

The math model of the process has been developed which can show the reasons of aluminum hydroxide contamination with the compounds of sodium. Our suggested scheme of chemical reaction allows to change the organization of technological process of aluminate solutions carbonization in general.

Key words: sodium aluminate, alumocarbonate, carbonization, math model of the process, aluminum hydroxide.

Клименко Андрей Александрович - инженер-технолог ООО «Промцемент», Тел.: (+38099)203 – 95 – 38, E-mail: sandklm@rambler.ru.

Шаповалов Валерий Васильевич – д-р хим.наук, проф., зав. кафедры «Прикладная экология и охрана окружающей среды», ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», ул. Артема, 58, 83000, г.Донецк, Украина; тел.: (+38062)910–397, E-mail: wwshapovalov@gmail.com

Колесник Татьяна Викентьевна – инженер кафедры «Прикладная экология и охрана окружающей среды», ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», ул. Артема, 58, 83000, г.Донецк, Украина.

Шаповалова Тамара Викторовна – ст. препод. кафедры «Природоохранная деятельность», ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», ул. Артема, 58, 83000, г.Донецк, Украина.

Осовская Анастасия Андреевна – студент, ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», ул. Артема, 58, 83000, г.Донецк, Украина; E-mail: nosovske@mail.ru.

УДК 661.847:669.53546.05:502.1

Ю.В. Мнускіна, канд.хім.наук (ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»)

ВИТЯГ НІКЕЛЮ З ВІДХОДУ ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА СУЛЬФАТОМ АМОНІЮ

Досліджено осадження нікелю і цинку з рідкої фази відходу за допомогою сульфату амонію. Вивчено вплив на процес осадження температури процесу, вихідної концентрації іону в розчині, концентрації сірчаної кислоти, також досліджено ефективність осадження сульфатом калію. Визначені оптимальні умови проведення процесу. Досліджено процес співосадження цинку і нікелю сульфатом амонію.

Ключові слова: відходи гальванічного виробництва, нікель, цинк, кобальт, кадмій, сульфат амонію, сульфат калію, подвійна сіль, співосадження цинку і нікелю

В гальванотехніці широко розповсюджені процеси нанесення захисного покриття на поверхню різних металевих виробів, під час яких утворюються відходи з низьким значенням рН. Утилізація відходів гальванотехніки, яка охоплює такі процеси як цинкування, нікелювання та кадмування, є досить складною задачею. Попередня перед скиданням нейтралізація содою цих відходів, що містять в своєму складі цінні компоненти, а саме цинк, нікель, кадмій та інші, дозволяє зменшити негативний вплив на довкілля. Але такий підхід не вирішує головної екологічної проблеми: наявності у них іонів важких металів, що, безперечно, негативно впливають на природні об'єкти. З іншого боку, це втрата коштовних компонентів, що можуть бути використані у промисловості. Тобто, витяг цих металів має переваги як з економічної точки зору, так і з точки зору вирішення природоохоронних проблем [1-4].

Отже, проблема полягає у визначенні способів утилізації відходів електрохімічних і гальванічних виробництв з витягом цінних компонентів: цинку, кадмію, нікелю, міді та кобальту – для їх наступного використання. Метою

проведення даних досліджень є визначення методики переробки відходу гальванічного виробництва підприємства Донецької області для витягу нікелю.

Під час проведення експерименту були використані оксид цинку кваліфікації “х.ч.”, сульфат амонію $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ кваліфікації “х.ч.”, розчини сірчаної кислоти. Процес осадження іонів металів проводився при постійному перемішуванні на магнітній мішалці при температурах 0 і 25°C. Температуру підтримували постійною за допомогою термостату та льодової суміші. Полярнографічний аналіз проводився на універсальному полярнографі ПУ-1 за трьохелектродною схемою. Катодом служив ртутний електрод, що капає, в якості електроду порівняння використовувався хлорсрібний електрод ЕВЛ-1М4, в якості полярнографічного фону використовували аміачний фон. Осади від рідкої фази відділяли за допомогою центрифуги ЦЛК-1 при швидкості обертання 2000–3000 об/хвил. Аналіз вихідної сировини і проміжних продуктів проводили методами хімічного аналізу, рентгенофазового аналізу і атомно-абсорбційної спектроскопії, останню проводили за допомогою приладу марки С – 115 ПКС.

