

УДК 544.6.018

**ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ  
ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО НІКЕЛЮВАННЯ НА ЯКІСТЬ УТВОРЕНИХ  
ПОКРИТТІВ****Клянцко А. Р., Кислова О. В.**

Київський національний університет технологій та дизайну

**Мета.** Дослідити вплив різних технологічних факторів гальванічного нікелювання (склад та рН електроліту; температура; густина струму; наявність добавок) на ефективність процесу та якість утворених блискучих покриттів.

**Методика.** Аналіз даних науково-технічної літератури щодо ефективності різних режимів електрохімічного нікелювання в кислому середовищі, вибір оптимальних умов нанесення якісного блискучого нікелевого покриття.

**Результати.** Визначено оптимальні умови гальванічного нікелювання в кислому середовищі. Показано вплив різних компонентів електроліту, значення рН, температури, густини струму на процес електрохімічного нанесення нікелю, структуру та якість утворених декоративних покриттів, які характеризується підвищеною корозійною стійкістю.

**Наукова новизна.** Наведено оптимальні умови гальванічного нікелювання в кислому середовищі та узагальнено вплив різних чинників технологічного процесу.

**Практична значимість.** В процесі дослідження були проаналізовані електроліти нікелювання різного типу та обрано найбільш ефективний і дешевий в експлуатації. Узагальнено основні технологічні параметри режиму гальванічного нікелювання.

**Ключові слова:** блискуче нікелювання, режим електролізу, сульфатний електроліт

Провідна роль в підвищенні якості, надійності і довговічності виробів з металів та їх сплавів належить гальванічним покриттям, які мають захисні та декоративні властивості, підвищують твердість поверхні. Нині широко застосовуються блискучі і дзеркальні нікелеві покриття, що наносяться безпосередньо з електролітів з застосуванням блискоутворюючих добавок або під дією нестационарних режимів струму [1, 2].

Блискуче нікелювання має ряд переваг в порівнянні з матовим, зокрема:

- 1) стає непотрібною трудомістка операція механічного полірування;
- 2) зменшуються витрати нікелю, оскільки при поліруванні деталей знімається верхній шар покриття товщиною 2-3 мкм;
- 3) скорочується число технологічних операцій і створюються умови для автоматизації всього технологічного циклу;
- 4) інтенсифікується процес осадження нікелю за рахунок застосування більш високої густини струму.

Основними недоліками блискучих покриттів порівняно з матовими є значне наводорожування, наявність внутрішніх напружень і велика кількість домішок, що погіршують механічні властивості [1, 2].

### *Постановка завдання*

Провести аналіз даних науково-технічної літератури щодо технологічних умов нанесення блискучого нікелевого покриття, існуючих проблем та шляхів їх усунення, з'ясувати вплив умов проведення гальванічного процесу на структуру та якість блискучих захисних покриттів.

### *Результати досліджень*

Електроліти нікелювання можна розділити на наступні основні групи: 1) сульфатні; 2) сульфамінові; 3) фторборатні; 4) хлоридні; 5) силікатнофтористоводневі. На практиці найчастіше застосовують перші два. Біля 80% всіх блискучих нікелевих покриттів отримують безпосередньо з гальванічних ванн з використанням сульфатного електроліту. З сульфамінового електроліту з певними добавками також можна отримувати блискучі покриття, однак частіше його використовують для одержання осадів матового пластичного нікелю для гальванопластики або металізації діелектриків. Інші електроліти використовують для отримання матового нікелю при високій густині струму на виробках з алюмінію і нержавіючої сталі [1].

Склад стандартного сульфатного електроліту нікелювання наведено в таблиці.

*Таблиця*

**Склад стандартного електроліту нікелювання**

Найменування	Хімічна формула	Концентр. г/л	pH	Температура, °C	Густина струму, А/дм <sup>2</sup>	Швидкість осадження, мкм/хв
Сульфат нікелю	NiSO <sub>4</sub>	230-320	3-5	50-60	2-7	0,4-1,4
Хлорид нікелю	NiCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	30-60				
Борна кислота	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	30-40				
Сахарин	C <sub>7</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>3</sub> S	0,3-2,0				
Водний розчин 1,4-бутиндіолу	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	0,027-0,1				

Для нормального перебігу гальванічного процесу і отримання осадів з заданими фізико-механічними властивостями необхідно суворо підтримувати технологічний режим. На властивості нікелевих покриттів впливають наступні чинники: 1) склад електроліту; 2) температура; 3) рН; 4) густина струму; 5) наявність домішок [1, 2].

