

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу

**Хлопик Ольги Петрівни**

**„ЗАХИСНІ ВЛАСТИВОСТІ НОВИХ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ІНГІБІТОРІВ  
КОРОЗІЇ НА СВІЖОУТВОРЕНІЙ ПОВЕРХНІ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ”**,

що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук  
за спеціальністю 05.17.14 – хімічний опір матеріалів та захист від корозії

### **1. Актуальність теми дисертації**

Алюмінієві сплави на сьогодні широко використовуються в багатьох галузях промисловості. Їх високі протикорозійні властивості забезпечуються оксидною плівкою, що характеризується високими захисними властивостями. Проте ця плівка, маючи слабкі механічні властивості, в умовах трибокорозійного впливу втрачає свою здатність до захисту від корозійного впливу агресивного середовища.

Одним із відомих шляхів протикорозійного захисту алюмінієвих сплавів є використання інгібіторів корозії. Проте відомостей про ефективність та механізм дії традиційно використовуваних інгібіторів в умовах свіжоутвореної поверхні алюмінієвих сплавів дуже мало.

Найбільш перспективними сьогодні є інгібіторні композиції, в тому числі на неорганічній та органічній основі. В якості останніх перспективними є екологічно безпечні та біодеградабельні добавки, отримані при переробці щорічно відновлюваної сировини, в тому числі мікробіологічним синтезом.

Таким чином, дисертаційна робота Хлопик О.П., мета якої полягала у визначенні механізму захисту інгібіторами свіжоутвореної поверхні алюмінієвих сплавів та розробці нових перспективних екологічно безпечних інгібуєчих композицій алюмінієвих сплавів, що працюють в умовах навантаження, є безсумнівно актуальною і важливою як в науковому, так і в практичному відношенні.

### **2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Дисертаційна робота виконана в Фізико-механічному інституті ім. Г.В. Карпенка НАН України (ФМІ) у рамках науково-дослідних тем згідно з тематичними планами Національної академії наук України, а саме: “Дослідження впливу механічного активування поверхні металів, схильних до пасивування, на їх взаємодію з середовищами різної агресивності” (№ держреєстрації 0111U002383, 2011–2013 рр.); “Дослідження впливу електрохімічних характеристик та розміру локальних електродних ділянок на корозійне руйнування поверхні гетерогенних сплавів”(№ держреєстрації 0114U004008, 2013–2016 рр.); “Розробка нових екологічно безпечних інгібувальних синергічних композицій для протикорозійного захисту та продовження ресурсу обладнання нафтової та енергетичної галузей

промисловості” цільової програми наукових досліджень НАН України “Надійність і довговічність матеріалів, конструкцій, обладнання та споруд” (Ресурс-2) (№ держреєстрації 0116U006339, 2016–2020 рр.)

### **3. Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових положень, висновків, рекомендацій**

Наукові положення і висновки, сформульовані у дисертації, є достатньо обґрунтованими. Достовірність наукових положень і результатів підтверджується використанням досягнень фундаментальних наук (фізичної хімії, теоретичної електрохімії, хімічного опору матеріалів) та сучасних стандартизованих методів досліджень (потенціостатична та потенціодинамічна поляризація, електрохімічна імпедансна спектроскопія, сканівна електронна мікроскопія, мікрорентгеноспектральний аналіз, оптична мікроскопія, профілометрія), а також узгодженістю отриманих результатів із літературними даними.

Положення наукової новизни підтвержені результатами теоретичних і експериментальних досліджень, а також промисловою перевіркою в НВК “Галичина” (м. Дрогобич) композиції на основі рамноліпідного біокомплексу (РБК) з мікрододатками фосфатних сполук для протикорозійного захисту обладнання під час видобутку і транспортування нафти.

Підготовлено рекомендації для підприємства ТОВ “Антикор-Дніпро” до вибору матеріалів електродугових покриттів на алюмінієвій основі для захисту від корозійно-механічного зношування обладнання цукрових заводів.