Елементний хімічний склад зразків відходу відповідає наведеному в табл. 1. Приблизний вміст основних компонентів в осаді, що направляється на кислотне розчинення після промивання водою, термічної обробки та екстракції цинку лугом, наведено в табл. 2.

Таблиця 1. Хімічний склад відходу (в.п.п. – втрати після прожарювання)

Масова доля елемента, %							
елемент	Fe 1,38	Pb 0,006	Cu 0,30	Ni 5,90	Al <0,001	Cr 0,0003	Sb 0,026
елемент	SiO₂ 0,46	Cl 5,52	K 0,98	Ca 0,55	Na 6,30	Zn 13,20	S 3,50
елемент	Ag <0,0002	Au -	Pt <0,0002	Pd <0,0002	Mo 0,012	Co 0,80	V 0,02
елемент	Mn 0,015	Bi <0,0005	Cd 4,60	Sb 0,05	Sn 0,05	Mg 0,45	В.П.П. 38

Таблиця 2. Розрахунковий вміст основних компонентів у сировині після екстракції 90% цинку (у перерахунку на суху речовину)

№	Компонент	Цинк	Кадмій	Нікель	Кобальт	Сума
1	У перерахунку на метал, мас.%	8,2	54,2	18,0	≈ 0,93	81,33
2	У перерахунку на оксид металу, мас.%	10,2	61,9	22,9	≈ 1,13	96,2

Для розділення металів, що входять до складу промитої та прожареної сировини (далі сировина), потрібно переведення їх у розчин. Всі перераховані метали реагують з сірчаною кислотою з утворенням розчинних сульфатів. Виходячи з даних таблиці 2, для розчинення 1 кг осаду необхідно 4355 г або 3820 см³ 20% сірчаної кислоти. Наведені дані є орієнтовними, так як залежать від вмісту компонентів і з їх зміною можуть декілька варіюватися. В цілому, кількість сірчаної кислоти, що подається на розчинення осаду, не повинна перевищувати величину, яка забезпечує рН розчину на рівні 4-6. Лише в тому випадку забезпечується подальше виділення з розчину кобальту у виді $\text{Co}(\text{OH})_3$. Той факт, що сировина цілком розчиняється в кислотах, свідчить про повне переведення коштовних компонентів сировини з нерозчинного стану в розчин.

Отже, згідно табл. 2 після вилучення основної кількості цинку найбільший вміст у сировині належить кадмію. Електроекстракція кадмію – процес досить розповсюджений [5, 6]. Запропоновано проводити вилучення кадмію шляхом електролізу сірчанокислового розчину, кадмій виділяється на катоді. Згідно даним полярографії, навіть при проведенні процесу з розчином вихідної сировини з початковим рН=4 в процесі електролізу переважно виділяється кадмій. Чистота кадмію, що виділяється при густині току 0,03 А/см², складає 98,7%, основні домішки – мідь, цинк, залізо (табл.3).

Таблиця 3. Хімічний склад кадмію електролітичного

Зразок	Масова частка, %						Наважка, г
	Ni	Zn	Cu	Co	Fe	Cd	
1	<0,010	0,340	1,58	0,013	0,105	97,97	0,0760
2	0,003	0,050	1,18	0,005	0,040	98,73	0,2
3	0,003	0,040	1,18	0,005	0,040	98,74	0,2

Відповідно, при попередній очистці від заліза та міді та витягу цинку розчином лугу, чистота кадмію значно підвищується. Слід зауважити, що підвищення щільності току до 0,06 А/см² на кінцевій стадії електролізу призводить до підвищення ступеню забруднення кадмію цинком (на катоді виділяється метал з співвідношенням Cd:Zn≈1:1).

