

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення дисертації Сердюка Василя Олексійовича на тему «Мембранні електрохімічні пристрої в процесах регенерації гальванічних розчинів», поданою на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія

Актуальність теми дослідження. В практичній діяльності підприємств машинобудівної галузі промисловості постійною є задача захисту власної продукції від шкідливого впливу навколишнього середовища, зокрема від наслідків такого впливу – тобто від корозії. Як відомо, внаслідок корозії втрачається щорічно в світі близько 20% виготовлених з металів та їх сплавів виробів внаслідок їх руйнування та втрачання притаманних властивостей. Існує досить велика кількість методів боротьби з корозією. На підприємствах зокрема використовують такі захисні методи як нанесення гальванічних покриттів. Нанесення гальванічних покриттів є досить важливою галуззю промисловості. До таких покриттів відносять електрохімічні цинкування та кадмування. В процесах нанесення таких покриттів та їх подальшої обробки використовуються технологічні розчини та промивні ванни, що містять цінні компоненти. Компоненти як правило є досить дорогими і шкідливими для навколишнього середовища, тому їх відновлення чи повторне використання є досить актуальними. Одним з найбільш раціональних вважається спосіб, що базується на вибіркового вилученні цінного компонента методом електродіалізу. Метод електродіалізу застосовується для виділення цінних компонентів із висококонцентрованих стічних вод, відпрацьованих травильних та інших технологічних розчинів, які утворюються при хімічній чи електрохімічній обробці сталі або кольорових металів. В результаті видалення з цих розчинів катіонів металів чи аніонів кислот можна одержати розчини лугів або кислот та знову їх використовувати у виробництві. При цьому в стічні води не потрапляють шкідливі речовини, що не потребує проводити їх нейтралізацію, осадження, тощо. Для гальванічного виробництва актуальним є вилучення зі стічних вод йонів важких металів, хромат-аніонів та інших цінних компонентів з можливістю їх подальшого використання у виробництві. В світовій практиці набули широкого використання методи очищення промивних ванн або стоків за допомогою електрохімічного розділення цінних компонентів застосовуючи при цьому іонообмінні мембрани. В практичній діяльності підприємств України, що мають гальванічні виробництва,

методи електрохімічного виділення, відновлення або їх концентрування раніше не використовувались, тому дослідження цих закономірностей є особливо актуальними. Є також актуальною розробка робочих електрохімічних приладів, що могли б своєю роботою за допомогою постійного електричного струму суттєво зменшувати навантаження на очисні споруди, результативно вилучати цінні компоненти з промивних вод, регенерувати та залишати стабільно робочим склад технологічних ванн в умовах реального виробництва. У зв'язку з цим, розробка електрохімічних приладів і розробка технології їх використання на основі експериментального і теоретичного вивчення механізму їх роботи, гідродинаміки, масопереносу є актуальною проблемою.

Найсуттєвіші результати дисертації, їх достовірність та новизна, значення для теорії та практики. Наукова новизна результатів дослідження полягає у вивченні теоретичних та практичних засад процесів масопереносу йонів металів через йонообмінну мембрану та впливу гідродинамічних умов на результати процесу електрохімічної регенерації технологічних гальванічних розчинів.

Найбільш вагомими результатами дисертаційної роботи є такі:

вперше:

- встановлено масообмінні та гідродинамічні особливості процесу регенерації гальванічних розчинів;
- створено методику розрахунку параметрів електрохімічних модулів, що дозволяє досягти стабільної концентрації реагентів для заданих технологічних вимог;

удосконалено:

- фізичну модель мембранного електрохімічного пристрою для регенерації гальванічних розчинів;
- математичну модель кінетики електромембранного катодного виділення кадмію та цинку;

набули подальшого розвитку:

- науково-теоретичні основи регенерації гальванічних розчинів, що містять сполуки шестивалентного хрому.

Теоретичну та експериментальну основу дисертаційного дослідження складають фундаментальні закони збереження, рівноваги та переносу маси та енергії. Емпіричною основою дослідження стали праці зарубіжних та вітчизняних вчених із проблем дослідження масообміну в рідких системах, перемішування рідких систем, теплові, масообмінні й дифузійно-контрольовані хімічні процеси масообміну в

системах з фіксованою межею поділу фаз, а також викокистання апаратів з розділовими мембранами.