Отже, дисертація О.П. Хлопик є завершеною науковою роботою, в якій розв’язано важливу науково-прикладну задачу пошуку вискоєфективних та екологічно безпечних інгібіторів корозії для свіжоутвореної поверхні алюмінієвих сплавів, які працюють в умовах трибокорозійного зношування.

### **4. Структура та зміст дисертації**

Дисертація складається із вступу, п’яти розділів, основних висновків, списку використаних джерел (204 найменувань) і 3 додатків.

Дисертація та автореферат оформлені відповідно до вимог ДАК України. Автореферат повністю відображує основний зміст дисертації і дозволяє скласти повне уявлення про роботу.

Основний зміст дисертації викладено за класичною схемою – від аналізу відомої інформації з огляду науково-технічної літератури через теоретичні дослідження, експериментальні випробування та розробку інгібіторних композицій, науково-дослідну перевірку їх антикорозійних властивостей на свіжоутвореній поверхні алюмінієвих сплавів і до практичного підтвердження ефективності нової екологічно безпечної інгібіторної композиції, та формулювання висновків.

У вступі обґрунтовано актуальність тематики досліджень, висвітлено сучасний стан проблеми захисту алюмінієвих сплавів від корозії інгібіторами

корозії, визначено об'єкт і предмет дослідження, наукову новизну та практичне значення роботи, вказаний особистий внесок здобувача та апробацію результатів.

*Перший розділ* присвячено основним питанням сучасного стану теорії за напрямком дисертаційної роботи, проаналізовано властивості та галузі застосування алюмінію і сплавів на його основі, розглянуто механізм корозії дюралюмінієвих сплавів у різних середовищах та методи їх захисту під час корозійно-механічного руйнування за допомогою неорганічних та органічних інгібіторів. На підставі аналізу наведених матеріалів сформульовано напрямки досліджень та шляхи їх вирішення.

*У другому розділі* докладно представлена характеристика обраних об'єктів, а також методи досліджень та методики обробки отриманих даних.

*Третій розділ* присвячено дослідженню захисної дії неорганічних інгібіторів на стадії репасивації поверхні алюмінію.

Автором встановлено, що серед розчинів на основі неорганічних інгібіторів найбільшими гальмуючими корозійний процес добавками є стронцію хромат. В інших розчинах ефективність інгібіторів задовільна. Тому автором було запропоновано композицію на основі кальцію фосфату та натрію нітрату за співвідношення 1:1, яка продемонструвала значно вищі (в 4,4 рази) протикорозійні властивості. Порівнюючи рівень протикорозійного гальмування композиції і індивідуальних інгібіторів корозії автор вважає, що композиція забезпечує синергічне гальмування корозії. Показано, що процес гальмування в інгібованих розчинах забезпечується більш швидким відновленням на поверхні алюмінію пасивної плівки.

*У четвертому розділі* дослідження присвячено вивченню процесів корозії сплаву Д16Т в присутності неорганічних інгібіторів за умов сталої активації його поверхні на установці однонапрявленого руху.

Встановлено, що в присутності інгібітору хроматного типу на свіжоутвореній поверхні алюмінієвого сплаву утворюється плівка зі слабкими антифрикційними властивостями, що в умовах тертя зменшує її захисні властивості.

Інгібітор цинку фосфат навпаки підвищує опір алюмінієвого сплаву за рахунок формування конверсійної плівки з покращеними антифрикційними та корозійними властивостями, що підтверджено поляризаційними дослідженнями та результатами електрохімічної імпедансної спектроскопії і електронною мікроскопією. Пришвидшення осадження фосфатної плівки відбувається за рахунок поєднання двох процесів – механічного активування металу та утворення гальванопари «непошкоджена поверхня (катод) – пошкоджена ділянка металу (анод)»

Автором запропонована синергічна протикорозійна композиція на основі кальцію фосфату та натрію нітрату, яка володіє високими протикорозійними властивостями в умовах механічної активації поверхні сплаву тертям у середовищі кислого дощу за рахунок найбільш швидкого відновлення пасивної плівки.