Після витягу кадмію нікель посідає перше місце за вмістом серед компонентів у розчині. Однак процес осадження нікелю супроводжується осадженням кобальту. Розділення цих металів ускладнюється їх подібними властивостями. Тому перед виділенням нікелю доцільно очистити розчин від кобальту - основної домішки при виділенні нікелю. Відомий спосіб витяг кобальту оснований на окисненні розчинних сполук двовалентного кобальту у нерозчинний Co(OH)₃ при рН близько 5. Зазвичай окиснення проводиться

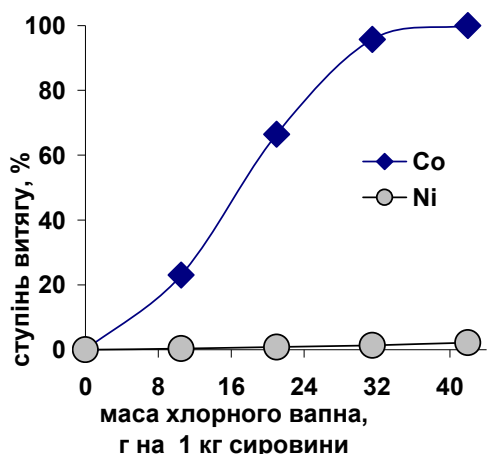
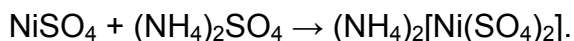


Рис. 1. Залежність ступеню витягу металів від маси хлорного вапна. (1 кг відмитої та прожареної сировини розчинено в 8,74 дм³ 18% сірчаної кислоти)

газоподібним хлором [6]. Використання цієї речовини обмежене правилами безпеки при зберіганні і використанні газоподібного хлору. Нами запропоновано окиснення хлорним вапном, яке додається до розчину або у сухому виді, або у виді суспензії. Ця речовина має переваги з точки зору безпеки. Кількість хлорного вапна залежить від вмісту в ньому активного хлору. При одноразовому додаванні хлорного вапна разом з сполуками кобальту осаджується значна кількість сполук нікелю. При порційному додаванні вапна кількість осаджених сполук нікелю менше, і у цьому випадку кобальт виділяється в більш чистому виді (рис. 1).

Після електроекстракції кадмію і виділення кобальту у виді осаду Co(OH)₃ основним металом, що міститься у досліджуваному сірчанокислотному розчині, є нікель. Запропоновано виділення нікелю з урахуванням його властивостей як

метала-комплексоутворювача. Осадження нікелю у складі комплексної сполуки сульфатом амонію з розчину сірчаної кислоти відповідає наступній реакції:



Для визначення оптимальних умов проведення процесу досліджено осадження нікелю при різних температурах, вмісту сульфату амонію, різних вихідних концентраціях іону нікелю та різних концентраціях сірчаної кислоти (табл. 4-6).

Таблиця 4. Залежність ступеню витягу нікелю від вмісту сульфату амонію при $C_{\text{вих.}}(\text{Ni}^{2+})=30 \text{ г/дм}^3$, $C(\text{H}_2\text{SO}_4)=16,8\%$

Вміст $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, г/дм ³	температура 25°C		температура 0°C	
	Концентрація іону нікелю, г/дм ³	Ступінь осадження Ni, %	Концентрація іону нікелю, г/дм ³	Ступінь осадження Ni, %
0	30	0	30	0
40	28,94	3,5	17,05	43,2
60	23,1	23,0	5,73	80,9
80	18,05	39,8	2,25	92,5
120	10,1	66,4	-	-
160	5,04	83,2	-	-
200	2,65	91,2	-	-
240	1,57	94,8	-	-

