

<https://doi.org/10.15407/dopovidi2026.02.067>

УДК 544.65, 621/631

М.С. Хома, <https://orcid.org/0000-0002-0951-3975>

С.А. Галайчак, <https://orcid.org/0000-0002-3823-2056>

С.А. Корній, <https://orcid.org/0000-0003-3998-2972>

М.Р. Чучман, <https://orcid.org/0000-0003-1071-9126>

М.В. Данильчук, <https://orcid.org/0009-0003-7242-4275>

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, Львів, Україна

E-mail: korniy_sergiy@ukr.net

Електрохімічний синтез Ni—Mo покриттів із комплексного електроліту для протикорозійних і каталітичних застосувань

Представлено членом-кореспондентом НАН України І.М. Дмитрахом

Удосконалено склад комплексного електроліту для формування високолегованих молибденом нікелевих покриттів. Встановлено, що для формування бездефектних покриттів з вмістом Mo понад 40 мас. % оптимальним є такий склад електроліту: 0,2 М NiCl₂; 1,0 М Na₃C₆H₅O₇; 1 г/л сахарину, 1 г/л Na₂MoO₄·SrMoO₄ (нас.), рН 9,0. Такі покриття характеризуються підвищеною корозійною тривкістю порівняно з системами Ni—Mo з меншим вмістом молибдену та Ni—Mo—В, а також покращеними електрокаталітичними властивостями, що свідчить про їхню перспективність як недорогих катодів для лужного електролізу та можливої заміну хастелоїв і твердого хромування.

Ключові слова: Ni—Mo покриття, електроосадження, корозійна тривкість, електрокаталіз, реакція виділення водню, відновлювана енергетика.

Вступ. В умовах післявоєнного відновлення України особливої ваги набуває розвиток сучасних матеріалів і технологій, здатних забезпечити високу енергоефективність, ресурсозбереження та технологічність промисловості. У цьому контексті перспективними матеріалами є покриття на основі системи Ni—Mo, які можуть замінити дороговартісні сплави хастелоїв [1]. Їх можна використовувати в хімічній та нафтохімічній промисловостях для підвищення експлуатаційної надійності критичних конструкційних елементів реакторів, теплообмінників, колон, трубопроводів та іншого обладнання, що працюють в умовах кон-

Цитування: Хома М.С., Галайчак С.А., Корній С.А., Чучман М.Р., Данильчук М.В. Електрохімічний синтез Ni—Mo покриттів із комплексного електроліту для протикорозійних і каталітичних застосувань. *Допов. Нац. акад. наук Укр.* 2026. № 2. С. 67—74. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2026.02.067>

© Видавець ВД «Академперіодика» НАН України, 2026. Стаття опублікована за умовами відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

центрованих кислот та інших корозійно-активних реагентів, а також в енергетичному секторі — атомних і теплових електростанціях, у газовій та нафтогазовій галузях, авіаційній техніці, фармацевтичному виробництві та водневих технологіях, де потрібна надвисока корозійна тривкість у високоагресивних середовищах [2]. Також матеріали на основі системи Ni—Mo вважаються еталонними безплатиновими каталізаторами для реакції виділення водню лужним електролізом, що визначає їхню перспективність для використання в масштабованих і економічно ефективних водневих технологіях [3]. Відомо, що каталітична активність таких покриттів та їхня корозійна тривкість, особливо в кислих середовищах, зростають зі збільшенням вмісту молібдену [4, 5]. Однак за високих його концентрацій на поверхні спостерігається інтенсивне тріщиноутворення, що унеможливує їх практичне використання [6].

