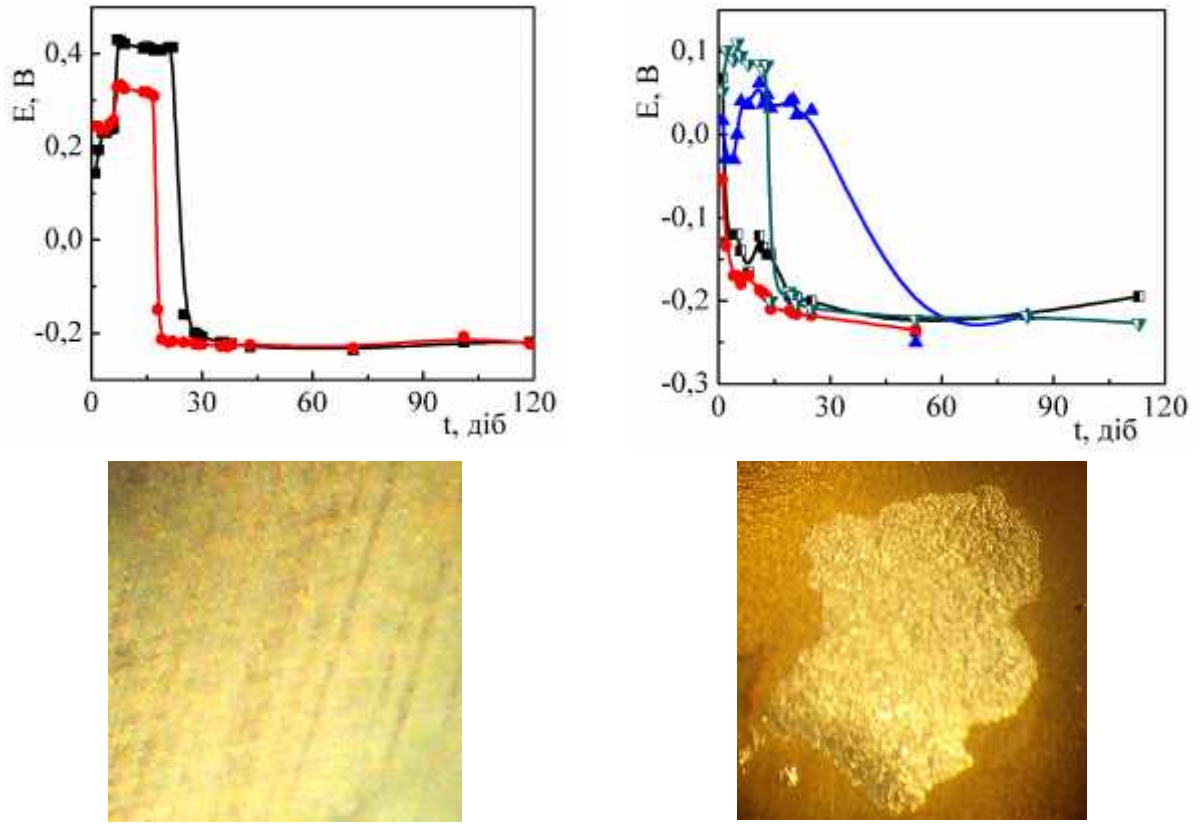
тик [3]. Корозійностійкі сталі є найрозповсюдженішим матеріалом, оскільки інші з перелічених матеріалів або надто коштовні (Ті), або крихкі (вуглепластики). Тому підвищення хімічного опору конструкційних матеріалів до впливу корозивних компонентів технологічних середовищ є актуальним.

Розв'язання цього завдання зумовлює необхідність техніко-економічного обгрунтування заходів по впровадженню перспективних систем протикорозійного захисту, головним чином – різноманітних покрить. До їх числа можна віднести і такі види перспективних матеріалів, як нітрид титанові, що знаходять застосування для підвищення зносостійкості ріжучого інструменту [4, 5] та захисту від атмосферної корозії обєктів культового призначення [6]. Визначення можливості застосування таких покриттів для захисту від корозії обладнання в системах гарячого водопостачання і зумовило мету роботи.