Таблиця 5. Залежність ступеню витягу нікелю від вмісту сульфату амонію при $C_{\text{вих.}}(\text{Ni}^{2+})=20 \text{ г/дм}^3$, $C(\text{H}_2\text{SO}_4)=16,8\%$

Вміст $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, г/дм ³	температура 25°C		температура 0°C	
	Концентрація Ni^{2+} , г/дм ³	Ступінь осадження Ni, %	Концентрація Ni^{2+} , г/дм ³	Ступінь осадження Ni, %
0	20	0	20	0
20	20	0	17,56	12,2
40	-	-	9,02	54,9
60	14,87	25,6	4,34	78,3
80	-	-	2,0	90,0
100	7,08	64,6	-	-
140	3,13	84,4	-	-
180	1,44	92,8	-	-

Таким чином, згідно таблиць 3-4, температура суттєво не впливає на ступінь осадження нікелю, який складає 90-95%, але істотно впливає на кількість сульфату амонію, що необхідна для осадження нікелю. З цієї точки зору 0°C є оптимальною температурою проведення процесу.

При електролітичному осадженні кадмію у розчині суттєво збільшується концентрація сірчаної кислоти, яка може заважати виділенню нікелю. Тому нами було досліджено осадження іону нікелю сульфатом амонію в залежності від концентрації сірчаної кислоти (табл. 6).

Таблиця 6. Залежність ступеню витягу нікелю від вмісту сульфату амонію при температурі 25°C, $C_{\text{вих.}}(\text{Ni}^{2+})=30 \text{ г/дм}^3$

Вміст $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, г/дм ³	$C(\text{H}_2\text{SO}_4)=48\%$		$C(\text{H}_2\text{SO}_4)=32,21\%$		вода	
	Концентрація Ni^{2+} , г/дм ³	Ступінь осадження Ni, %	Концентрація Ni^{2+} , г/дм ³	Ступінь осадження Ni, %	Концентрація Ni^{2+} , г/дм ³	Ступінь осадження Ni, %
0	30	0	30	0	30	0
40	26,7	11,1	26,05	13,2	29,35	2,2
80	18,9	36,9	15,79	47,4	20,97	30,1
120	9,12	69,6	11,21	62,6	12,26	59,1
160	6,50	78,3	5,37	82,1	2,94	90,2
200	3,80	87,3	2,45	91,8	2,19	92,7
240	3,46	88,5	1,54	94,9	-	-
280	1,94	93,5	-	-	-	-

Згідно рис. 2, концентрація сірчаної кислоти істотно не впливає на ступінь осадження нікелю. У той же час зі збільшенням вмісту кислоти для досягнення бажаного ступеня осадження потрібна більша кількість сульфату амонію.

Досліджено процес осадження нікелю сульфатом калію замість сульфату амонію (рис. 3). Порівняння даних свідчить, що при використанні однієї і тієї ж кількості сульфату калію і сульфату амонію більший ступінь осадження досягається при використанні сульфату амонію.

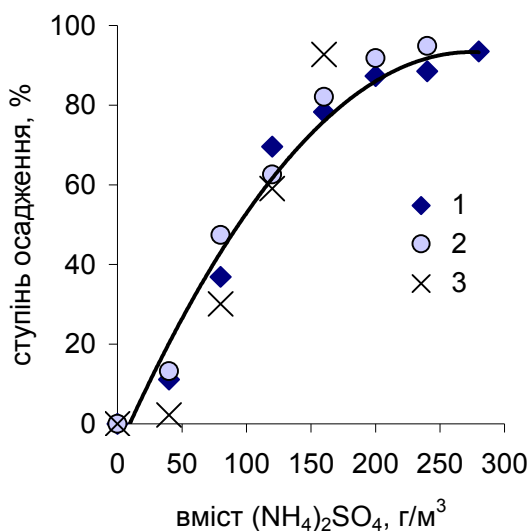


Рис. 2. Залежність ступеня осадження нікелю від вмісту $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ при різній концентрації сірчаної кислоти. 1 - $C(\text{H}_2\text{SO}_4)=48\%$; 2 - $C(\text{H}_2\text{SO}_4)=32,21\%$; 3 - вода