Є різні методи отримання Ni—Mo покриттів. Серед них електроосадження із водних розчинів — найбільш економічний і технологічно гнучкий метод, який дає змогу формувати покриття різного хімічного складу і товщини шляхом регулювання режимів електролізу [7, 8]. Для їх синтезу застосовують пірофосфатні та комплексні цитратні електроліти, в останньому випадку спостерігається вищий вміст молібдену. Однак вихідна концентрація молібдату натрію в таких електролітах дуже низька, що обмежує їхній ресурс і через що ці системи стають практично одноразовими [9]. Для усунення цього недоліку нами був розроблений саморегулювальний електроліт, який дає змогу формувати покриття з вмістом молібдену в широкому діапазоні — від 2 до 58 мас. % [10]. Рівномірне та бездефектне покриття з вмістом молібдену близько 25 мас. % отримували за густини струму 0,5 А/дм² та показника рН 9,0. Підвищення температури та інтенсивності перемішування сприяло зростанню частки молібдену в покритті, однак за концентрацій >28 мас. % спостерігалось відшарування покриття від підкладки й інтенсивне тріщиноутворення.

У межах виконаного дослідження методом циклічної вольтамперометрії також було вивчено стадійність та лімітувальну реакцію формування Ni—Mo покриттів, що включає такі процеси, як схематично зображено на рис. 1:

- відновлення нікелю з аміачних комплексів:



- формування проміжних адсорбованих сполук молібдену:



- їх часткове відновлення:



• наступну хімічну реакцію відновлення оксиду молібдену(IV) до адсорбованого молібдену на центрах адсорбції нікелю згідно з реакціями:



i/ або



Реакція (6) є лімітувальною в процесі осадження, а її перебіг підтверджується хімічним аналізом покриттів, який показує, що вищі значення рН корелюють із нижчим вмістом кисню. Фінальний етап формування покриття полягає у включенні адсорбованих атомів молібдену в кристалічну решітку нікелю:



Згідно з описаним механізмом, вміст молібдену в покриттях можна підвищити додаванням цитрату натрію в електроліт, що й було реалізовано у цьому дослідженні.

Мета дослідження — одержати гальванічні покриття Ni—Мо зі збільшеним вмістом молібдену, яким притаманні високі корозійна тривкість та каталітична активність щодо реакції виділення водню в лужних середовищах, що істотно перевищують показники інших електрохімічних покриттів.

Матеріали та методи. Осадження покриттів проводили з електроліту, що містив: 0,2 М NiCl₂; 0,6 М Na₃C₆H₅O₇; 1 г/л сахарину, 1 г/л Na₂MoO₄, насичений розчин SrMoO₄ (розчинність 0,00055 моль/л), рН 9,0 (аміак). Для встановлення впливу концентрації цитрату натрію на вміст молібдену у двох інших електролітах його вміст було підвищено до 1,0 та 1,5 М. Електроліз проводили за різної густини струму — 0,5; 5,0 та 10,0 А/дм², швидкості перемішування 300 об/хв, температури 25 ± 0,5 °С, протягом 30 хв. Анод — нікелева пластина. Покриття завтовшки 10—20 мкм наносили на сталеві (для визначення корозійної тривкості) та мідні (для визначення каталітичних властивостей) підкладки. Перед випробуваннями серію пластин вручну відшліфовували SiC-папером (360, 600 і 1000 grit) і промивали в дистильованій воді за допомогою ультразвукового очищувача для видалення залишків абразиву, знежирювали в ацетоні та висушували повітрям. Анод — нікелева пластина.

Електрохімічні дослідження покриттів виконували на потенціостаті-гальваностаті MTech SPG-500fast (Україна) за швидкості розгортки потенціалу 1 мВ/с. Електрод порівняння: ртутно-оксидний — для каталітичних випробувань, хлоридсрібний — для визначення корозійної тривкості; допоміжний електрод — платиновий. Робоча площа зразків 1 см². Результати вимірювань усереднювали після випробувань трьох зразків. Потенціали відновлення та окиснення наведені відносно стандартного водневого електрода. Каталітичну активність покриттів щодо реакції виділення водню оцінювали за кінетичними параметрами, одержаними із катодних поляризаційних кривих:

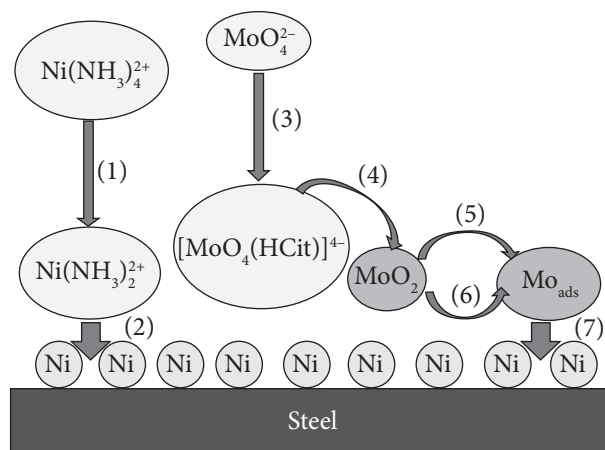


Рис. 1. Схема електроосадження Ni—Мо покриттів [10]. Цифри у дужках відповідають нумерації реакцій у тексті

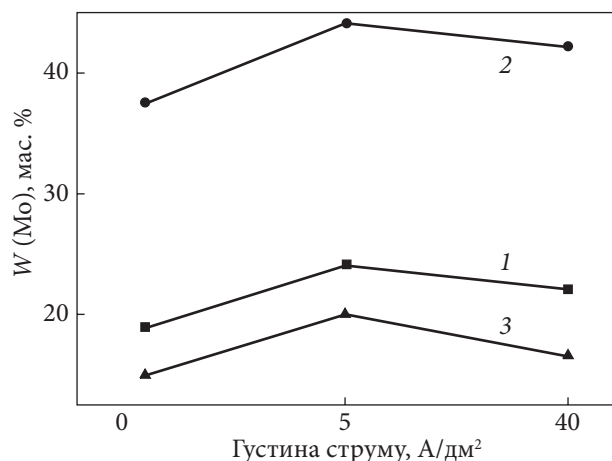


Рис. 2. Залежність вмісту молібдену в покриттях від густини струму осадження в електролітах із вмістом цитрату натрію 0,6 М (1), 1,0 М (2) і 1,5 М (3)

Рис. 3. СЕМ-зображення покриття, отриманого за густини струму 5,0 А/дм² з електроліту, що містив 1,0 М Na₃C₆H₅O₇

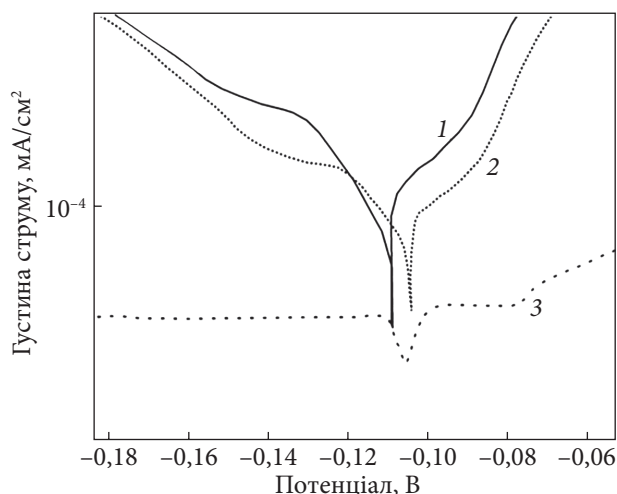
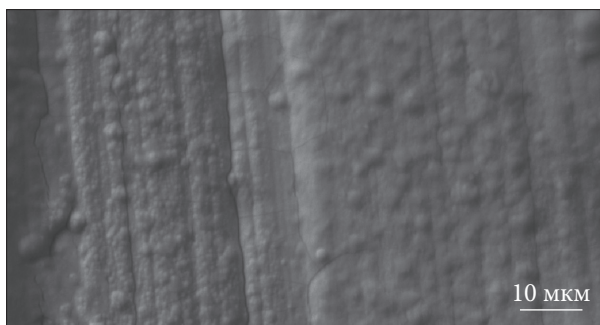


Рис. 4. Поляризаційні криві покриттів Ni—28,0 мас. % Мо (1), Ni—22,8 мас. % Мо—5,4 мас. % В (2) та Ni—44,1 мас. % Мо (3) у 3%-му розчині NaCl

коефіцієнтами a і b в області кривих Тафеля, густиною струму обміну реакції виділення водню, її перенапругою за густини струму $j = 100 \text{ mA/cm}^2$. Катодні криві знімали за швидкості розгортки потенціалу 1 мВ/с, починаючи від потенціалу -900 мВ , у 1,0 М розчині KOH (25 °С), з якого видаляли кисень барботуванням аргоном. Корозійну тривкість покриттів визначали у 3%-му розчині NaCl екстраполяцією тафельських прямих на значення потенціалу корозії.

