

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"**

**Школьнікова Тетяна Василівна**

УДК 541.138 : 621.357.9

**ЕЛЕКТРООСАДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКРИТЬ СПЛАВАМИ НІКЕЛЮ  
З ПРОСТИХ ТА КОМПЛЕКСНИХ ЕЛЕКТРОЛІТІВ**

Спеціальність 05.17.03 - технічна електрохімія

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків - 2004

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Національному технічному університеті "Харківський політехнічний інститут" Міністерства освіти і науки України, м. Харків

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор  
Байрачний Борис Іванович,  
Національний технічний університет  
"Харківський політехнічний інститут",  
завідувач кафедри технічної електрохімії

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор  
Костін Микола Олександрович,  
Завідувач кафедри теоретичних основ електротехніки  
Дніпропетровського національного університету залізничного  
транспорту імені академіка В. Лазаряна, м. Дніпропетровськ  
  
кандидат технічних наук, старший науковий співробітник  
Лукашук Тетяна Сергіївна  
Науково – дослідний інститут хімії Харківського національного  
університету ім. В.Н. Каразіна, старший науковий співробітник, м.  
Харків

Провідна установа: Національний технічний університет України "Київський  
політехнічний інститут", кафедра технології електрохімічних  
виробництв, м. Київ

Захист відбудеться "27" січня 2005 р. о 12<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої  
ради Д 64.050.03 в Національному технічному університеті "Харківський політехнічний  
інститут" за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного  
університету "Харківський політехнічний інститут".

Автореферат розісланий " 20" грудня 2004 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

Сахненко М.Д.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Електрохімічні технології відіграють важливу роль у сучасному промисловому комплексі України. Найбільш вагомий внесок вони вносять при створенні устаткування багатofункціонального призначення.

Покриття сплавами використовуються в електротехніці, машинобудуванні, приладобудуванні для підвищення надійності елементів електричної провідності. Одним з надійних покриттів для задоволення таких вимог є електрохімічні покриття нікелем і його сплавами. В останні роки сплави нікелю з оловом, сріблом і кобальтом широко використовуються, як каталітичні матеріали різного призначення. Однак у таких об'єктах формування сплавів на різних носіях здійснюється, як правило, хіміко – термічним розкладом солей.

Електрохімічне осадження сплавів нікелю з кобальтом і сріблом відрізняється простотою реалізації технології з одночасним підвищенням якості й активності каталізатора. Разом з тим, широке використання електрохімічних технологій одержання каталізаторів стримується відсутністю доступних і надійно працюючих електролітів, а також недостатньо ефективно діючою дослідною базою для визначення активності і надійності каталізаторів.

Дисертаційна робота присвячена розробці і дослідженню електроліту катодного осадження покриття нікель - срібло на основі солей сульфамінової кислоти. Покриття мають каталітичні властивості при окисненні чадного газу й органічних сполук у газовій фазі, які викидаються хімічними й іншими виробництвами у вигляді відходів, що є безумовно актуальною проблемою сучасних технологій.

**Зв'язок з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана на кафедрі технічної електрохімії Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут" та містить результати досліджень, виконаних відповідно до держбюджетних тем МОН України: "Дослідження електрохімічних закономірностей електродних реакцій при одержанні функціональних покриттів і речовин, що використовуються в техніці і охороні навколишнього середовища" ДР № 0100U0011662 (М 5013, 2000 – 2002 р.). "Дослідження кінетичних закономірностей в електрохімічних системах з метою енергозбереження й охорони навколишнього середовища" ДР № 9103U001527 (2003 – 2005 р.), окремих розділів, яких здобувач був виконавцем.

**Мета і задачі дослідження** - на основі дослідження кінетичних закономірностей осадження срібла з тіосульфатного, а нікелю з сульфаматного електролітів розроблено електроліт сумісного осадження металів у сплав. Для досягнення зазначеної мети необхідно вирішити задачі:

- вивчити особливості перебігу електродних реакцій спільного відновлення срібла і нікелю за участю лігандів, що впливають на природу і склад потенціалвизначаючих іонів;
- оцінити вплив компонентів електроліту та умов електролізу на склад покриття;
- дослідити динаміку зміни складу електроліту по потенціалвизначаючим іонам і вплив його на вміст компонентів у сплаві;
- визначити каталітичні властивості осаду Ni – Ag при окисненні чадного газу в повітряній суміші (до 3 % в повітрі);
- вивчити електричні властивості системи Ni – Ag в контактних пристроях.

*Об'єктом дослідження є осадні нікелю зі сріблом та їх електрохімічне формування.*

*Предмет дослідження* - електродні процеси при осадженні системи Ni – Ag з комплексного сульфаматно – тіосульфатного електроліту.

*Методи дослідження.* Для оцінки можливості сумісного осадження Ni і Ag досліджені поляризаційні залежності методиками: вольтамперометрія, хронопотенціометрія і хроноамперометрія, кулонометричний вимір виходу за струмом (BC) та розсіювальної здатності. Вивчення вмісту металевих нікелю і срібла у відпрацьованому електроліті і їх концентрації в розчинах визначались фотоколориметричним і титриметричним методами. Аналіз сплаву вивчався методом рентгенофлуоресцентного аналізу, за яким розрахунок концентрацій було зроблено по методу фундаментальних параметрів без застосування спеціальних еталонів. Також проводили виміри ступеню окиснення CO на каталізаторах у експериментальному реакторі. Методом математичного моделювання були визначені умови проведення процесу осадження покриття Ni – Ag, що дозволяє визначити оптимальний кількісний склад сплаву.

