



УДК 628.342:546.74

ВИЛУЧЕННЯ НІКЕЛЮ З ВІДПРАЦЬОВАНИХ РОЗЧИНІВ НІКЕЛЮВАННЯ

В.І. Максін, доктор хімічних наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Н.І. Фалендиш, кандидат хімічних наук

Інститут колоїдної хімії та хімії води НАН України

Проведено експериментальні дослідження процесу вилучення нікелю з концентрованих і розбавлених розчинів у вигляді нерозчинних сполук. В основу розробленого методу покладено процес відновлення нікелю гіпофосфітом натрію з утворенням компактного, що не містить води, осаду металевого нікелю. Вивчено залежності ступеню відновлення нікелю від концентрації реагентів, складу, температури і рН розчину, режиму нагрівання і введення реагентів. Знайдено оптимальне співвідношення нікель:гіпофосфіт натрію в розчині, визначено значення рН і температури процесу. Досліджено умови відновлення нікелю у відпрацьованих розчинах хімічного нікелювання.

Вступ. Для вилучення нікелю з відпрацьованих розчинів ванн нікелювання і стічних вод застосовують різні методи. Аналіз відомої наукової і науково-технічної літератури показав, що найбільшого поширення набули реагентні методи, в основі яких лежить співосадження нікелю у вигляді важко розчинних сполук. Найчастіше нікель осаджують у вигляді гідроксиду шляхом обробки розчином карбонату або гідроксиду лужного металу до рН 8–9. Осад гідроксиду нікелю відділяють фільтруванням і використовують для отримання сполук нікелю або повертають у процес нікелювання після розчинення в сірчаній кислоті [1–3]. У [4] описано установку рекуперації нікелю з відпрацьованих електролітів нікелювання шляхом осадження $\text{Ni}(\text{OH})_2$ при рН 12 еквівалентною кількістю 40% розчину гідроксиду натрію з подальшим розчиненням у сірчаній кислоті та кри-

стализацією сульфату нікелю з насиченого розчину.

Осадження нікелю у вигляді гідроксиду або основних солей з відпрацьованих електролітів і промивних вод здійснюють також обробкою цих розчинів гідроксидом кальцію до рН 8,5–10, залежно від умов регенерації [5].

Осади гідроксиду нікелю і його основних солей характеризуються високою гідрофільністю, низькою швидкістю седиментації і фільтрування. Тому для інтенсифікації процесу відділення осаду від розчину застосовують різні прийоми, у т. ч. введення коагулянтів (наприклад, солей заліза і алюмінію) та флокулянтів [5,6]. Додавання при цьому флокулянтів дозволяє вилучити до 99% нікелю у вигляді гідроксиду [7]. Проте введення коагулянтів і флокулянтів разом з інтенсифікацією процесу осадження нікелю істотно утрудняє утилізацію



отриманих осадів. Осади гідроксиду нікелю погано зневоднюються, утворюють стійкі колоїдні системи і при зміні рН середовища легко вилугуюються, що призводить до появи нікелю у фільтраті.

Вилучення нікелю збільшується при феритизації осадів. Його вміст у розчині знижується до $0,001\text{--}0,01\text{мг/дм}^3$, а осадки феритів використовують в інших виробництвах [8].

Найповніше нікель з розчинів осаджують у вигляді погано розчинного сульфідру NiS [9,10]. Проте токсичність реагентів та виділення сірководню в процесі утилізації концентратів значно стримують практичне використання цього методу.

Для виділення нікелю цементацією застосовують порошкоподібні метали (алюміній, магній, цинк) різної дисперсності, що дозволяє осаджувати нікель вибірково у присутності інших кольорових металів [11].

Цікавий метод вилучення нікелю з концентрованих розчинів у вигляді осаду металевого нікелю шляхом їх обробки гіпофосфітом натрію в лужному середовищі (рН 9–10) при нагріванні. Відновлення нікелю кількісно протікає лише в присутності каталізатора (галогеніди платинових металів) і інтенсивному збовтуванні розчину на віброустановці [12].

Для очищення стічних вод і утилізації відпрацьованих нікельвмісних розчинів застосовують також різні фізико-хімічні методи – випарювання, зворотний осмос, електродіаліз, йонний обмін – як самостійно, так і у поєднанні з реагентними методами [13]. Їх ефективність значною мірою забезпечується надійністю роботи установок.