У процесі дослідження використано експериментальні та теоретичні методи дослідження. Експериментальні методи дослідження були представлені фізико-хімічними методами аналізів розчинів, методом дослідження рентгеноструктурного аналізу осаду: методом рентгенівського мікроаналізу та рентгенофазовим аналізом, оптичним методом аналізу. Статистичні методи аналізу та методи математичного моделювання склали основу теоретичних методів дослідження. Аналіз вмісту іонів металів у розчинах проведено методами фотоколориметрії та титрометричним методом. Для характеристики осадів, що утворювалися внаслідок роботи електрохімічних пристроїв застосовано методи рентгенівської дифрактометрії та растрової електронної мікроскопії з функцією рентгенівського мікроаналізу. Для характеристики електродних процесів було застосовувано вольт-амперу характеристику мембранного електролізера. Обробку експериментальних даних та ідентифікацію виконаних експериментів існуючим теоретичним моделям здійснено за допомогою комп'ютерної техніки з використанням пакетів програм: Microsoft Excel, онлайн-калькулятору WolframAlpha з ресурсу www.wolframalpha.com та Statgraphics Centurion 18-64X.

Інформаційно-фактологічну базу дослідження сформували зібрані, опрацьовані та узагальнені особисто автором первинні матеріали, що характеризують закономірності масообмінних процесів в апаратах з використанням йонообмінних мембран та постійного електричного струму.

Практичне значення отриманих результатів дисертаційної роботи полягає в доведенні теоретичних і експериментальних положень роботи до рівня створення нових електрохімічних пристроїв, що постійно чи періодично працюють в гальванічному виробництві. Практичне значення дисертаційної роботи також полягає у визначенні конструктивних співвідношень та ефективних параметрів роботи даних електрохімічних пристроїв, а також у створених нових технологічних процесах регенерації хромовмісних технологічних гальванічних розчинів.

Створені нові електрохімічні пристрої було впроваджено на гальванічній дільниці цеху №3 АТ «Сумський завод «Насосенергомаш» у вигляді технологічних процесів електрохімічної регенерації складу ванн пасивації та освітлення ліній електрохімічного кадмування та ванни пасивації лінії електрохімічного цинкування (акти впровадження №364 від 28.08.2020р., №365 від 01.09.2020р., №366 від 03.09.2020р.).

Відповідність дисертації зазначеній спеціальності. Дисертація присвячена обґрунтуванню процесів регенерації гальванічних розчинів електрохімічними мембранними пристроями, які призначені для вловлювання компонентів та пов'язаних з ними процесу якісного відновлення вмісту технологічних гальванічних ванн. Як за змістом завдань дослідження так і за характером їх розв'язання та отриманими результатами дисертація «Мембранні електрохімічні пристрої в процесах регенерації гальванічних розчинів» повністю відповідає спеціальності 161 – Хімічна інженерія. Крім того, дисертаційне дослідження Сердюка В.О. виконано у відповідності з планами науково-дослідних робіт Сумського державного університету, зокрема за темою “Зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище підприємств хімічної, машинобудівної промисловості та теплоенергетики” (№ державної реєстрації 0116U006606), та «Розробка шляхів поліпшення екологічної ситуації міст та промислових зон» (№ державної реєстрації 0111U006335).

Кількість публікацій та повнота опублікування результатів досліджень. Основні результати дисертаційної роботи опубліковано в 21 наукових працях загальним обсягом 28,8 друк. арк., з яких особисто авторів належить 19,86 друк. арк., зокрема 2 монографії, 4 статті, з них 2 у спеціалізованих виданнях, що входять до переліку ВАК України, 2 – у виданнях, що індексуються науково-метричними базами даних Scopus та Web of Science, 13 тез доповідей, отримано 2 патенти на корисну модель України.

1. Serdiuk V., Zaytseva K., Sklabinsky V., Ivchenko V., Ponomarova L. Laboratory and industrial testing of membrane electrochemical devices for purification and regeneration of chromium containing galvanic solutions. *Колективна монографія «Membrane and Sorption Materials and Technologies: Present and Future»* - під ред. докт. хім. наук Ю. С. Дзязько, канд. хім. наук Т.В. Пліско, М.О. Чабан, 2018. - 88 с. С.40-45. *Здобувач провів лабораторні та промислові випробування мембранних електрохімічних пристроїв. Участь автора 60%. (1,98 друк.арк.)*

2. Bolshanina S., Serdiuk V., Ponomarova L., Yanovska A., Ableev A. Ion exchange membranes for regeneration of hydrochloric acid from etching solutions. *Колективна монографія «Membrane and Sorption Materials and Technologies: Present and Future»* - під ред. докт. хім. наук Ю. С. Дзязько, канд. хім. наук Т.В. Пліско, М.О. Чабан, 2018. - 88 с. С.75-78. *Здобувач брав участь у проведенні процесу регенерації хлоридної кислоти. Участь автора 30%. (1,32 друк.арк.)*

3. Serdiuk V., Sklabinskyi V., Bolshanina S., Ableyev A., Dychenko T. Prevention of Hydrosphere Contamination with Electroplating Solutions through Electromembrane

Processes of Regeneration. *Journal of Ecological Engineering*. 2020. Vol. 21, No 4. P. 61–69. <https://doi.org/10.12911/22998993/1198013>Здобувач проводив експериментальні дослідження, проводив розрахунки. Участь автора 70%. (2,97 друк.арк.)