#### **Наукова новизна одержаних результатів:**

- вперше досліджений і запропонований для практичного використання сульфаматно – тіосульфатний електроліт катодного осадження покриття нікель – срібло;
- теоретично обґрунтовані і досліджені умови для зближення потенціалів сумісного осадження срібла і нікелю через утворення в розчині комплексного тіосульфатного іона срібла, що дозволяє зблизити потенціали срібла і нікелю на  $\Delta E = 0,77$  В;
- одержано якісні осадні сплави, та вивчена їх каталітична активність. При окисненні чадного газу, концентрація не > 3% в суміші з повітрям за температур 250 – 300 °С забезпечується практично повне його окиснення;

**Практичне значення одержаних результатів.** У результаті проведених теоретичних досліджень розроблено нетоксичний сульфаматно – тіосульфатний електроліт, та запропоновано технологічний процес нанесення покриття нікель – срібло на сталеву основу, який дозволяє одержувати крупнокристалічні осадні Ni – Ag з розвинутою поверхнею, стійких

до термоударів і механічних коливань. Ці осадки використовують як поверхневі каталітичні матеріали при окисненні монооксиду вуглецю в повітряній суміші, а також в електротехнічних контактних парах. Одержане покриття забезпечує стабільно низький перехідний опір, має необхідну твердість є стійким до корозії і механічного зносу.

Проведені дослідно – промислові випробування технологічного процесу на ДНВО "Комунар" (м. Харків), які показали промислову доцільність даної технології.

**Особистий внесок здобувача.** Всі узагальнюючі положення та результати, що виносяться на захист дисертаційної роботи, отримані здобувачем особисто. Серед них: обґрунтування планів і програм експериментів, безпосередня участь у їх виконанні та обробки результатів. Інтерпретація даних, розробка методології та програм математичного моделювання і теоретичних розрахунків, встановлення кореляцій та взаємозв'язків виконані здобувачем самостійно. Постановка мети і задач досліджень, обговорення й аналіз отриманих даних виконувалися разом з науковим керівником.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення та результати робіт доповідались на українських і міжнародних конференціях, зокрема : IX (2001) Міжнародній науково – практичній конференції “Наука і соціальні проблеми суспільства: людина, техніка, технологія, довкілля” (м. Харків); X (2002), XI (2003) і XII (2004) Міжнародних науково – практичних конференціях "Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, утворення, здоров'я" (м. Харків); Международной конференции – выставке "Электрохимия, гальванотехника и обработка поверхности" (г. Москва, 2001); Міжнародній науково – промисловій конференції ДП “Завод ім. В.А. Малишева” (м. Харків, 2003); у повному обсязі робота доповідалась на засіданні кафедри технічної електрохімії (НТУ"ХП", м. Харків, 2004).

**Публікації.** Основні результати дисертаційної роботи відображено у 10 опублікованих працях, у тому числі 5 наукових статей (4 – у фахових виданнях ВАК України) та 5 – у матеріалах і тезах конференцій.

**Структура та об'єм дисертації.** Дисертаційна робота складається з вступу, 5 розділів, висновків, 4 додатків. Повний обсяг дисертації складає 132 сторінки; 17 ілюстрацій по тексту, 26 ілюстрацій на 26 сторінках; 8 таблиць по тексту, 1 таблиця на 1 сторінці; 4 додатка на 7 сторінках; 90 найменувань використаних літературних джерел на 7 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та завдання досліджень, відображено наукову новизну та практичне значення одержаних

результатів, представлені відомості про особистий внесок автора, а також про апробацію і публікації.

**У першому розділі** проведено аналіз існуючих літературних даних про відомі технології осадження Ni та його сплавів. З хімічних властивостей нікелю особливо важливими є: висока корозійна стійкість його в атмосфері повітря та у ряді агресивних хімічних середовищ, висока каталітична активність у порошкоподібному стані. Ці властивості нікелю визначили шляхи його практичного застосування як корозійно стійкого матеріалу і як каталізатора у ряді галузей хімічної і нафтопереробної промисловості.

Добре відомо, що каталітична активність сплавів для гетерогенного каталізу в газовій фазі і для електрокаталізу змінюється зі складом і може бути багато вищою, ніж активність індивідуальних компонентів. З літератури по каталізу відомо, що модифікація нікелю невеликою кількістю срібла (до 3 % ваг.) поліпшує його каталітичні властивості. У літературі запропоновані змішані пірофосфатно – ціаністі електроліти осадження сплаву Ni – Ag, у яких Ag вводиться у вигляді ціанідного комплексу, а Ni – у вигляді пірофосфатного комплексу в присутності надлишку пірофосфата калію. Ціанідні комплекси є високо отруйними й агресивними, а очищення стічних вод від ціанвмістних сполук пов'язані зі значними труднощами.

На основі аналізу літературних матеріалів показано, що існує шлях до сумісного осадження нікелю і срібла з екологічно безпечних електролітів. Досліджено закономірності спільного виділення нікелю і срібла і зроблено висновок, що набагато більш ефективним способом зсуву рівноважних потенціалів металів з метою зближення їх потенціалів виділення й одержання електролітичних сплавів є комплексоутворення. На підставі аналізу наведених матеріалів сформульовано задачі досліджень та напрямки їх вирішення.

**У другому розділі** наведено методику експериментальних досліджень з застосуванням потенціометрії, хронопотенціометрії. Описано методи експериментальних досліджень – фотоколориметричний, титрометричний та рентгенофлуоресцентний аналіз вмісту нікелю та срібла в електроліті і сплаві. Статичні і динамічні поляризаційні виміри проводили з використанням потенціостата ПП-50-1.1 і програматора ПР – 8 у ячейках ЯСЭ – 2 за трьохелектродною схемою.

Робочим електродом служили пластини сталі 08 КП товщиною 0,5 мм з робочою поверхнею 1 – 2 см<sup>2</sup>. Перед осадженням нікель - срібного осаду зразки активували в концентрованій азотній кислоті протягом 30 – 45 секунд, потім, для збільшення міцності зчеплення покриття з основою, покривали сталь 08 КП ДСТ 16523-70 в електроліті попереднього міднення.

Для досліджень використовували модельні трикомпонентні розчини зі вмістом (моль/дм<sup>3</sup>):

Ni(NH<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 0,8 – 1,2,

NaCl 0,17,

H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 0,5,

pH 3,5 – 3,8, а також електроліти, приготовлені на основі модельних розчинів, з добавками різних концентрацій срібла, що містять (моль/дм<sup>3</sup>):

Ni(NH<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 0,8 – 1,2,

NaCl 0,17,

H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 0,5,

NiCl<sub>2</sub> 0,02,

AgCl 0,014 – 0,028,

Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,05 - 0,1 ,

pH 4,5 – 5.