Йонний обмін дозволяє вилучати і повертати нікель в основне виробництво, а також очищати воду до гранично допустимих концентрацій [14]. Всебічне вивчення механізму процесів сорбції йо-

нів важких металів йонітами призвело до розробки великого числа установок різного типу. Автоматизована система видалення нікелю з промивних вод лінії нікелювання дозволяє повернути в гальванічний процес 99% солей нікелю. В якості йонообмінних смол для вилучення нікелю застосовують смоли КБ-4, Агріон, З-100, КУ-2-8, КУ-2, КБ-4П-2 та ін. Для очищення електролітів на основі солей амонія або натрію використовують йоніти амінокарбоксильного типу, найбільш ефективні серед яких АМФ-2-7П і АН-80-7П. Нікель з електролітів вилучається при $\text{pH} \geq 3$ на 99,5%, незалежно від йонного складу розчину [15]. Істотним недоліком застосування йонного обміну для вилучення важких металів є висока вартість технології, яка значно перевершує вартість реагентних методів [16].

Для вилучення нікелю з розбавлених розчинів застосовують дешевші штучні і природні матеріали: золу, кокс, торф, силікагелі, активне вугілля різних марок [13]. До числа доступних сорбентів слід віднести деревну тирсу та гідролізний лігнін. У разі застосування останнього через 1,5–2 год взаємодії досягається 85–95% насичення сорбенту. Після термообробки сорбенту смола містить 60–75% металу.

Аналіз існуючих методів вилучення нікелю з розчинів показав, що для очищення стічних вод від нікелю і утилізації концентрованих нікельвмісних розчинів найбільш поширеним є реагентний метод. Постійний розвиток і вдосконалення методу шляхом оптимізації технологічних параметрів і апаратурного оформлення, раціонального використання і пошуку нових реагентів автоматизації технологічних процесів дозволяє значно підвищити його техніко-економічні характеристики. Нині по основних параметрах реагентні методи відносяться до найбільш ефективних.



Осадження гідроксиду і основного карбонату нікелю з розчину. Однією з найважливіших умов створення ефективної технології вилучення нікелю з відпрацьованих розчинів хімічного нікелювання є його осадження у вигляді компактного осаду, який не утримує воду і має високу швидкість седиментації та фільтрування. Опади гідроксиду і карбонату нікелю добре розчиняються в кислотах з утворенням відповідних солей нікелю, що відповідають вимогам гальванічного виробництва без збільшення вмісту інших солей в розчинах:



Нами проведено дослідження з оптимізації умов осадження гідроксиду і основного карбонату нікелю в модельних хлоридних, сульфатних і відпрацьованих розчинах хімічного нікелювання. Досліджено вплив концентрації нікелю в початковому розчині, температури, рН, сольового складу розчину, режиму нагрівання і введення реагентів на повноту осаження нікелю і швидкість седиментації осаду.

На повноту вилучення нікелю у вигляді гідроксиду значно впливає рН розчину. Найменша залишкова концентрація у фільтратах досягається за обробки нікельмісних розчинів гідроксидом або карбонатом натрію до рН 8–9,5.

Встановлено, що основним чинником, який впливає на гідрофільність опадів гідроксиду нікелю, є температура розчину. Осади, отримані при 15–30°C практично не відділяються від розчинів навіть за тривалої витримки системи. Дещо покращуються седиментаційні і фільтраційні характеристики осадів гідроксиду нікелю, отриманих при температурі 59–70°C і рН \geq 8. Об'єм осаду гідроксиду нікелю через 100 хв складав 65% і через 24 год – 40–50% від загального об'єму системи. Проте розчин над осадом повністю не освітлюється.

Визначено оптимальні умови осадження гідроксиду нікелю з відпрацьованих розчинів хімічного нікелювання – рН 8–9,5 і температура розчинів 50–70°C. Залишкова концентрація нікелю у фільтраті значною мірою залежить від концентрації нікелю в початковому розчині, температури, за якою здійснюється осадження гідроксиду нікелю і змінюється від 2 до 180 мг/дм³. Підвищення концентрації нікелю в початковому розчині супроводжується підвищенням його змісту у фільтраті. Навіть в оптимальних умовах осадження гідроксиду нікелю концентрація нікелю у фільтраті досягає 60–80 мг/дм³, якщо його зміст в утилізованому розчині 80–120 г/дм³.