У п'ятому розділі наведено результати вивчення протикорозійних властивостей нового інгібітору - рамноліпідного біокомплексу та його композиції з цинку фосфатом. Дисертантом встановлено, що рамноліпідний біокомплекс інгібує корозію алюмінієвого сплаву в синтетичному кислому дощу. Зі збільшенням концентрації до точки ККМ (критичної концентрації міцелоутворення) його ефективність зростає. Рядом методів дисертантом встановлено особливості механізму його дії на поверхні алюмінієвого сплаву. Показано, що інгібування відбувається за рахунок адсорбції молекул з утворенням органічної бар'єрної плівки. При цьому показано, що основу плівки становлять малорозчинні сполуки, утворені карбоксильними групами РБК з іонами алюмінію.

Виявлено, що РБК збільшує швидкість відновлення захисної плівки на алюмінієвому сплаві в 2-4 рази, сприяючи ефективній репасивації.

Автором показано, що екологічно безпечна орґано/неорґанічна композиція на основі РБК та цинку фосфату проявляє ефект синергізму захисної дії на алюмінієвому сплаві за звичайних умов та в умовах корозійно-механічного руйнування на свіжоутвореній поверхні.

## **5. Наукова новизна результатів роботи.**

До нових наукових результатів, одержаних здобувачем особисто, слід віднести наступне.

Розроблено методику експрес-оцінки ефективності інгібіторів корозійно-механічного руйнування металів з пасивною плівкою, яка полягає в оцінці характеру зміни струму поляризації за потенціалу вільної корозії металу в умовах трибомеханічного зношування.

Запропонований критерій корозійної тривкості алюмінієвих сплавів, який полягає у визначенні різниці між потенціалами вільної корозії до та після репасивації свіжоутвореної поверхні.

Механізм захисної дії синергічної інгібувальної композиції "кальцію фосфат-натрію нітрат" полягає у прискоренні швидкості формування фосфатного шару на механічно активованих поверхнях сплавів алюмінію.

Захисна дія синергічної композиції на основі біоРБК та цинку фосфату полягає в гідрофобізації поверхні металу за рахунок створення захисної плівки на основі органічних молекул РБК та іонів алюмінію.

## **6. Значення одержаних результатів**

Результати теоретичних і експериментальних досліджень та їхній аналіз, наведений в дисертації, складають надійну теоретичну основу механізму інгібування неорґанічними та орґанічними інгібіторами корозійних процесів на свіжоутвореній поверхні алюмінію і сплавів на його основі, що працюють в умовах трибомеханічного навантаження.

Для досягнення результату здобувачем виконаний комплекс наукових досліджень, починаючи від аналізу літератури, експериментальних

досліджень механізму дії індивідуальних інгібіторів корозії до створення синергічних композицій, які здатні до ефективного гальмування корозії алюмінієвих сплавів як в звичайних умовах, так і при трибокорозії.

Отримані автором позитивні результати дослідно-промислових випробувань ефективності синергічної інгібуючої композиції, комплекс напрацьованих автором результатів (новий метод досліджень, установка для оцінювання ефективності інгібіторів корозії для захисту металів в умовах трибомеханічного впливу на поверхню пасивного металу, запатентовані синергічні інгібувальні композиції, в тому числі екологічно безпечна орґано/неорґанічна на основі біокомплексу та цинку фосфату) свідчать про суттєву практичну значущість виконаної роботи для теорії і практики захисту від корозії алюмінієвих сплавів в умовах трибомеханічного навантаження.

### **7. Повнота викладення результатів роботи в опублікованих працях.**

Основні результати досліджень Хлопик О.П. по розробці інгібіторів для захисту алюмінієвих сплавів широко представлені у науковій літературі: опубліковано 20 наукових праць, в тому числі 5 з яких включено до наукометричної бази Scopus, 8 – у матеріалах та тезах конференцій, отримано 3 патенти України на корисну модель.

Найважливіші положення дисертації пройшли ґрунтовну апробацію при обговоренні на вітчизняних та міжнародних конференціях. Аналіз опублікованих праць з матеріалів дисертаційної роботи дозволяє констатувати, що вони в достатній мірі відбивають основні положення дисертації.

Автореферат за змістом ідентичний до тексту та основних положень і висновків дисертації.