Морфологію та елементний склад отриманих покриттів досліджували за допомогою сканівного електронного мікроскопа (SEM) EVO-40XVP (“Carl Zeiss”, Німеччина) та енергодисперсійного спектрометра INCA Energy 350 (“Oxford Instruments”, Велика Британія).

Результати та їх обговорення. Як показали попередні результати, густина струму осадження $0,5 \text{ A/дм}^2$, рН 9,0 і швидкість перемішування 300 об/хв є оптимальними для отримання бездефектних покриттів із підвищеним вмістом молібдену [10]. Оскільки для електроосадження використовується нікелевий анод, який частково розчиняється під час електролізу, вміст NiCl_2 у вихідному електроліті не змінювали. Сахарин вводили до складу електроліту для зниження внутрішніх напружень у покриттях і, відповідно, мінімізації тріщиноутворення, яке виникає внаслідок високого вмісту молібдену.

Оскільки відповідно до запропонованого механізму електроосадження [10] молібден відновлюється з цитратного комплексу і надалі адсорбується на активних центрах вже осадженого нікелю, було вивчено вплив концентрації цитрату натрію на вміст молібдену в покриттях. Залежність вмісту молібдену від густини струму осадження в електролітах з різним вмістом $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ наведено на рис. 2.

Показано, що зі збільшенням концентрації цитрату натрію від 0,6 до 1,0 М вміст молібдену в покриттях підвищується, а подальше його збільшення, навпаки, спричиняє зменшення $W(\text{Mo})$. Це, найімовірніше, пов'язано з тим, що за зазначених умов електроліт набував гелеподібної консистенції, що ускладнювало процес масоперенесення та відновлення молібдат-іонів. Для всіх електролітів спостерігається немонотонна зміна вмісту молібдену: спочатку він зростає, а потім зменшується. У наших дослідженнях найвищий вміст Mo отримано за густини струму $5,0 \text{ A/дм}^2$. Найбільші значення ($\approx 40\text{—}44 \text{ мас. \%}$) досягаються в електроліті з концентрацією цитрату 1,0 М.

Морфологія усіх покриттів характеризується нерівномірною, розвиненою сферичною мікроструктурою з окремими поодинокими мікрориступами, пор і тріщин не виявлено. Спостерігаються витягнуті структури та сформовані вертикально орієнтовані рельєфні ділянки, що може бути наслідком неоднорідного масоперенесення у висококонцентрованому цитратному електроліті (рис. 3).

Таблиця 1. Електрохімічні характеристики покриттів у 3%-му розчині NaCl

Покриття	$E_{\text{кор}}$, В	$i_{\text{кор}}$, mA/см^2	Джерело
Ni—28,0 мас. % Mo	−0,110	0,00200	[1]
Ni—44,1 мас. % Mo	−0,106	0,00015	—
Ni—22,8 мас. % Mo—5,4 мас. % В	−0,108	0,00110	[1]

Таблиця 2. Кінетичні параметри реакції виділення водню на покриттях з різним вмістом молібдену

Зразок	η , В	$-a$, В	$-b$, В/дек	j_0 , A/см^2	Джерело
Ni—25 мас. % Mo	0,250	0,40	0,096	$6,8 \cdot 10^{-5}$	[11]
Ni—Mo (після анодування)	0,160	0,30	0,108	$1,7 \cdot 10^{-3}$	[11]
Ni—44,1 мас. % Mo	0,136	0,142	0,090	0,026	—

Для аналізу впливу хімічного складу на електрохімічні характеристики було порівняно покриття з підвищеним вмістом молібдену (44,1 мас. %) з одержаними раніше покриттями [1] складу Ni—28,0 мас. % Мо та Ni—22,8 мас. % Мо—5,4 мас. % В (рис. 4).