Розчини готували з реактивів марки "х.ч" на дистильованій воді, величину pH виміряли за допомогою pH -метра pH - 673 М. Електрод допоміжний - нікель, як електрод порівняння використовували хлоридсрібний напівелемент ЭВЛ-1М1  $E_{х.с.} = + 0.2$ . Усі значення потенціалів перераховували по водневій шкалі. Динамічні залежності фіксували двухкоординатним реєстратором ЛКД4-003, значення струму контролювали цифровим приладом У7-35. Швидкість зміни потенціалів складала 0,005 – 0,05 В/с. Вихід за струмом (ВС) було визначено кулонометричним методом. Досліджено ступень окиснення чадного газу (ЧГ), одержаним каталітично – активним покриттям Ni – Ag на лабораторній установці. Наведено алгоритм статистичної обробки результатів прямих і непрямих вимірів та перелік програм для їх аналізу та математичного моделювання.

У **третьому розділі** було наведено порівняльний аналіз існуючих електролітів нікелювання і сріблення, на основі якого запропоновано склад електроліту та режими електролізу для одержання покриттів із заданими функціональними властивостями. Аналіз складу існуючих електролітів, з яких можливе осадження нікелю з невеликою кількістю срібла свідчить, що найкращими є сульфаматні електроліти, які широко використовуються для формування покриттів нікелю різноманітної структури значної товщини (до 100 мкм).

Електрохімічне формування системи нікель – срібло з невеликим вмістом срібла (1 – 5 % в електроліті) до останнього часу не вивчено через складність умов його реалізації. Стандартний електродний потенціал нікелю в розчинах що містять прості гідратовані іони нікелю складає  $E_{Ni^{2+}/Ni}^0 = -0,25В$ , а срібла  $E_{Ag^+/Ag}^0 = +0,799В$ . Для зближення електродних

потенціалів необхідно змінити значення електродного потенціалу срібла на 1,04 В у область негативних значень.

Найбільш реальним процесом, що дозволяє змінити величину стаціонарного потенціалу є комплексоутворення при введенні в робочий електроліт ліганда. Для срібла до таких лігандів, у першу чергу можна віднести ціаніди, тіосульфати, сульфіти, роданіди, пірофосфати й аміак. Аналіз реакцій комплексоутворення, електродних рівноваг і розчинності комплексних іонів срібла свідчить про сумісність тіосульфатних комплексних іонів срібла із сульфаматом нікелю (табл. 1).

Виходячи з величини константи нестійкості тіосульфатних іонів срібла  $K_H = 2,5 \cdot 10^{-14}$  і величини його рівноважного потенціалу  $E_{Ag^+ / Ag(S_2O_3)_2^{3-}} = 0,017В$  бачимо, що потенціал срібла в цьому розчині зміщується в область негативних значень на  $\Delta E = 0,773 В$ , завдяки чому створюються реальні передумови для спільного осадження нікелю і срібла із сульфаматно – тіосульфатних розчинів. Тому подальше вивчення кінетичних залежностей катодного осадження осаду Ni – Ag найбільш доречно проводити з розчинів сульфамату нікелю, що містять тіосульфат срібла. Для більш повного вивчення можливостей спільного осадження нікелю і срібла проводили дослідження роздільного осадження срібла і нікелю з тіосульфатних і сульфаматних електролітів.

Таблиця 1

Розчинність комплексних іонів  $Ag^+$ 

№ п/п	Сполуки срібла	$K_H$ Константа нестійкості	Концентрація $Ag^+$ , моль/дм <sup>3</sup>		
			0,5 моль/дм <sup>3</sup> $NH_2SO_2OH$	1 моль/дм <sup>3</sup> $NH_2SO_2OH$	0,64 моль/дм <sup>3</sup> $Ni(NH_2SO_3)_2$
1	$Ag(NH_2SO_3)$	–	~0,12	~0,2	0,7
2	$AgCl$	$2,04 \cdot 10^{-3}$	Н.р.	Н.р.	Н.р.
3	$AgCl + (NH_4)_2SO_4$	$9,31 \cdot 10^{-8}$	Н.р.	Н.р.	Н.р.
4	$AgCl + K_4P_2O_7$	$10^{-4}$	Н.р.	Н.р.	Н.р.
5	$AgCl + KJ$	$1,4 \cdot 10^{-14}$	Осад	–	Осад
6	$Ag^+$ в $Na_2SO_4$	$4,5 \cdot 10^{-8}$	Н.р.	Н.р.	Осад
7	$AgCl + Na_2S_2O_3$	$2,5 \cdot 10^{-14}$	$\sim 1 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$	0,3
8	Анодне розчинення $Ag$	–	0,2	0,3	0,2



Вивчено кінетичні залежності катодного відновлення іонів срібла з тіосульфатного електроліту в присутності аніонів сульфамінової кислоти і сульфамата нікелю з добавкою тіосульфатних іонів.

Показано, що катодне осадження срібла в присутності сульфаматних іонів здійснюється в інтервалі концентрацій  $C_{Ag^+} = 0,17 - 0,18$  моль/дм<sup>3</sup>, а іонів нікелю  $C_{Ni^{2+}} = 0,8 - 1,2$  моль/дм<sup>3</sup>, що створює передумови для їхнього спільного осадження.

Установлено кінетичні залежності осадження нікелю із сульфаматного електроліту в присутності тіосульфатних іонів. В інтервалі густини струму  $j_k = 0,1 - 1$  А/дм<sup>2</sup> відсутня область граничного струму. При потенціалах катода більш електронегативних  $E_i = -0,6B$  нікель на катоді виділяється разом з воднем.

**Четвертий розділ** присвячено вивченню кінетики катодного осадження осаду нікель-срібло. Виходячи з відсутності літературних даних, про кінетику спільного осадження нікелю і срібла, вивчали кінетику осадження покриття шляхом одержання поляризаційних залежностей. Було встановлено вплив складу електроліту на властивості одержаного покриття.

Перша серія експериментів проведена з осадження Ni і Ag тільки в присутності аніонів сульфамінової кислоти, де іони  $Ag^+$  вводилися анодним розчиненням срібла в 1 моль/дм<sup>3</sup> розчині ( $NH_2SO_3H$ ).