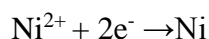
Крім солей нікелю до складу електроліту входять компоненти, які підвищують електропровідність, стабілізують кислотність, поліпшують розчинність анодів, надають блиск осадам, запобігають утворенню побічних дефектів [2]. Електроліти нікелювання коригуються за даними хімічного аналізу не менше двох разів на місяць, а значення рН контролюють щодня. Для визначення вмісту хлориду нікелю використовують об'ємний аргентометричний метод, а кількість сульфату нікелю та борної кислоти визначають за даними спектрального аналізу.

Як блискоутворювачі для електролітів електрохімічного осадження нікелю використовують різноманітні органічні сполуки [3], такі як полімерні продукти поліконденсації формальдегіду з нітроген- та сульфурвмісними сполуками, сульфоніламіді, гетероциклічні амонієві солі, цитрат і глюконат натрію, сульфопохідні етиленгліколю, сульфо-, аміно- і карбоксипохідні ацетиленових сполук. Твердість нікелевого покриття, отриманого з електролітів без органічних добавок, до яких відносяться блискоутворювачі, а також змочуючі і вирівнюючі добавки, зазвичай коливається в межах 300-400 кгс /мм<sup>2</sup>. При введенні добавок твердість підвищується до 600-700 кгс /мм<sup>2</sup>. Міцність на розрив відповідно зростає від 60 до 175 кгс /мм<sup>2</sup>. Нікелеві покриття мають знижену пластичність, але вона збільшується після відпалу при 900°C.

Нікелювання проводять при рН 3-5, а для підтримки значення рН використовують буферні суміші. Найчастіше для стабілізації рН електроліту, значення якого безперервно підвищується внаслідок виділення водню, використовують борну кислоту. Для електролітів з низьким значенням рН більш ефективними є добавки фторидів. При зниженні кислотності в катодному шарі утворюються основні солі та гідроксид нікелю, які впливають на процес електроосадження. Спостерігається зміна структури і механічних властивостей поверхні, яка стає крихкою і шорсткою. З іншого боку, зниження кислотності електроліту (рН > 5) призводить до зниження розсіювальної здатності і виходу за струмом через витрати енергії на відновлення іонів водню [2, 4].

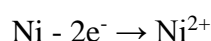
Електроосадження нікелю завжди супроводжується значною катодною і анодною поляризацією, яка залежить від складу електроліту та режиму процесу. Катодна поляризація спостерігається вже при дуже маленьких густинах струму. Виділення металу відбувається з меншою поляризацією при вищій температурі. Катодна поляризація впливає на структуру покриття і на рівномірність розподілу металу [1, 3].

Електроосадження нікелю з кислих розчинів простих солей має ряд особливостей: розряд іонів металу протікає при високій катодній поляризації і низькому перенапруженні водню. Одночасно на катоді спостерігаються два процеси – відновлення металу і водню:



Надмірне збільшення густини струму може призвести до різкого падіння виходу за струмом. Для кожного електроліту встановлюється оптимальне значення рН з врахуванням концентрації солей нікелю, густини струму і температурного режиму електролізу. Вихід за струмом в сульфатному електроліті зростає зі збільшенням концентрації солей нікелю. Збільшення густини струму в визначених межах знижує внутрішню напругу і посилює блиск покриттів. Робочий інтервал густин струму тим ширший, чим вищою є температура. У сульфатному електроліті без добавок середня оптимальна густина струму дорівнює 2-3 А/дм<sup>2</sup>, при введенні блискоутворювачів – понад 4 А/дм<sup>2</sup>. Проте при високих значеннях густин струму змінюється структура покриття: відбувається перехід від компактного дрібнокристалічного до порошкоподібного дендритного осаду [2].

Механізм розчинення нікелевих анодів супроводжується утворенням іонів нікелю:



При анодному розчиненні нікель легко пасивується [1]. Повна пасивація призводить до виділення на аноді кисню і хлору. Для запобігання пасивації нікелевих анодів в електроліт вводять хлориди натрію NaCl або нікелю NiCl<sub>2</sub>.

Блискучі нікелеві покриття можуть утворюватись за рахунок застосування нестационарних режимів струму. Нікелювання з реверсуванням струму і впливом ультразвуку проводять в сульфатних електролітах. Реверсування і переривання струму забезпечує отримання покриттів з незначною пористістю, малими внутрішніми напруженнями і високими захисними властивостями.

Накладення ультразвуку, а також комбіноване застосування ультразвуку та реверсування струму дозволяють істотно інтенсифікувати процес електроосадження. Підвищується густина струму осадження, утворюються світлі, міцні і практично безпористі блискучі покриття малої товщини [2].