Методика проведення досліджень. Досліджували корозійну поведінку зразків корозійностійкої сталі, на поверхню яких було нанесено покриття нітридом титану. Як підкладку застосовували пластини теплообмінника товщиною 0.5 мм, виготовлені зі сталі AISI 316 (мас. %: C ≤ 0.08, Si ≤ 1.00, Mn ≤ 2.00, Cr ≈ 16 – 18, Ni ≈ 10 – 14, Mo ≈ 2 – 3). Покриття нітридом титану товщиною до 2 мкм наносили методом іонно-плазмового напилення у вакуумній камері "Булат" безпосередньо на робочі пластини. Корозійні випробування проводили в хлоридних розчинах, зокрема 15 %-му NaCl при температурі 30 ± 1°C, для чого на поверхні пластин фіксували 4 скляні ємності з розчином корозивного електроліту. В розчин занурювали хлоридсрібні електроди порівняння, відносно яких проводили вимірювання електродних потенціалів. Хронограми електродних потенціалів фіксували із змінним часовим інтервалом: кожні 30 хв. на початку експозиції, за перебігом перших 3 діб – через 2 год, а в наступний період – один раз на добу. Вимірювання потенціалів здійснювали за допомогою високоомного вольтметра типу В7-35 за хлоридсрібним електродом ЕВЛ-1 М1 з наступним перерахунком на водневу шкалу потенціалів. Наявність Fe(II) та Fe(III) – іонів в складі розчину визначали за якісними колористичними реакціями з гексаціанофератом (II) та гексаціанофератом (III) калію [7]. Мікрофотографування поверхні зразків у вихідному стані та після експозиції в корозивному розчині здійснювали цифровою камерою HP-320 з використанням оптичного мікроскопа МБС-9.

Результати експерименту та їх аналіз. Аналіз хронограм електродних

потенціалів зразків корозійностійкої сталі (КС) та сталевих зразків з покриттям нітридом титану (НТ) мають схожу, але відмінну геометрію (рисунок).



а б

Рисунок – Хронограми електродного потенціалу і мікрофотографії поверхні відповідних зразків після 150 діб експозиції сталі AISI 316 (а) та з шаром покриття нітридом титану (б).

Так, загальний вигляд хронопотенціограм можна надати сукупністю двох ділянок – лінійної на початку експозиції та наступної, майже експоненційної ділянки спаду потенціалу із зростанням часу експозиції. Початкова лінійна ділянка (так званий інкубаційний період тривалістю t_0) відбиває імунний щодо впливу корозивного середовища стан поверхні. Але характер таких ділянок для КС та НТ сутєєво різниться принаймі за такими ознаками:

▪ амплітуда *E(t)* для КС суттєво вища за відповідні значення для НТ,

▪ залежності *E(t)* в часовому інтервалі *t*á t_0 для НТ характеризуються значним розсіюванням за амплітудою,

▪ залежності *E(t)* в часовому інтервалі *t*á t_0 для НТ відбивають суттєву відмінність у тривалості інкубаційного періоду.

Таку поведінку електродів можна пояснити з огляду на стан вихідної поверхні та характер наступного руйнування (див. рисунок). Дійсно, зразки КС являють собою мікрогетерогенну субстанцію, поверхня яких збагачена інтерметалідами, але майже еквіпотенціальну, внаслідок чого у контакті з хлоридвмісними розчинами вона буде руйнуватися за пітинговим механізмом при досягненні критичної температури пітингоутворення. Необхідно відзначити, що розподіл пітингових вогнищ по поверхні КС має стохастичний характер. В той же час шар покриття НТ незначної товщини, нанесеного на сталеву поверхню, є поруватим і містить деякі технологічні дефекти напилення, обумовлені складною геометрією поверхні пластин теплообмінного апарату, що призводить до утворення макрогальванопар (на дефектних ділянках) або ініціювання пітингової корозії в порах покриття. Саме про такий характер руйнування свідчить мікрофотографія поверхні зразка НТ після 150 діб експозиції в хлоридвмісному розчині (рисунок, б), що відбиває наявність корозійного виразку та незначної кількості пітингів довколо нього. З огляду на означене можна прогнозувати високу корозійну стійкість конструкційних матеріалів з покриття нітридом титану, але при відсутності поруватості останнього. В поточний час такий метод поверхневої обробки знайшов поширення для протикорозійного та декоративного оздоблення листового металопрокату, але для складнопрофільованих виробів його застосування вбачається не зовсім доцільним.