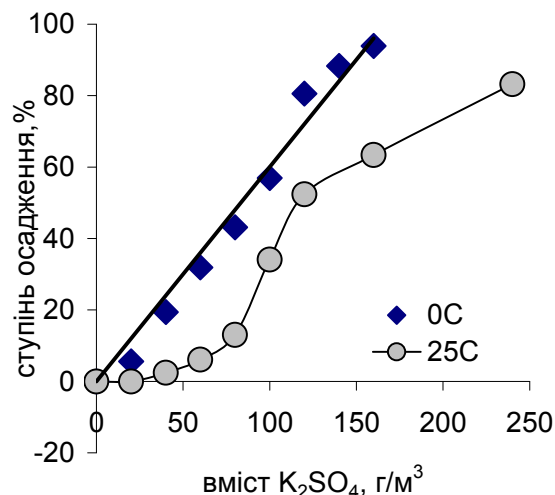
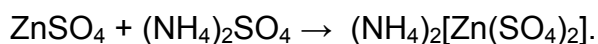


Рис. 3. Залежність ступеню осадження нікелю від вмісту K_2SO_4 . Вихідна концентрація іону нікелю 30 г/дм^3 , концентрація кислоти 16,8%

Слід зазначити, що утворення подвійної солі з сульфатом амонію також характерно і для іону цинку. Зважаючи на залишок цинку у сировині після вилужування (табл. 2), можливе співосадження цинку і нікелю. Тому попередньо досліджено процес осадження цинку сульфатом амонію.

Як відомо, сульфат цинку утворює з сульфатом амонію комплексні солі за схемою:



Досліджено вплив температури (25°C і 0°C), вихідної концентрації іону цинку в розчині (30 г/дм³ і 20 г/дм³), кількості (NH₄)₂SO₄ на осадження іону цинку в 16,8% сірчаній кислоті (рис. 4). Згідно цим даним, температура суттєво не впливає на ступінь осадження цинку, який складає ~90-95%, але від температури суттєво залежить кількість сульфату амонію, при якому цей ступінь досягається (меншій температурі відповідає менша кількість солі).

У осаді після вилукування вміст цинку до нікелю відноситься як ~ 1:3-1:2 (табл. 2). Тому спільне осадження проведено при вихідній концентрації іону нікелю 30 г/дм³, а цинку – 10 г/дм³, концентрації сірчаної кислоти 16,8% (рис. 5). Отже, при температурі 25°C і вмісті сульфату амонію 240 г/дм³ ступінь витягу металів складає для нікелю майже 97%, для цинку – 80%.

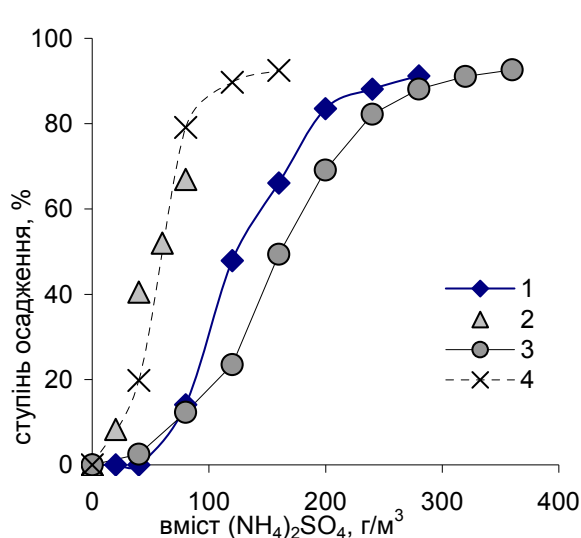


Рис. 4. Залежність ступеню осадження цинку від вмісту (NH₄)₂SO₄. 1 - C_{вих.}(Zn²⁺)=30 г/дм³, t=25°C; 2 - C_{вих.}(Zn²⁺)=30 г/дм³, t=0°C; 3 - C_{вих.}(Zn²⁺)=20 г/дм³, t=25°C; 4 - C_{вих.}(Zn²⁺)=20 г/дм³, t=0°C