Для покриття складу Ni—22,8 мас. % Мо—5,4 мас. %. В спостерігається зменшення струму корозії до $0,00110 \text{ mA/cm}^2$ (табл. 1). Це свідчить про покращення корозійної тривкості, ймовірно, завдяки наявності бору, який сприяє зменшенню розміру структурних складових покриття.

Найнижче значення густини струму корозії зафіксовано для покриття Ni—44,1 мас. % Мо — $0,00015 \text{ mA/cm}^2$ за показника $E_{\text{cor}} = -0,106 \text{ В}$. Це свідчить про його найвищу корозійну тривкість, що може бути зумовлено підвищеним вмістом молібдену та більш ефективним пасивуванням поверхні. Збільшення частки Мо до 44,1 мас. % спричиняє зменшення значення i_{cor} більш ніж у 10 разів порівняно з початковим зразком. Таке покриття має найкращу захисну ефективність.

Порівняння каталітичних властивостей покриття з вмістом молібдену 44,1 мас. % з відомими його аналогами в 1,0 М КОН наведено в табл. 2.

Покриття складу Ni—25 мас. % Мо характеризується відносно високою перенапругою водню (0,250 В) та низькою густиною струму обміну, що свідчить про обмежену каталітичну активність. Після анодування, що спричиняє селективне розчинення нікелю з твердого розчину Ni—Мо, покриття демонструє істотне зниження перенапруги (до 0,160 В) і різке зростання показника j_0 до $1,7 \cdot 10^{-3} \text{ A/cm}^2$, що свідчить про значне покращення активної площі та прискорення стадії розряду. Це зумовлено зростанням поверхневої концентрації молібдену та, відповідно, його оксидів, що сприяє утворенню активних центрів для проходження реакції відновлення водню. Отримане у цьому дослідженні покриття з високим вмістом молібдену (Ni—44,1 мас. % Мо) має найнижчу перенапругу (0,136 В) та найвищу густину струму обміну, що свідчить про високу швидкість перебігу реакції виділення водню. Отже, збільшення концентрації молібдену у покриттях Ni—Мо сприяє підвищенню ефективності відновлення водню у водних електролітах.

Висновки.

1. Встановлено вплив концентрації цитрату натрію як комплексоутворювача у складі електроліту для отримання покриттів Ni—Мо на їх хімічний склад і показано, що за його вмісту 1,0 М осаджуються бездефектні покриття з вмістом молібдену понад 40 мас. %. Корегування складу електроліту дає змогу контролювати співвідношення швидкостей відновлення Ni та Мо та формувати однорідні, щільні та високолеговані покриття за кімнатної температури і високої густини струму.

2. Отримані покриття Ni—44,1 мас. % Мо характеризуються підвищеною корозійною тривкістю порівняно з традиційними Ni—Мо та Ni—Мо—В системами. Зростання частки Мо сприяє формуванню структури, яка ефективно знижує швидкість корозійних процесів.

3. За результатами електрохімічних досліджень встановлено, що покриття Ni—Мо з вмістом молібдену 44,1 мас. % має найнижчу перенапругу в реакції виділення водню і найвищу густину обмінного струму. Це свідчить про значне покращення кінетики реакції виділення водню у водних розчинах та підтверджує перспективність таких покриттів як недорогих та ефективних катодних матеріалів.