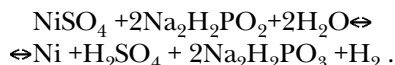
Нами також вивчено процеси осадження карбонатів нікелю з сульфатних, хлоридних, нітратних електролітів і відпрацьованих розчинів хімічного нікелювання. Встановлено, що склад і властивості важкорозчинних опадів карбонатів нікелю значно залежать від концентрації реагентів в початкових розчинах, рН середовища, температури і сольового складу розчину. Показано, що серед карбонатів нікелю лише основний карбонат складу $2\text{Ni}(\text{OH})_2 \cdot \text{NiCO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, який утворюється в інтервалі рН 7,6–8,2 за температури 97–100°C і рівномірному змішуванні концентрованих розчинів солі нікелю і соди, осідає у вигляді кристалічних опадів з високою швидкістю седиментації і фільтрування. Інші карбонати нікелю утворюють дрібнодисперсні аморфні опади, які погано фільтруються і відділяються центрифугуванням. Також відзначено, що важливу роль відіграють: режим змішування розчинів реагентів; сольовий склад електролітів нікелювання; присутність органічних сполук. Незначні відхилення від оптимальних значень рН і температури процесу осаження, присутність органічних домішок, солей інших металів, наприклад, фосфа-



тів, призводить до утворення аморфного осаду суміші гідроксиду і карбонату нікелю, який погано фільтрується і має значну розчинність. Надійна реалізація процесу осадження нікелю з нітратних, хлоридних і сульфатних розчинів у вигляді $2\text{Ni}(\text{OH})_2 \cdot \text{NiCO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ можлива лише в стаціонарних умовах хімічного виробництва. З розчинів хімічного нікелювання, при суворому дотриманні усіх умов, основний карбонат нікелю не осідає через складний сольовий склад розчину.

Таким чином, незважаючи на добрі фізико-хімічні характеристики осаду основного карбонату нікелю, осадження нікелю з відпрацьованих розчинів гальванічного виробництва у вигляді $2\text{Ni}(\text{OH})_2 \cdot \text{NiCO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ є неприйнятним внаслідок технічної складності реалізації процесу.

Відновлення нікелю(II) гіпофосфітом натрію в розчинах. Найефективнішим серед реагентних методів є вилучення нікелю з розчинів у вигляді металу. Нікель з розчинів солей відновлюється сильними відновниками, про що свідчить величина нормального окиснювального потенціалу системи $\text{Ni}^{2+} + 2\text{e} \rightarrow \text{Ni} - 0,25\text{В}$ при 25°C . Серед відновників особливе місце займає гіпофосфіт натрію, широко вживаний для відновлення нікелю в процесі хімічного нікелювання. Реакція відновлення нікелю описується рівнянням:



В умовах хімічного нікелювання не досягається кількісного відновлення нікелю і у відпрацьованих розчинах міститься велика його кількість ($1\text{--}2,5 \text{ г/дм}^3$). Для більшого вилучення нікелю в роботі [12] пропонується проводити його відновлення гіпофосфітом у присутності хлориду паладію ($0,2 \text{ мг/дм}^3$) при рН $9\text{--}11$ і температурі $90\text{--}100^\circ\text{C}$. Проведені нами дослід-

ження показали, що навіть у присутності каталізатора і за оптимальних рН і температури, але при звичайному перемішуванні розчину, нікель не відновлюється гіпофосфітом. Для реалізації процесу потрібно інтенсивне перемішування реакційної суміші на спеціальній віброустановці.

Використання в якості каталізатора дорогих солей платинових металів, високе значення рН, що вимагає значних витрат лужних реагентів і кислоти для подальшої нейтралізації фільтратів, а також спеціальні установки для перемішування розчину роблять цю технологію економічно не вигідною і яку, до того ж, технічно важко реалізувати.