4. Serdiuk V., Sklabinskyi V., Bolshanina S., Ableyev A., Dychenko T. Effect of Hydrodynamic Parameters on Membrane Electrolysis Enhancement. 2020. In: *Ivanov V., Pavlenko I., Liaposhchenko O., Machado J., Edl M. (eds) Advances in Design, Simulation and Manufacturing III. DSMIE 2020. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham.* https://doi.org/10.1007/978-3-030-50491-5_22. Здобувач проводив експериментальні дослідження, проводив розрахунки. Участь автора 70%. (4,95 друк.арк.)

5. Большанина С. Б., Сердюк А. В., Воробьева И. Г. Хромсодержащие технологические отходы. Повышение эффективности регенерации. *Научно-производческий журнал "Хімічна промисловість України"*. 2016. № 1. С. 132. Здобувач проводив експериментальні дослідження. Участь автора 25%. (1,65 друк.арк.)

6. Serdiuk V. O., Sklavbinskyi V. I., Bolshanina S. B., Ivchenko V. D., Qasim M. N., Zaytseva K. O. Membrane Processes during the Regeneration of Galvanic Solution. *Journal of Engineering Sciences*, 2018. Vol. 5, No 2. F1–F6 DOI: 10.21272/jes.2018.5(2).f1 Здобувач проводив експериментальні дослідження, проводив розрахунки. Участь автора 40%. (1,98 друк.арк.)

7. Сердюк В.О., Большанина С.Б., Склабінський В.І. Мембранна регенерація хромовмісних розчинів. *V Всеукраїнська міжвузівська науково-технічна конференція «Сучасні технології у промисловому виробництві»: матеріали конф.*, м.Суми, 17-20 квітня 2018р. Суми, 2018. С. 237- 238. (0,33 друк.арк.)

8. Bolshanina S. B., Serdiuk V. O., Ivchenko V.D. Membrane regeneration of galvanic solutions. *105-й Міжнародний конгрес "Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування"*: зб. мат. – м.Львів, 26-29 вересня 2018р. Львів, 2018. С. 101. (0,33 друк.арк.)

9. Сердюк В. О., Большанина С. Б., Склабінський В. І. Застосування трикамерного мембранного електрохімічного пристрою для регенерації гальванічних розчинів. *Сучасні технології у промисловому виробництві: мат. та прог. VI Всеукраїнської науково-технічної конференції м. Суми, 16–19 квітня 2019р. Суми, 2019. С. 236-237. (0,33 друк.арк.)*

10. Сердюк В. О., Склабінський В. І., Зайцева К. О. Особливості застосування мембранної регенерації хромовмісних розчинів. *Теоретичні та прикладні аспекти розвитку науки: X Міжнародна науково-практична інтернет-конференція: тези доп.*, м.Дніпро, 26 жовтня 2018р. Дніпро, 2018. С. 26-30. (1,12 друк.арк.)

11. Большанина С. Б., Сердюк В. О. Гідродинамічні особливості роботи мембранного електролізера. *Сучасні технології у промисловому виробництві* : мат. та прог. VI Всеукраїнської науково-технічної конференції. м. Суми, 16–19 квітня 2019р. Суми, 2019. С. 281. (0,33 друк.арк.)

12. Сердюк В. О., Большанина С. Б., Склабінський В. І., Зайцева К. О. Процеси інтенсифікації мембранної регенерації гальванічних хромовмісних розчинів. *III Міжнародна науково-технічна конференція «Водопостачання і водовідведення проектування, будівництво, експлуатація, моніторинг. Національний Університет «Львівська Політехніка»*: мат. конф. м. Львів, 23-25 жовтня 2019р. Львів, 2019. С.156-157. (0,66 друк.арк.)

13. Сердюк В. А., Склабинский В. И., Большанина С. Б. Интенсификация процессов электромембранного извлечения кадмия и цинка. *IV Міжнародна науково-практична конференція «Priority directions of science development»*: мат. конф. м. Львів, 3-4 лютого 2020р. Львів, 2020. С. 236-239. (1,28 друк.арк.)