4. Результати дослідження свідчать про те, що нікелеві покриття з високим вмістом молібдену, отримані з модифікованого комплексного електроліту, можуть бути використанні для заміни дороговартісних хастелоїв, а також мають значний потенціал для застосування у відновлюваній енергетиці, зокрема для лужного електролізу води.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Halaichak S.A., Vynar V.A., Khoma M.S., Mardarevych R.S., Ivashkiv V.R., Korniy S.A. Increasing corrosion resistance of Ni-Mo composite electrodeposited coatings: Doping with boron. *Mat. Let.* 2023. **353**. 135268. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2023.135268>
2. Hastuty S., Widiatmoko A., Sudiro T., Awwaluddin M., Puspitasari P. Corrosion behavior of hastelloy C-276 in hydrochloric and sulfuric acid. *Key Eng. Mat.* 2023. **940**. P. 83—88. <https://doi.org/10.4028/p-182v0d>
3. Mosayebi S., Rezaei M., Mahidashti Z. Comparing corrosion behavior of Ni and Ni-Mo electroplated coatings in chloride mediums. *Colloids Surf. A: Physicochem., Eng. Asp.* 2020. **594**. 124654. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2020.124654>
4. Ведь М.В., Сахненко М.Д. Каталітичні та захисні покриття сплавами і складними оксидами: електрохімічний синтез, прогнозування властивостей. Харків: НТУ “ХПІ”, 2010. 272 с.
5. Protsenko V.S., Bobrova L.S., Butyrina T.E., Baskevich A.S., Korniy S.A., Danilov F.I. Electrodeposited Ni—Mo coatings as electrocatalytic materials for green hydrogen production. *Heliyon*. 2023. **9**, № 4. e15230. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15230>
6. Niedbala J. Electrochemical production and characterization of Ni-Mo, Ni-Mo-P and Ni+Mo coatings. *Mater. Sci. Forum*. 2006. **514-516**. P. 465—469. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF514-516.465>
7. Bigos A., Beltowska-Lehman E., Kot M. Studies on electrochemical deposition and physicochemical properties of nanocrystalline Ni-Mo alloys. *Surf. Coat. Technol.* 2017. **317**. P. 103—109. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2017.03.036>
8. Забалуєв А.С., Ущাপовський Д.Ю., Воробйова В.І., Васильєв Г.С., Лінючева О.В. Електрохімічні, механічні та каталітичні властивості гальванічних покриттів на основі нікелю. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2025. **36(75)**, № 1. С. 155—163. <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2025.1.1/23>
9. Beltowska-Lehman E., Indyka P. Kinetics of Ni—Mo electrodeposition from Ni-rich citrate baths. *Thin Solid Films*. 2012. **520**, № 6. P. 2046—2051. <https://doi.org/10.1016/j.tsf.2011.10.024>
10. Korniy S., Halaichak S., Chuchman M., Khoma M., Vynar V. Characterization and electrodeposition mechanism of Ni—Mo coatings from self-regulating electrolyte. *Res. Surf. Interfac.* 2024. **17**. 100305. <https://doi.org/10.1016/j.rsufi.2024.100305>
11. Korniy S.A., Halaichak S.A., Chuchman M.R., Vynar V.A., Datsko B.M. Effect of anodic treatment on the electrocatalytic activity of electrodeposited Ni-Mo coatings as cathode materials for hydrogen evolution reaction. *Colloids Surf. A: Physicochem. Eng. Asp.* 2025. **705**. 135677. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2024.135677>

Надійшла до редакції 01.12.2025

REFERENCES

1. Halaichak, S. A., Vynar, V. A., Khoma, M. S., Mardarevych, R. S., Ivashkiv, V. R. & Korniy, S. A. (2023). Increasing corrosion resistance of Ni-Mo composite electrodeposited coatings: Doping with boron. *Mat. Let.*, 353, 135268. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2023.135268>
2. Hastuty, S., Widiatmoko, A., Sudiro, T., Awwaluddin, M. & Puspitasari, P. (2023). Corrosion behavior of hastelloy C-276 in hydrochloric and sulfuric acid. *Key Eng. Mat.*, 940, pp. 83-88. <https://doi.org/10.4028/p-182v0d>
3. Mosayebi, S., Rezaei, M. & Mahidashti, Z. (2020). Comparing corrosion behavior of Ni and Ni-Mo electroplated coatings in chloride mediums. *Colloids Surf. A: Physicochem., Eng. Asp.*, 594, 124654. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2020.124654>
4. Ved, M. V. & Sakhnenko, M. D. (2010). Catalytic and protective coatings based on alloys and complex oxides: Electrochemical synthesis and property prediction. Kharkiv: National Technical University “KhPI” (in Ukrainian).
5. Protsenko, V. S., Bobrova, L. S., Butyrina, T. E., Baskevich, A. S., Korniy, S. A. & Danilov, F. I. (2023). Electrodeposited Ni—Mo coatings as electrocatalytic materials for green hydrogen production. *Heliyon*, 9, No. 4, e15230. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15230>
6. Niedbala, J. (2006). Electrochemical production and characterization of Ni-Mo, Ni-Mo-P and Ni+ Mo coatings. *Mater. Sci. Forum*, 514-516, pp. 465-469. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF514-516.465>