При введенні в розчин сульфаматного нікелювання іонів  $Ag^+$  хід катодної поляризаційної кривої змінюється. Область потенціалів осадження сплавів зміщується в позитивну сторону, у порівнянні з катодною кривою для чистого нікелю на 250 – 300 mV. В області потенціалів поляризації проглядається деяке гальмування катодного процесу, що свідчить про наявність граничної густини струму, величина якого складає  $j_{gr} = 0,4 - 0,55$  А/дм<sup>2</sup>. Найбільш прийнятним варто вважати співвідношення концентрації  $Ag^+$  до  $Ni^{2+}$  рівне 0,022 / 1 моль/дм<sup>3</sup>.

Аналіз катодних процесів при осадженні сплаву, а також структури отриманих осадів, свідчать про те, що із сульфаматних електролітів утворюються більш кристалічні осади сплаву Ni – Ag. Вони мають тенденцію до утворення губчатих покриттів з поганим зчепленням. Крім того, осадження сплаву супроводжується переважно зміною концентрації іонів срібла, через що важко регулювати склад електроліту.

Корегування електроліту іонами срібла ускладнено особливістю анодного розчинення срібла в сульфаміновій кислоті і схильністю його до пасивації. Виходячи з зазначених недоліків, подальше дослідження спільного осадження срібла і нікелю здійснювалося з комплексного сульфаматно – тіосульфатного електроліту.

Сульфамат нікелю значно збільшує катодну поляризацію до потенціалів відновлення іонів нікелю. Зниження граничної густини струму осадження системи Ni – Ag можна пояснити дією іонів срібла на катодний процес загальної електродної реакції. Це підтверджується тим що  $j_{gr}$  для тіосульфатного електроліту сріблення розташована в інтервалі потенціалів  $+0,01 \div -0,05$  В (рис. 1, кр. 2), а для осадження нікелю  $j_{gr}$  відсутня (рис.1, кр. 3).

Область потенціалів для граничної густини струму, для досліджених розчинів, свідчить про формування на поверхні крупнокристалічних губчатих осадів сплаву, а зростання швидкості реакції при потенціалах понад  $E_i = -1$  В обумовлене відновленням іонів водню і спільним осадженням осаду.

Рис.1. Криві осадження окремих металів:

- 1 – срібла з сульфаматного електроліту;
- 2 – срібла з тіосульфатного електроліту сріблення;
- 3 – нікелю з сульфаматного електроліту.

На рис. 2 показані потенціодинамічні катодні криві осадження системи Ni – Ag з електролітів що містять  $0,8$  моль/дм<sup>3</sup> сульфамата нікелю і тіосульфат срібла в кількості  $0,0092 - 0,0276$  моль/дм<sup>3</sup>. З характеру зміни густини струму, яка визначає швидкість електродної реакції, видно, що осадження осаду здійснюється в інтервалі потенціалів розташованих між потенціалами осадження чистого срібла і нікелю (рис.1).

Концентрація іонів срібла впливає на сумарну електродну реакцію спільного відновлення іонів срібла і нікелю (рис.2). З підвищенням вмісту  $Ag^+$  величина граничної густини струму знижується, а потенціал реалізації  $j_{gr}$  зміщується в позитивну область.

Рис. 2. Поляризаційні залежності осадження Ni -Ag покриття з сульфаматно – тіосульфатного електроліту з різним вмістом іонів срібла, г/дм<sup>3</sup>: **1** -1, **2** -2, **3** -3.

При осадженні системи Ni – Ag із сульфатно - тіосульфатного електроліту, в залежності від концентрації іонів срібла (1 - 3) г/дм<sup>3</sup>, робочою густиною струму варто вважати 0,3 - 0,7 А/дм<sup>2</sup>, яка реалізується в інтервалі потенціалів  $E_i = - 0,45 \div - 0.75$  В.

Таблиця 2

## Умови електроосадження покриття Ni – Ag на мідній основі

№ п/п	Склад електроліту	Концентрація компонентів		Стаціонарний потенціал мідної основи $E_{стац}$ , В	Робоча густина струму $j_p$ , А/см <sup>2</sup>	Гранична густина струму $j_{гр}$ , А/см <sup>2</sup>	Потенціал катода $E_{роб}$ , В
		моль/дм <sup>3</sup>	г/ дм <sup>3</sup>				
1	Ni(NH <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.8	200	– 0.15	0.05 – 0.07	0.075	-0.5 – -0.75
	Ag <sup>+</sup>	0.0092	1				
2	Ni(NH <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.8	200	– 0.19	0.03 – 0.05	0.054	-0.45 – -0.55
	Ag <sup>+</sup>	0.0184	2				
3	Ni(NH <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.8	200	– 0.2	0.02 – 0.03	0.035	-0.4 – -0.6
	Ag <sup>+</sup>	0.0276	3				

У п'ятому розділі наведені технологічні параметри осадження покриття Ni – Ag з сульфатно – тіосульфатного електроліту в інтервалі концентрацій сульфату нікелю 0,8 моль/дм<sup>3</sup>, тіосульфату срібла 0,017 моль/дм<sup>3</sup> (у перерахунку на метал).

На базі проведених досліджень, висвітлених в 3 та 4 розділах, найбільш доцільним слід вважати процес осадження Ni – Ag покриття з електроліту склад якого наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

## Технологічні параметри катодного осадження Ni – Ag покриття

Склад електроліту	Концентр ація компонен тів г/дм <sup>3</sup>	Умови електролізу					Властивості покриття	
		Катодна густина струму $j_k$ , А/дм <sup>2</sup>	Тем – ра t, °С	Вихід за струмом ВС, %	рН	Швидкість нарощуван ня V, мкм / год	Склад Ag / Ni, %	Каталітична активність окиснення, СО
Ag(S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> <sup>3-</sup> в розрахунку на Ag <sup>+</sup>	1 ÷ 2	0,5 - 0,9	20 ÷ 25	93 ÷ 95	4 - 5	8 ÷ 10	18 ÷ 20	95 ÷ 98
Ni(NH <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	200 ÷ 250						80 ÷ 84	
NiCl <sub>2</sub>	32 ÷ 35							
NaCl	10 ÷ 15							
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	30 ÷ 35							

В сульфаматно – тіосульфатному електроліті осадження покриття Ni - Ag, перебігає за технологічними параметрами близько до режиму осадження нікелю (рис. 3).