**Висновки**

Оптимальний вибір складу електроліту електрохімічного нікелювання, значення рН, буферних та блискоутворюючих добавок, температури, густини струму дає змогу отримувати блискучі нікелеві покриття високої якості. Сульфатний електроліт характеризується гарними вирівнюючими та розсіювальними властивостями, недорогий, легко корегується. Перспективним напрямком є застосування нестационарних режимів електролізу та ультразвуку.

**Список використаних джерел**

1. Сайт «Справочник химика»: Химия и химическая технология [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://chem21.info/1695605>
2. Gamburg Yu. Theory and practice of metal electrodeposition/ Yu.Gamburg, G.Zangary // New York: Springer Science-Business Media. – 2011. – 438 p.
3. Tripathy B. Effect of organic extractants on the electro-crystallization of nickel from aqueous sulphate solution / B.Tripathy, P.Singh, D.Muir, S.Das // Journal of Applied Electrochemistry.–2001.–V.34.– P. 301-308.
4. Fumitaka S. Nickel electroplating bath using malic acid as a substitute agent for boric acid / S.Fumitaka, K.Keisuke, N.Yuzuru, K.Koichi, S.Yuichi // Metal Finish.–2007. – Vol. 105, № 12. – P. 34-38.

**References**

1. Sayt «Spravochnik khimika»: *Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya* [Site «Chemist Handbook»: Chemistry and Chemical Technology]. Retrieved from: <http://chem21.info/1695605>. [in Russian].
2. Gamburg Yu. & Zangary G. (2011). Theory and practice of metal electrodeposition. New York: Springer Science-Business Media.
3. Tripathy B., Singh P., Muir D., Das S. (2001). Effect of organic extractants on the electro-crystallization of nickel from aqueous sulphate solution // Journal of Applied Electrochemistry.
4. Fumitaka S., Keisuke K., Yuzuru N., Koichi K. & Yuichi S. (2007). Nickel electroplating bath using malic acid as a substitute agent for boric acid // MetalFinish.

**Klyantsko Andrian**[andrianklyantsko@gmail.com](mailto:andrianklyantsko@gmail.com)*Kyiv National University of  
Technologies and Design***Kislova Olga**ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0223-1860>[kievkislova@gmail.com](mailto:kievkislova@gmail.com)*Kyiv National University of  
Technologies and Design*

***Влияние технологических параметров процесса электрохимического никелирования на качество полученных покрытий******Клянцко А. Р., Кислова О. В.****Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Исследовать влияние различных технологических факторов гальванического никелирования (состав и рН электролита, температура, плотность тока, наличие добавок) на эффективность процесса и качество полученных блестящих покрытий.

**Методика.** Анализ данных научно-технической литературы по эффективности различных режимов электрохимического никелирования в кислой среде, выбор оптимальных условий нанесения качественного блестящего никелевого покрытия.

**Результаты.** Определены оптимальные условия гальванического никелирования в кислой среде. Показано влияние различных компонентов электролита, значения рН, температуры, плотности тока на процесс электрохимического нанесения никеля, структуру и качество полученных декоративных покрытий, которые обладают повышенной коррозионной стойкостью.

**Научная новизна.** Приведены оптимальные условия гальванического никелирования в кислой среде и обобщено влияние различных факторов технологического процесса.

**Практическая значимость.** В процессе исследования были проанализированы электролиты никелирования различного типа и исследован наиболее эффективный и дешевый в эксплуатации электролит. Обобщены основные технологические параметры режима гальванического никелирования.

**Ключевые слова:** блестящее никелирование, режим электролиза, сульфатный электролит

***The influence of technological parameters of the electrochemical process nickel plating on the coatings quality******Klyantsko A. R., Kyslova O. V.****Kiev National University of Technology and Design*

**Purpose.** To study the influence of various technological factors of galvanic nickel plating (composition and pH of the electrolyte, temperature, current density, presence of additives) on the process efficiency and the quality of the obtained bright coatings.

**Methodology.** Analysis of the scientific and technical literature on the effectiveness of various electrochemical nickel plating modes in an acidic medium, selection of optimal conditions for applying high-quality bright nickel coatings.

**Findings.** The optimal conditions for galvanic nickel plating in an acidic medium are determined. The influence of various electrolyte components, pH, temperature, current density on the process of nickel electrochemical deposition, the structure and quality of the obtained decorative coatings, which have increased corrosion resistance, is shown.

**Originality.** The optimal conditions of galvanic nickel plating in an acidic medium are given and the influence of various factors of the technological process are summarized.

**Practical value.** In the course of the study, various types of nickel electrolytes were analyzed and the most efficient and cheapest electrolyte was investigated. The basic technological parameters of the galvanic nickel plating mode are generalized.

**Keywords:** bright nickel plating, electrolysis mode, sulfate electrolyte