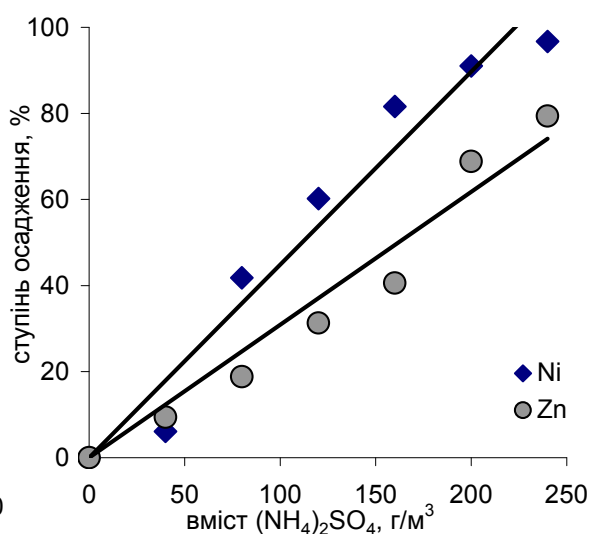


Рис. 5. Залежність ступеню осадження нікелю і цинку від вмісту (NH₄)₂SO₄

При спільному осадженні металів утворюється осад, що складається з комплексних солей. У осаді цинк і нікель містяться у співвідношенні Zn: Ni = 1: 4, тому для отримання чистих продуктів постає питання про розділення суміші солей.

Були прийняті спроби розділення твердої суміші солей нікелю і цинку (NH₄)₂[Zn(SO₄)₂]·6H₂O та (NH₄)₂[Ni(SO₄)₂]·6H₂O з використанням розчину луку. При взаємодії з розчином луку сульфати нікелю і цинку утворюють різні сполуки: нерозчинний гідроксид нікелю і розчинні цинкати натрію. Цинк має перейти у розчин, відповідно нікель у тверду фазу. Для цього суміш солей обробляється розчином гідроксиду натрію, відганяється аміак шляхом кип'ятіння. Після екстракції цинку рідка фаза направляється на стадію електролізу цинку, а тверда - на стадію відмивання. Тверда фаза представляє собою гідроксид нікелю Ni(OH)₂, який є товарним продуктом. У результаті дослідження визначено, що концентрація луку практично не впливає на ступінь вилучення цинку. Встановлено, що після обробки суміші комплексних солей гідроксидом натрію цинк у кількості 25-30% від вмісту нікелю залишається у твердій фазі. Повторна обробка не дозволяє зменшити цю кількість. В результаті проведення ряду дослідів нами запропонована методика відділення цинку з суміші подвійних солей. Для цього суміш солей спочатку розчиняють в мінімальній кількості води, підігривають, а гідроксид натрію додають маленькими порціями.

Тобто, для витягу цинку з суміші подвійних солей необхідні більш м'які умови обробки гідроксидом натрію. Наступними стадіями є відгонка аміаку і центрифугування. За допомогою полярограми встановлено, що цинк витягається, у осаді залишається тільки нікель у вигляді гідроксиду нікелю і може бути товарним продуктом. Цинк після обробки розчином лугу залишається у розчині. Отримання металевого цинку можливо проведенням електролізу.

Таким чином, запропоновані стадії переробки сировини, завдяки яким вдається виділити нікель.

1. Кадмій, що має найбільший вміст в сировині після вилужування цинку, вилучається електролізом сірчаноокислого розчину сировини, при цьому досягається досить великий ступінь чистоти металу.