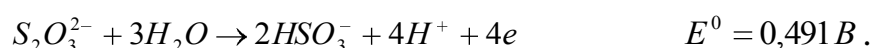
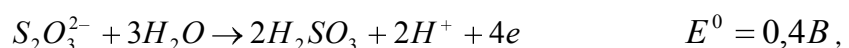
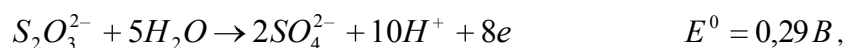
Рис. 3. Вольтамперограма осадження покриття Ni - Ag (1), її парціальні складові нікелю (2) і срібла (3) з запропонованого сульфаматно – тіосульфатного електроліту.

Осадження срібла відбувається при густинах струму значно менших у порівнянні з осадженням сумісного осаду. Осадження сплаву Ni - Ag і Ag, при потенціалах негативніше  $E_i = - (0,9 - 1) \text{ В}$ , супроводжується формуванням губчатих крупнокристалічних осадів, з переходом у порошки.

Вивчено умови сумісного осадження Ni і Ag покриття і вплив на його склад густини струму, температури і концентрації потенціалвизначаючих іонів. Найкращим температурним інтервалом є діапазон  $20 - 25 \text{ }^\circ\text{C}$ . Рекомендоване перемішування. Область потенціалів катодної поляризації формування осаду Ni – Ag з задовільним зчепленням і високою каталітичною активністю складає  $E_i = - (0,4 - 0,8) \text{ В}$ . Густина струму при зазначених потенціалах дорівнює  $0,5 - 0,9 \text{ А/дм}^2$ . Найбільш оптимальною густиною струму осадження варто вважати  $0,7 \text{ А/дм}^2$ .

Для стабільної роботи електролізера рекомендоване використання розчинних нікелевих анодів. Враховуючи особливості сульфаматно – тіосульфатного електроліту, що включають аніони тіосульфатної і сульфамінової кислот, анодне розчинення срібла і нікелю в ньому перебігає з утворенням іонів тіосульфату срібла і гідратованих іонів нікелю. Срібний електрод активно розчиняється при потенціалах  $E_i = 0,05 - 0,35 \text{ В}$ . Область потенціалів  $E_i = 0,38 - 0,45 \text{ В}$  зумовлює граничну густину струму  $j_{\text{гп}} = 1,4 \text{ А/дм}^2$ .

На сріблі формується малорозчинна плівка сполук оксиду і сульфамату срібла. Крім того, не виключена можливість окиснення тіосульфатного аніона за реакціями:



Сульфіти і сульфати, які утворюються, позитивно впливають на анодний процес, стимулюючи відвід іонів срібла від поверхні анода. Перебігом зазначених реакцій можна пояснити коливання потенціалів анода. Нікелевий електрод розчиняється зі значною поляризацією. В області потенціалів  $E_i = 0,5 - 0,6$  В має місце гальмування реакції, зумовлене окисненням тіосульфатних аніонів.

Ці дані свідчать, що в діапазоні робочих густин струму  $0,5 - 0,9$  А/дм<sup>2</sup>, які є найкращими для осадження Ni – Ag осаду, анодні реакції у сульфаматно – тіосульфатному розчині не впливають на катодний процес.

Рис. 4. Залежність вмісту срібла в сплаві від концентрації  $Ag^+$  в електроліті, отримана при  $j_k = 0,7$  А/дм<sup>2</sup>.

На рис. 4 показано вплив вмісту іонів срібла в електроліті на склад сплаву, який осаджували при  $j_k = 0,7$  А/дм<sup>2</sup>. В інтервалі концентрацій  $Ag^+$  (0,5 - 1) г/дм<sup>3</sup> у гальваностатичному режимі відзначається пропорційний ріст вмісту срібла в сплаві, а при концентрації понад 2 г/дм<sup>3</sup> його кількість незначно знижується. При концентрації іонів срібла в електролітах понад 3 г/дм<sup>3</sup> формуються губчаті осади, обумовлені переважним виділенням срібла у вигляді дрібно дисперсних порошків.

Для уточнення умов проведення процесу була запропонована математична модель, за допомогою якої була отримана діаграма оптимізації процесу катодного осадження Ni – Ag покриття. Залежність вмісту срібла в покритті від густини струму і концентрації іонів срібла в електроліті при температурі 25 °С зображена на рис. 5. Вхідні параметри варіювалися в інтервалі:  $x$  – концентрація ( $Ag^+$ ), г/дм<sup>3</sup> (1 – 3),  $y$  -  $j_k$ , А/дм<sup>2</sup> (0,5 – 1), вихідний параметр –  $z$ , вміст срібла в сплаві, % (10 – 30). Залежність має вигляд поверхні, за формою якої можна визначити кількісний склад сплаву при зміні вмісту іонів срібла в розчині і густини струму.

З наведеного рисунку видно, що для запропонованого електроліту з концентрацією іонів  $Ag^+$  1 – 3 г/дм<sup>3</sup> і рН 4 – 5, слід вести процес при  $t = 25$  °С з  $j_k = 0,5 - 0,7$  А/дм<sup>2</sup> і концентрації  $Ag^+$  в електроліті 1 - 2 г/дм<sup>3</sup>, для одержання максимального виходу за струмом 93 – 96 % і якісних осадів. Ця поверхня відгуку може бути використана, при експлуатації електроліту і оперативному контролі складу сплаву.

Рис.5. Вплив густини струму та концентрації срібла на склад покриття нікель – срібло з сульфатно – тіосульфатного електроліту.

Товщина гальванічних покриттів має вирішальне значення при оцінці їх захисних властивостей. Оптимальна товщина Ni – Ag покриття, що осаджується із сульфатно – тіосульфатного електроліту, з задовільною адгезією і механічними властивостями при  $i_k = 0,7$  А/дм<sup>2</sup> складає 8 – 10 мкм при ВС = 95 – 96 %.