### **8. Мова та стиль дисертації**

Дисертаційна робота Хлопик О.П. написана державною мовою, логічно та послідовно, грамотно, розділи взаємопов'язані і повністю розкривають поставлену мету. Таким чином, ця дисертація є цільною та завершеною працею, яка містить нові наукові та прикладні результати.

Тема, зміст дисертації та автореферату відповідають паспорту спеціальності 05.17.14– хімічний опір матеріалів та захист від корозії.

### **9. Зауваження**

Але, не дивлячись на в цілому позитивну оцінку роботи, варто зробити деякі зауваження.

1. В дисертаційній роботі деякі висновки по тексту є дещо декларативними, наприклад:
  - Декілька разів стверджується про синергічне підвищення протикорозійної ефективності в умовах трибокорозійного руйнування

поверхні алюмінієвого сплаву при сумісному використанні або кальцію фосфату та натрію нітрату, або цинку фосфату та РБК. В той же час, розрахунків синергізму та методики їх виконання, які б підтверджували це явище, в роботі не приведено.

- Відсутні прямі докази збільшення розчинності фосфатів у присутності рамноліпідного комплексу, що призвело до підвищення протикорозійної ефективності суміші цинку фосфату і РБК. В цьому випадку дисертанту можна порекомендувати було провести аналіз провідності цих розчинів без та з РБК, та цим же методом дослідити утворення комплексу на основі іону алюмінію та ін., що в цілому підвищило б значимість висновку про синергізм їх суміші в процесі репасивації алюмінієвого сплаву.
  - Судження «Зростання рН середовища внаслідок додавання фосфату також може спричинити зниження потенціалу вільної корозії сплаву», приведене на сторінці 97, слід підкріпити посиланням на роботи інших авторів.
  - В роботі стверджувалося про контроль корозійних процесів (анодний або анодно-катодний), що відбуваються на поверхні алюмінієвого сплаву. Проте одного вигляду кривих для такого висновку недостатньо.
2. Не є досить коректним використання в якості характеристики розчинів обраних неорганічних інгібіторів, які в більшості є малорозчинними речовинами (наприклад цинк фосфат, кальцій фосфат, стронцію хромат), концентрації (1 г/л). Для цього потрібно було спиратися на добуток розчинності цих речовин та, можливо, використати термін «витяжки». Те ж саме стосується і розчину РБК, для якого не вказана розчинність.
  3. В роботі не пояснений той факт, що в результатах електронномікроскопічного аналізу поверхні алюмінієвого сплаву після випробувань в одному випадку реєструється мідь, яка міститься в складі сплаву (табл. 4.3, 4.4), а в іншому (рис.5.12) - вона відсутня.
  4. Слід було б більш детально описати вплив домішок полісахариду на протикорозійні властивості рамноліпідного біокомплексу.

## **10. Висновки щодо відповідності дисертації встановленим вимогам**

Дисертаційна робота Хлопик О.П. „Захисні властивості нових екологічно безпечних інгібіторів корозії на свіжоутвореній поверхні алюмінієвих сплавів” є завершеним науковим дослідженням, оформлена згідно вимог ДАК України і представляє собою значний інтерес для фахівців в області протикорозійного захисту металів.

Зроблені зауваження мають рекомендаційний характер і не впливають на високий науковий та практичний рівень роботи. Одержані в роботі нові науково обґрунтовані результати в сукупності забезпечують розв’язання важливої задачі розробки наукових засад створення ефективних інгібіторів корозії для свіжоутвореної поверхні алюмінію та його сплавів.

За актуальністю, новизною отриманих результатів, їх достовірністю та практичною цінністю робота відповідає встановленим вимогам до кандидатських дисертацій, а саме, вимогам п.13 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника» діючого законодавства України, а її автор Хлопик Ольга Петрівна заслуговує присудження їй наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.17.14 – Хімічний опір матеріалів та захист від корозії.

Офіційний опонент,  
доктор технічних наук, професор  
завідувач кафедри фізичної хімії  
Національного технічного університету України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»

О.Е.Чигиринець

Підпис підтверджую

Вчений секретар НТУУ «КПІ»



А.А.Мельниченко