2. Однією з складних задач є розділення нікелю і кобальту, подібних за властивостями. Цю задачу вирішено окисненням розчинних сполук двовалентного кобальту до нерозчинного $\text{Co}(\text{OH})_3$ при рН близько 5 хлорним вапном, яке додається порціями до розчину або у сухому виді, або у виді суспензії.

3. Запропоновано проводити осадження нікелю за допомогою сульфату амонію у вигляді комплексної солі. Встановлено, що максимальний ступінь витягу нікелю складає 90-95%, при цьому на нього суттєво не впливає ні концентрація сірчаної кислоти, ні температура проведення процесу. В той же час вказані параметри суттєво впливають на кількість необхідного для осадження сульфату амонію. Встановлено, що при використанні сульфату амонію досягається вищий ступінь осадження, ніж при використанні сульфату калію.

4. Досліджено співосадження цинку і нікелю при витязі з сірчаноокислого розчину. Максимальний ступінь витягу металів складає 97% нікелю і 80% цинку. Для розділення суміші комплексних солей нікелю і цинку необхідні м'які умови обробки її гідроксидом натрію (розчинення в мінімальній кількості води, підігрів, додавання розчину лугу невеликими порціями). Після відгонки аміаку і центрифугування у осаді залишається тільки нікель у вигляді гідроксиду нікелю.

Автор висловлює подяку професору В.В. Шаповалову за допомогу у проведенні полярографічних досліджень.

Список використаної літератури

1. Пат. 195110⁽¹³⁾ А1 ССРС: МПК⁶ С22В19/20, С22В23/06. Способ выделения цинка из никель-кобальтовых растворов/ В. Ф. Борбат, А. В. Буссл, Г. М. Патюков; заявитель и патентообразователь Н В. Ф. Борбат, А. В. Буссл, Г. М. Патюков. — № 1046708/22-1; заявл. 05.01.1966; опубл. 10.03.1969, Бюллетень № 10. — 1 с.

2. Пат. 2368679⁽¹³⁾ С2. Рос. Федерация: МПК⁶ С22В23/00, С22В15/00, С22В3/24. Способ извлечения никеля из растворов или пульп выщелачивания руд/ Агалаков И.П., Яценко И.Э., Калашин А.А., Орлов С.Л., Басков Д.Б.; заявитель и патентообразователь Басков Д. Б. - № 2007132100/07; заявл. 24.08.2007; опубл. 10.03.2008, БИ № 12/2008. — 1 с.

3. Пат. 2271362⁽¹³⁾ С2. Рос. Федерация: МПК⁶ С07F9/38. Способ получения бис(1-гидроксиэтан-1,1-дифосфоната(1-)) никеля(II) / Афонин Е.Г.; заявитель и патентообразователь ФГУП «Калужский научно-исследовательский институт телемеханических устройств» — № 2004116653/04; заявл. 01.06.2004; опубл. 10.03.2006, Бюллетень № 7/2006. — 4 с.

4. Запольский, А.К. Комплексная переработка сточных вод гальванического производства / А.К. Запольский, В.В. Образцов. — К.: Техника, 1989. — 199 с.

5. Гамбург, Ю.Д. Гальванические покрытия. Справочник по применению / Ю.Д. Гамбург. — М.: Техносфера, 2006. — 216 с.

6. Прикладная электрохимия / Н.П. Федотьев, А.Ф.Алабышев, А.Л.Ротинян [и др.] — Л.: Химия, 1984. — 600 с.

Надійшла до редколегії 11.02.2013.

Ю.В. Мнускина ИЗВЛЕЧЕНИЕ НИКЕЛЯ ИЗ ОТХОДА ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА СУЛЬФАТОМ АММОНИЯ

Исследовано осаждение никеля и цинка из жидкой фазы отхода с помощью сульфата аммония. Изучено влияние на процесс осаждения температуры процесса, исходной концентрации иона в растворе, концентрации серной кислоты, также исследована эффективность осаждения сульфатом калия. Определены оптимальные условия проведения процесса. Исследовано процесс соосаждения цинка и никеля сульфатом аммония.