Важливим показником електроліту є його розсіювальна здатність (РЗ). З огляду на ту обставину, що каталітичні покриття наносяться на підкладки різного профілю, була визначена розсіювальна здатність для сульфатно - тіосульфатного електроліту за допомогою ячейки Хулла. Обчислені значення РЗ за емпіричними формулами свідчать, що її величина складає 14 –15 %, що є прийнятним для деталей нескладної конфігурації, з яких виготовляються пластини для нанесення каталітичних покриттів.

Випробування покриттів в контактних парах електротехнічних систем свідчать, що вони задовольняють умовам експлуатації у електричних приладах, а за механічними властивостями вони вищі в порівнянні з срібними покриттями.

Проведені дослідні іспити каталітичної активності покриттів Ni – Ag для окиснення чадного газу і альдегідів на лабораторній установці. Дослідження каталітичної активності Ni – Ag осаду при окисненні чадного газу (2 – 3 % у повітряній суміші) від температури в зоні окиснення реактора показали, що в інтервалі температур 100 - 200 °С ступінь окиснення складає 40 – 60 %, а при підвищенні температури до 300 °С вона досягає 98 %. Така залежність вказує на те, що при вмісті Ag у сплаві ~ 20 %, він має максимальну каталітичну активність при окисненні СО киснем повітря.

Таким чином, на основі проведених досліджень, можна запропонувати наступну технологічну схему осадження Ni – Ag покриття з сульфатно - тіосульфатного електроліту.

Рис.6. Схема осадження Ni – Ag покриття з сульфатно - тіосульфатного електроліту

У додатках наведено дві таблиці, акт використання результатів дисертаційної роботи в ДНВО “Комунар” та висновок Укрпатенту про встановлення дати подання заявки на винахід (корисну модель) “Електроліт осадження сплаву Ni – Ag”.

## ВИСНОВКИ

У дисертації наведено теоретичне узагальнення та нове вирішення науково – технічної задачі, яка полягає у виявленні закономірностей сумісного осадження нікелю та срібла, що дозволяє встановити теоретичні і прикладні основи формування покриття нікель - срібло й розробці технологічного процесу їх осадження з доступних, нетоксичних сполук.

1. Запропоновано оптимальний склад електроліту, що включає комплексні тіосульфатні і сульфаматні аніони, шляхом проведення комплексних досліджень катодних і анодних процесів, що забезпечує осадження покриття нікель – срібло.

2. Встановлено основні кінетичні закономірності катодного відновлення срібла з комплексного тіосульфатного електроліту. Відновлення іонів срібла перебігає при потенціалах на 350 mV негативніше в порівнянні з нітратним та фосфатним електролітами, що дозволяє використовувати тіосульфатні комплексні іони срібла для спільного осадження з іонами нікелю із сульфаматних електролітів.

3. Поляризаційними методами визначені кінетичні параметри катодного осадження нікелю із сульфаматних розчинів. У діапазоні концентрацій сульфамата нікелю 0,8 -1,2 моль/дм<sup>3</sup> на поляризаційних кривих при густині струму 0,1 А/дм<sup>2</sup> відсутня гранична густина струму.

4. На основі аналізу катодних поляризаційних залежностей і структури осадів встановлено, що осадження срібла супроводжується утворенням губчатих, а нікелю - компактних покриттів. Обґрунтовано умови спільного катодного осадження срібла і нікелю із сульфаматного електроліту, що містить іони срібла (0,018 моль/дм<sup>3</sup>) і нікелю 0,2 - 1 моль/дм<sup>3</sup>.

5. На основі закономірностей електрохімічної, дифузійної і змішаної кінетики проведено аналіз кінетичних залежностей катодних процесів спільного осадження нікелю і срібла з сульфаматно – тіосульфатного електроліту. Встановлено, що найбільш реальним є перебіг катодної реакції в умовах змішаної кінетики, зумовленої спільним впливом перенапруги переходу і дифузії.

6. Виявлено вплив основних компонентів електроліту на спільне осадження срібла і нікелю. Вміст в електроліті іонів тіосульфату 0,9 - 1 моль/дм<sup>3</sup>, срібла 0,0092 - 0,027 моль/дм<sup>3</sup> і сульфамата нікелю 0,8 - 1,2 моль/дм<sup>3</sup> дозволяє отримувати катодні осади Ni – Ag зі вмістом срібла в сплаві 15 - 30 % у залежності від густини струму і вмісту іонів срібла в електроліті.



7. Встановлено особливості анодного розчинення нікелю і срібла у сульфатно - тіосульфатному електроліті осадження системи Ni – Ag. Гранична густина струму для срібла складає 1,3 А/дм<sup>2</sup>, а для нікелю 0,5 - 0,8 А/дм<sup>2</sup>, що не дозволяє переводити їх у пасивне становище при густині струму осадження сплаву Ni – Ag.

8. Визначено вихід за струмом (93 - 96 %), розсіювальна здатність електроліту (14 - 15 %) і каталітичні властивості осадів. Ступінь окиснення чадного газу (при вмісті його в повітряній суміші 3 - 5 %), на Ni – Ag каталізаторі при температурах 250 - 350 °С складає 93 - 98 %.

9. Запропоновано технологічний процес електролітичного осадження функціональних покриттів Ni – Ag, які мають каталітичну активність та електропровідність. Ці властивості підтверджені досвідчено - промисловими випробуваннями технологічного процесу на ДНПО "Комунар".

### СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Байрачный Б.И., Школьников Т.В., Желавская Ю.А., Сянь Хунши. Катодное осаждение никелевых и никель – железных функциональных покрытий. // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – Харьков: ХГПУ. - 2000. - Вып. 115. – С. 130 – 132.

Здобувачем досліджено умови катодного осадження нікелевих сплавів з сульфатно – хлоридних електролітів з домішками сульфамінової кислоти, та вплив ПАР та густини струму на умови електролізу і властивості сплавів.

2. Байрачный Б.И., Школьников Т.В., Бобков Д.В. Электродные реакции на никелевом и оловянном электродах. // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. – Харьков: НТУ “ХПИ”. – 2001. – № 3. – С. 6 – 8.