14. Сердюк В. А., Склабинский В. И., Большанина С. Б. Изучение влияния плотности тока на процессы электромембранного извлечения кадмия и цинка при незначительном загрязнении пассивирующих растворов. *IV Міжнародна науково-практична конференція «Science, Societe, Education: Topical issues and development prospects»*: мат. конф. м. Харків, 16-17 березня 2020р. Харків, 2020. С. 183-185. (1,32 друк.арк.)

15. Сердюк В. О., Склабінський В. І., Большанина С. Б. Вплив зміни густини струму та примусового перемішування аноліту на процеси катодного відновлення кадмію та цинку. *Сучасні технології у промисловому виробництві (СТПВ-2020)*: мат. та прог. VII Всеукраїнської науково-технічної конференції. м. Суми, 21–24 квітня 2020р. Суми, 2020. С. 254-255. (0,66 друк.арк.)

16. Сердюк В. О., Склабінський В. І., Большанина С. Б. Вивчення енергетичних витрат електрохімічного відновлення ванн хроматування цинкових та кадмієвих гальванічних покриттів. *6-й Міжнародний конгрес Сталій розвиток: Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування*: мат. конгр. м. Львів 23-25 вересня 2020р. Львів, 2020. С.128. (0,33 друк.арк.)

17. Сердюк В. О., Склабінський В. І., Большанина С. Б. Вивчення впливу температури на електрохімічне відновлення ванн хроматування кадмієвих та цинкових гальванічних покриттів. *6-й Міжнародний молодіжний конгрес Сталій розвиток: Захист навколишнього середовища. Енергоощадливість. Збалансоване природокористування*: мат. конгр. м. Львів 9-10 лютого 2021р. Львів, 2021. С. 180. (0,33 друк.арк.)

18. Сердюк В. О., Склабінський В. І., Большаніна С. Б. Побудова регресійних математичних моделей оптимального катодного електроємбранного осадження металів. *Сучасні технології у промисловому виробництві (СТПВ-2020)*: мат. та прогр. VIII Всеукраїнської науково-технічної конференції: м. Суми, 20–23 квітня 2021р. Суми, 2021. С. 203. (0,66 друк.арк.)

19. Сердюк В. О., Склабінський В. І., Большаніна С. Б. Кінетика електроємбранного відновлення кадмію та цинку. *Сучасні технології у промисловому виробництві (СТПВ-2020)*: мат. та прогр. VIII Всеукраїнської науково-технічної конференції: м. Суми, 20–23 квітня 2021р. Суми, 2021. С. 230. (0,33 друк.арк.)

20. Пат. 109623 Україна, МПК (2006.01) C02F 1/46. Спосіб електролітичної регенерації хромовмісних розчинів/ С. Б. Большаніна, І. Ю. Аблесва, О. М. Кириченко, Л. Л. Алтуніна, О. Б. Кліманов, В. О. Сердюк; заявник та патентовласник Сумський державний університет. – №/у 2016 02830; заявл. 21.03.2016; опубл. 25.08.2016, бюл. № 16. – 4 с. Здобувач запропонував схему пристрою для електролітичної регенерації та проводив експериментальні дослідження. (2,97 друк.арк.)

21. Пат. 139615 U Україна МПК C02F 1/46 (2006.01), C02F 1/461 (2006.01), C25D 21/16 (2006.01). Спосіб електролітичної регенерації хромовмісних розчинів / С. Б. Большаніна, В. О. Сердюк, О. М. Кириченко, В. І. Склабінський, К. О. Зайцева, В. Д. Івченко; заявник та патентовласник Сумський держ. ун-т. - № у 201907069; заявл. 25.06.2019; опубл. 10.01.2020, бюл. № 1. Здобувач проводив експериментальні дослідження та розрахунки ефективності процесу електролітичної регенерації хромовмісних розчинів. (2,97 друк.арк.)

Висновок. Вважати, що подана дисертація Сердюка Василя Олексійовича «Мембранні електрохімічні пристрої в процесах регенерації гальванічних розчинів» за своїм науковим рівнем, актуальністю виконаних досліджень, практичним значенням, обсягом і оформленням повністю відповідає вимогам передбаченим п. 10 Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії.

Рецензенти:

Доктор технічних наук,
професор кафедри
комп'ютерної механіки

І.В.Павленко

Кандидат технічних наук,
доцент кафедри хімічної інженерії

М.П.Юхименко