Ключевые слова: отходы гальванического производства, никель, цинк, кобальт, кадмий, сульфат аммония, сульфат калия, двойная соль, соосаждение цинка и никеля.

Ju.V.Mnuskina NICKEL EXTRACTION FROM GALVANIC PRODUCTION WASTES BY MEANS OF AMMONIUM SULFATE

The galvanic production wastes processing stages to extract nickel are presented. First, cadmium is extracted from a prepared source material. The sufficient purity grade cadmium extraction is carried out through electrolysis of sulfuric acid solution as a source material. The main components of source material after electrolysis are cobalt and nickel as well as zinc. One of difficult tasks is separation of cobalt and nickel since they have much resemblance in their properties. This task was solved by oxidation of soluble two-valent cobalt compound into insoluble $\text{Co}(\text{OH})_3$ with pH about 5 by means of chloride lime being added in portions as a dry material or suspension. The main source material component – nickel – is proposed to be precipitated by ammonium sulfate resulting in double salt formation. The influence of ammonium sulfate quantity, temperature, initial nickel ion and sulfuric acid concentration on nickel precipitation efficiency was studied. It was ascertained, that the highest nickel extraction rate is ca. 90-95% whereas neither temperature nor sulfuric acid concentration has any sufficient effect on it. At the same time these parameters greatly influence the required ammonium sulfate quantity. It was ascertained, that using ammonium sulfate results in higher precipitation rate compared to potassium sulfate. Since the source material after liquification contains ca. 10% zinc compared to initial content, the zinc extraction process by means of ammonium sulfate was studied. It was ascertained, that zinc ion precipitation rate makes up 90-93%. The zinc and nickel coprecipitation from sulfuric acid solution was studied. The content of zinc in sediment relates to the content of nickel as ~1:3-1:2. Therefore, the coprecipitation with initial nickel ion concentration of 30 g/l and that of zinc 10 g/l was studied. The highest metal extraction rate is reached at ammonium sulfate concentration of 240 g/l and makes up 97% for nickel and 80% for zinc. To separate double salt mixture, the soft conditions of processing with alkali solution are required (first, solution in smallest possible water quantity, heating, adding sodium hydroxide in small portions). After ammonia distillation and centrifugal separation the sediment contains only nickel in form of nickel hydroxide. Zinc remains in solution after the processing with alkali solution. Obtaining metallic zinc is possible through hydrolysis. So, zinc is being removed in two stages: 90% during the first stage through processing with sodium hydroxide, and the remaining 10% through coprecipitation with nickel and further separation by means of sodium hydroxide.

Key words: galvanic production wastes, nickel, zinc, cobalt, cadmium, ammonium sulfate, potassium sulfate, double salt, coprecipitation of zinc and nickel.

Мнускина Юлия Владимировна – канд.хим.наук, доцент кафедры «Прикладная экология и охрана окружающей среды», ГБУЗ «Донецкий национальный технический университет, Донецк, Украина; e-mail: jlmnsk@gmail.com.

УДК 662.74: 66.028

Д.В. Ильченко, С.П. Веретельник, канд. техн. наук, доцент (ГБУЗ «Донецкий национальный технический университет»)

ПУТИ МОДЕРНИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИЙ ПЛАНИРНОЙ ШТАНГИ

Рассмотрен вопрос модернизации существующих конструкций планирной штанги для повышения плотности угольной загрузки в камерах коксования. Приведены сравнительные характеристики существующих конструкций планирных штанг.

Ключевые слова: планирная штанга, угольная шихта, плотность загрузки, экологическая безопасность, повышение эффективности коксования, обратный выгреб качество кокса.