Здобувачем, за результатами експериментальних досліджень, показано електрохімічні параметри найбільш імовірних електродних реакцій відновлення й окиснення нікелю з водних розчинів у межах негативних і позитивних величин можливого катодного осадження й анодного розчинення.

3. Байрачный Б.И., Школьников Т.В., Байрачный В.Б., Марченко Д.М. Катодное осаждение сплава никель – серебро из сульфатного электролита. // Гальванотехника и обработка поверхности. – Москва. – 2002, – т. 10, № 3. – С. 27 – 30.

Здобувачем вивчені кінетичні параметри катодної реакції та каталітичні властивості нікель – срібних покриттів з сульфаміновокислого електроліту при окисненні монооксиду вуглецю.

4. Байрачний Б.І., Школьнікова Т.В., Бобков Д.В. Дослідження закономірностей осадження покриттів сплавів Ni – Ag, Sn з сульфаматних електролітів // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. – Харків: НТУ “ХПІ”. – 2002. – № 9, - т. 2. – С. 3 – 6.

Здобувачем на основі потенціодинамічних залежностей виявлено кінетичні параметри катодних реакцій. Розроблено умови електролізу для отримання крупнокристалічних покриттів товщиною 20 –30 мкм.

5. Школьнікова Т., Бобков Д., Байрачний Б. Електрохімічне осадження каталітичних покриттів з сульфаматних електролітів. // Вісник Львівського університету. Серія хімічна. –Львів. – 2002. –Вип. 42, – ч . 2. – С. 20 – 22.

Здобувачем розглянуто катодне осадження плівок сплаву Ni –Ag із сульфаміновокислих електролітів, вивчено кінетичні параметри катодних реакцій. Встановлено, що невелика кількість срібла у сплаві нікель – срібло (1 – 3 % ваг.) різко змінює активність каталізатора, зростає енергія взаємодії реагентів. Проведено обґрунтування граничних концентрацій компонентів та умов електролізу.

6. Байрачний Б.И., Тульский Г.Г., Байрачный В.Б., Школьнікова Т.В. Электрохимические технологии производства металлических и металлоксидных катализаторов окисления газовых выбросов CO и альдегидов // Тезисы докладов международной конференции – выставки, посвященной 200 – летию со дня рождения академика Б.С. Якоби . “Электрохимия, гальванотехника и обработка поверхности”. – Москва. 4 – 8 июня 2001г. – С. 144.

Здобувачем вивчено технологічні параметри синтезу металоксидних плівок і каталітичних матеріалів, які прискорюють окиснення чадного газу й альдегідів.

7. Байрачний Б.І., Бобков Д.В., Школьнікова Т.В. Дослідження закономірностей осадження покриттів сплавів Ni - Ag, Sn з сульфаматних електролітів // Доповіді X міжнародної науково – практичної конференції (анотації) “Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров’я”. – Харків: НТУ “ХПІ”. - 2002. – С. 270 – 271.

Здобувачем наведено склад сульфаматного електроліту та режим електролізу осадження системи нікель – срібло, для одержання каталітичних покриттів з гарною адгезією та механічними властивостями.

8. Школьнікова Т.В, Байрачний Б.І. Вплив природи компонентів електроліту на параметри катодного осадження сплаву Ni – Ag // Доповіді XI міжнародної науково – практичної конференції (анотації) “Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров’я”. – Харків: НТУ “ХПІ”. – 2003. – С. 377.

Здобувачем обґрунтовано вплив компонентів та домішок електроліту на осадження сплаву. Запропоновані умови для зближення потенціалів сумісного осадження срібла і нікелю у сплав.

9. Байрачный Б.И., Школьников Т.В., Емец Н.Б. Функциональные гальванические покрытия никелем, медью и их сплавами // Труды международной научно – производственной конференции, 26 – 27 ноября 2003 года. – Харьков: ГП “Завод им. В.А. Малышева”. – 2003. – С. 115 – 116.

Здобувачем розглянуто катодне осадження плівок сплаву Ni – Ag із сульфатно – тіосульфатних електролітів, вивчено кінетичні параметри катодних реакцій та функціональні властивості покрить. Вивчено вплив температури на режим електролізу

10. Школьников Т.В. Осадження каталітичних покрить сплаву Ni - Ag з сульфатно - тіосульфатного електроліту // Доповіді XII міжнародної науково – практичної конференції (анотації) “Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров’я”. – Харків: НТУ “ХПІ”. – 2004. – С. 484.

Здобувачем проведені дослідження, які дозволили відпрацювати технологічні процеси осадження каталітично – активних осадів Ni – Ag з нетоксичного сульфатно - тіосульфатного електроліту.

## АНОТАЦІЇ

**Школьников Т.В. Электроосаждения функциональных покрытий сплавами никелю з простих та комплексних електролітів. Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.17.03 – технічна електрохімія. – Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, Харків, 2004 р.

Дисертацію присвячено розробці простих та комплексних електролітів катодного осадження функціональних покрить сплавами нікелю на основі солей сульфамінової кислоти, які мають активні каталітичні властивості при окисненні чадного газу й органічних сполук у газовій фазі, що викидаються хімічними й іншими виробництвами у вигляді відходів. Розроблено нетоксичний сульфатно – тіосульфатний електроліт нанесення покрить нікель – срібло на сталеву основу. Дана технологія дозволяє одержувати крупнокристалічні осадки Ni – Ag з розвитою поверхнею, стійких до термоударів і механічних коливань. Ці осадки використовують як поверхневі каталітичні матеріали при окисненні монооксиду вуглецю в повітряній суміші, а також в електротехнічних контактних пристроях.

На основі закономірностей електрохімічної, дифузійної і змішаної кінетики проведено аналіз кінетичних залежностей катодних процесів спільного осадження нікелю і срібла з сульфаматно – тиосульфатного електроліту. Визначено вихід за струмом (93 - 96 %), розсіювальна здатність електроліту (14 - 15 %) і каталітичні властивості осадів. Ступінь окиснення чадного газу (при змісті його в повітряній суміші 3 - 5 %), на Ni – Ag каталізаторі при температурі 250 - 300 °С складає 93 - 98 %. Запропоновано технологічний процес електролітичного осадження функціональних покриттів Ni – Ag на сталеву основу. Він включає операції підготовки і розвитку поверхні підкладки з наступним осадженням системи Ni – Ag з сульфаматно - тиосульфатного електроліту.