7. Bigos, A., Beltowska-Lehman, E. & Kot, M. (2017). Studies on electrochemical deposition and physicochemical properties of nanocrystalline Ni-Mo alloys. *Surf. Coat. Technol.*, 317, pp. 103-109. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2017.03.036>
8. Zabaluiiev, A. S., Ushchapovskyi, D. Yu., Vasyliiev, H. S., Liniucheva, O. V. & Vorobiova, V. I. (2025). Electrochemical, mechanical, and catalytic properties of nickel-based electroplated coatings. *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Taurida National University. Series: Technical Sciences*, 36(75), No. 1, pp. 155-163 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2025.1.1/23>
9. Beltowska-Lehman, E. & Indyka, P. (2012). Kinetics of Ni—Mo electrodeposition from Ni-rich citrate baths. *Thin Solid Films*, 520, No. 6, pp. 2046-2051. <https://doi.org/10.1016/j.tsf.2011.10.024>
10. Korniy, S., Halaichak, S., Chuchman, M., Khoma, M. & Vynar, V. (2024). Preparation and properties of modified montmorillonite by zinc-phosphate for anticorrosion applications in protective coatings. *Res. Surf. Interfac.*, 17, 100305. <https://doi.org/10.1016/j.rsufi.2024.100305>.
11. Korniy, S. A., Halaichak, S. A., Chuchman, M. R., Vynar, V. A. & Datsko, B. M. (2025). Effect of anodic treatment on the electrocatalytic activity of electrodeposited Ni-Mo coatings as cathode materials for hydrogen evolution reaction. *Colloids Surf. A: Physiochem. Eng. Asp.*, 705, 135677. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2024.135677>

Received 01.12.2025

M.S. Khoma, <https://orcid.org/0000-0002-0951-3975>

S.A. Halaichak, <https://orcid.org/0000-0002-3823-2056>

S.A. Korniy, <https://orcid.org/0000-0003-3998-2972>

M.R. Chuchman, <https://orcid.org/0000-0003-1071-9126>

M.V. Danylchuk, <https://orcid.org/0009-0003-7242-4275>

Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine

E-mail: korniy_sergiy@ukr.net

ELECTROCHEMICAL SYNTHESIS OF Ni–Mo COATINGS FROM COMPLEX ELECTROLYTE FOR ANTICORROSION AND CATALYTIC APPLICATIONS

The composition of a complex electrolyte for producing nickel coatings with a high molybdenum content has been optimized in this work. It has been shown that the optimal electrolyte composition for producing defect-free coatings containing more than 40 wt.% Mo includes 0.2 M NiCl₂, 1.0 M Na₃C₆H₅O₇, 1 g/L saccharin, 1 g/L Na₂MoO₄, a saturated solution of SrMoO₄, and a pH of 9.0. Such coatings demonstrate increased corrosion resistance compared to Ni–Mo with lower molybdenum content and Ni–Mo–B, as well as improved electrocatalytic characteristics, confirming their promise as inexpensive cathodes for alkaline electrolysis and a potential alternative to Hastelloy alloys and hard chromium plating.

Keywords: Ni–Mo coatings; electrodeposition; corrosion resistance; electrocatalysis; hydrogen evolution reaction; renewable energy.