Висновки. Досліджено корозійно-електрохімічну поведінку легованої сталі AISI 316 з покриттям нітридом титану у хлоридвмісних середовищах. На підставі аналізу хронограм електродного потенціалу визначено інкубаційний період імунного стану складових електрохімічної системи. Встановлено, що різниця потенціалів підкладки і покриття зумовлює утворення гальванопар, які призводять до селективного руйнування поверхневого шару в системі AISI 316|TiN.

Список літератури: 1. *Нарівський О.Е.* // ФХММ. – 2007. – № 2. – С. 100 – 106. **2**. *Сахненко Н.Д., Капустенко П.А., Ведь М.В., Желавский С.Г.* // Защита металлов. – 1998. – Т. 34, № 4. – С. 378 – 383. **3.** *Зингер Н.М., Тарадай А.М, Бармина Л.С*. Пластинчатые теплообменники в системах теплоснабжения. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 256 с. **4.** *Верещака А.С.* Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями. – М.: Машиностроение, 1993. – 336 с. **5.** *Табаков В.П.* Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями на основе сложных нитридов и карбонитридов титана. – Ульяновск: УлГТУ, 1998. – 124 с. **6**. *Елисеев Ю.С., Абраимов Н.В., Крымов В.В.* Химико-термическая обработка и защитные покрытия в авиадвигателестроении.

– М.: Высшая Школа, 1999. – 525 с. **7**. *Otto M.* Современные методы аналитической химии. – М.: Техносфера, 2006. – 416 с.

УДК 620.195; 541.135

М.Д. САХНЕНКО, докт. техн. наук, ***М.В. ВЕДЬ***, канд. техн. наук,
Т.П. ЯРОШОК, канд. техн. наук, ***О.В. БОГОЯВЛЕНСЬКА***,
М.В. БАНІНА, НТУ «ХПІ»

АНОДНА ПОВЕДІНКА АЛЮМІНІЮ У ВОДНИХ РОЗЧИНАХ ДИФОСФАТУ

Досліджено початкові стадії процесу формування мікродугових анодних покриттів на алюмінії з розчинів дифосфату та з домішками кобальту сульфату. За сукупністю кінетичних параметрів, що отримані з використанням потенціодинамічного методу, визначено стадії перебігу анодного процесу. Визначено вплив домішок на механізм та кінетику початкових стадій формування анодних плівок, отримано оксидні покриття на алюмінії мікродуговим методом у гальваностатичному режимі. Склад анодних плівок визначено з використанням рентгеноструктурного аналізу.

The incipient states of microarc shaping anode coatings process on aluminium from solutions of diphosphate and additives of a cobalt sulfas are investigated. On a population of kinetic parameters with potentiodynamic method usage a stages of of anode process weep are studied. Influencing additives on the gear and kinetics of incipient states of shaping of anode covers is defined. The oxide coatings on aluminium by a microarc method in galvanostatic regime from diphosphate and additives of a cobalt sulfas electrolytes are obtained obtained. The structure of anode covers is defined with usage of X-ray crystallographic analysis.

У поточний час в багатьох технологічних процесах різних галузей промисловості застосовують метали, на поверхні яких сформовано оксидне покриття. Електролітичне нанесення на поверхню металів, зокрема алюмінію, оксидних плівок при підвищених формуючих напругах та густинах струму [1 – 5] відкриває нові можливості отримання анодних покриттів та суттєвого поліпшення функціональних властивостей виробів. Тож дослідження процесів формування анодних покриттів при високих напругах є актуальним.

Анодну поведінку алюмінію досліджували потенціодинамічним методом у водних розчинах дифосфату (0,01 моль/л) та з домішкою кобальту сульфату (0,01 моль/л) у присутності фонового електроліту - водного розчину натрій сульфату концентрацією 1 моль/л при швидкості розгортання потенціалу (s) 10^{-1} В/с. Мікродугові оксидні (МДО) покриття отримували у