*Ключові слова:* електрохімічні системи, електроліт, нікель, срібло, електроліз, каталітичне покриття.

**Школьников Т.В. Электроосаждение функциональных покрытий сплавами никеля из простых и комплексных электролитов. Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.03 – техническая электрохимия, Национальный технический университет “Харьковский политехнический институт”, Харьков, 2004 г.

В диссертации исследован и разработан электролит катодного осаждения покрытия никель – серебро на основе солей сульфаминовой кислоты, которые обладают активными каталитическими свойствами при окислении угарного газа и органических соединений в газовой фазе. В результате проведенных теоретических исследований разработан нетоксичный сульфаматно – тиосульфатный электролит, с использованием которого предложен технологический процесс нанесения покрытий никель – серебро. Данная технология позволяет получать крупнокристаллические осадки Ni – Ag. Покрытие, полученное по предложенному способу, находит применение в изделиях машиностроения и в качестве катализатора. Для обеспечения низкого стабильного переходного сопротивления, применяемое покрытие контактных устройств является коррозионноустойчивым, обладает оптимальной твердостью, устойчивостью к износу, создает благоприятный режим трения контактирующих поверхностей.

Проведены комплексные исследования катодных и анодных процессов обеспечивающих осаждение покрытий никель – серебро из растворов, на основе которых предложен оптимальный состав электролита включающего комплексные тиосульфатные и сульфаматные анионы.

Установлены основные кинетические закономерности катодного восстановления серебра из комплексного тиосульфатного электролита. Восстановление ионов серебра

протекает при потенциалах на 350 mV отрицательнее по сравнению с нитратным или фосфатным электролитом, что позволяет использовать тиосульфатные комплексные ионы серебра для совместного осаждения с ионами никеля из сульфатных электролитов.

Поляризационными методами изучены кинетические параметры катодного осаждения никеля из сульфатных растворов. Механизм восстановления определяется закономерностями электрохимической кинетики. В диапазоне концентраций сульфата никеля 0,8 - 1,2 моль/дм<sup>3</sup> на поляризационных кривых при плотностях тока достигающих 0,1 А/дм<sup>2</sup> отсутствуют предельные плотности тока.

Исследованы условия совместного катодного осаждения серебра и никеля из сульфатного электролита, содержащего ионы серебра (0,025 моль/дм<sup>3</sup>) и никеля 0,2 - 1 моль/дм<sup>3</sup>. На основе анализа катодных поляризационных зависимостей и структуры осадков установлено, что осаждение серебра протекает при потенциалах образования губчатых, а никеля - компактных покрытий.

Проведен анализ кинетики катодных процессов совместного осаждения никеля и серебра из сульфатно – тиосульфатного электролита на основе закономерностей электрохимической, диффузионной и смешанной кинетики. Наиболее предпочтительным является протекание катодной реакции в условиях смешанной кинетики, обусловленной совместным влиянием перенапряжения перехода и диффузии.

Установлено влияние основных компонентов электролита на совместное осаждение серебра и никеля. Содержание в электролите ионов тиосульфата 0,9 - 1 моль/дм<sup>3</sup>, серебра 0,0092 - 0,027 моль/дм<sup>3</sup> и сульфата никеля 0,8 - 1,2 моль/дм<sup>3</sup> позволяет осаждать катодные осадки Ni – Ag с содержанием серебра в сплаве 15 - 30 % в зависимости от плотности тока и содержания ионов серебра в электролите. Установлены особенности анодного растворения никеля и серебра в сульфатно – тиосульфатном электролите осаждения Ni – Ag покрытия. Предельная плотность тока для серебра составляет 1,3 А/дм<sup>2</sup>, а для никеля 0,5 - 0,7 А/дм<sup>2</sup>, что не позволяет переводить их в пассивное состояние при оптимальных плотностях тока совместного осаждения Ni и Ag.

Определены условия протекания электролиза: выход по току (93 - 96 %), рассеивающая способность электролита (14 - 15 %) и каталитические свойства осадков. Степень окисления угарного газа (при содержании его в воздушной смеси 3 - 5 %), на Ni – Ag катализаторе при температурах 250 - 300 °С составляет 93 - 98 %.

Предложен технологический процесс электролитического осаждения каталитических покрытий Ni – Ag на стальную основу, обеспечивающий формирование каталитических осадков с развитой поверхностью, устойчивых к термоударам и механическим колебаниям.

Он включает операции подготовки и развития поверхности подложки с последующим осаждением Ni – Ag покрытия из сульфатно – тиосульфатного электролита.

*Ключевые слова:* электрохимические системы, никель, серебро, электролит, электролиз, каталитические покрытия.

**Shkolnikova T.V. Nicel alloys plating of functional coatings from simple and complex electrolytes. Manuscript.**

Thesis for granting the Degree of the Candidate of Technical Sciences according to the speciality 05.17.03 – Technical Electrochemistry, National Technical University “Kharkov Polytechnical Institute”, Kharkov, 2004.

The thesis studies and develops a cathodic deposition electrolyte for a nickel – silver alloy on the basis of sulfanic acid salts that possess active catalytic properties in oxidation of carbon monoxide and organic compounds in gaseous phase contained in wastes of chemical and other industries.

Optimal conditions for elektrolysis are found to be: current yield 93 – 96 %, electrolyte dissipative capacity 14 –15 % and catalytic properties of deposits. Carbon monoxide oxidation rate (its content in air mixture being 3 – 5 %) on Ni – Ag catalyst at temperatures 250 – 300 °C makes 93 – 98 %.

The result of theoretical study performed was development of a non – toxic sulphamate – thiosulphate electrolyte to be used in the proposed deposition process of nickel – silver alloy coatings. This process permits to obtain large – crystal Ni – Ag deposits. The alloy obtained under proposed process can be used at machine – building plants as a catalyst.

*Key words:* electrochemical systems, nickel, silver, electrolyte, electrolysis, catalytic coatings.