Методика досліджень і апаратура. Виміри концентрації водневих йонів здійснювали йономіром універсальним "ЭВ-74" з абсолютною похибкою $0,05$ од. рН. Оптичну щільність розчинів вимірювали на спектрофотометрі "СФ-26". Відносна похибка вимірів коефіцієнтів пропускання приладу в області спектру від 130 до 1100 нм – не більше 1% абс. Середнє квадратичне відхилення вимірів коефіцієнта пропускання за шкалою стрілочного приладу $0\text{--}110\%$ не більше $0,25\%$ абс. Атомну абсорбцію розчинів вимірювали на спектрометрі атомної абсорбції "Сатурн". Відносна похибка вимірів оптичної щільності в області спектра від 200 до 900 нм – не більше $1,5\%$.

Вміст нікелю в осадах визначали комплексометричним методом за стандартною методикою (ГОСТ 4331-76). Для підвищення швидкості розчинення осаду в соляній кислоті додатково вводили $2\text{--}3$ краплі пероксиду водню і нагрівали суміш до повного розчинення осаду і розкладання перекису водню.

Результати досліджень і їх обговорення. На модельних розчинах сульфату нікелю, що містять від $0,1$ до 10 г/дм^3 нікелю вивчено вплив різних чинників на процес відновлення нікелю гіпофосфі-



том натрію. Знайдено умови кількісного відновлення нікелю до металу без каталізатора і специфічних прийомів перемішування.

Реакція відновлення нікелю гіпофосфітом протікає лише за нагрівання. Оптимальна температура процесу 95–98°C. За температури нижче 95°C, навіть при тривалому нагріванні розчину, нікель не відновлюється (табл. 1). При температурі процесу вище 98°C відбувається різке збільшення об'єму розчину внаслідок інтенсивного виділення газу і кипіння, що призводить до викидання реакційної суміші з реактора.

Встановлено, що основним чинником, який регулює процес відновлення при температурі > 95°C є рН. Кислот-

ність розчину впливає як на швидкість реакції відновлення, так і на повноту її проходження (табл. 2)

У слабких розчинах нікель не відновлюється гіпофосфітом натрію. При рН > 7,5 в розчині протікають два конкуруючі процеси – утворення гідроксиду нікелю і відновлення нікелю до металу. Зі збільшенням рН швидкість відновлення нікелю значно знижується і при рН > 8 переважаючим стає процес утворення гідроксиду нікелю. Кількісне відновлення нікелю гіпофосфітом натрію досягається тільки в розчинах з рН 6–7,5.

За оптимальних температури і рН швидкість і повнота відновлення залежать від концентрації гіпофосфіту натрію в розчині. Кількісне відновлення ні-

Таблиця 1. Вплив температури на процес відновлення нікелю (вміст нікелю в розчині – 2,2 г/дм³, рН – 6,2, час нагрівання – 20 хв)

Температура розчину, °С	Співвідношення нікель : гіпофосфіт натрію	Концентрація нікелю в фільтраті, г/дм ³	Ступінь відновлення нікелю, %
25	1:2,1	2,20	0
50	1:2,1	2,20	0
75	1:2,1	2,20	0
90	1:2,1	2,20	0
94	1:2,1	0,198	91
95	1:2,1	0,004	99,8
98	1:2,1	0,001	99,9

Таблиця 2. Вплив кислотності розчину на ступінь відновлення нікелю в сульфатних розчинах гіпофосфітом натрію (температура розчину – 96°C, час нагрівання – 20 хв, співвідношення нікель : гіпофосфіт натрію – 1:2,1)

Концентрація нікелю в розчині, г/дм ³	рН розчину	Ступінь відновлення нікелю, %
1,8	5,0	0
1,8	5,5	0
1,8	6,0	97,8
1,8	6,5	99,8
1,8	7,0	99,7
1,8	7,5	99,2
1,8	8,0	80,8
1,8	8,5	54,3
1,8	9,0	20,6



келю досягається тільки при молярному співвідношенні нікелю до гіпофосфіту 1:2,2 (0,45), тобто близькому до стехіометричного (табл. 3).

Подальше підвищення концентрації гіпофосфіту натрію не призводить до істотного збільшення вилучення нікелю, проте при цьому витрачається дефіцитний відновник. З урахуванням оптимізації витрат реагентів найбільш прийнятним для відновлення нікелю є молярне співвідношення нікелю і гіпофосфіту натрію 1: 2,0–2,5.

Проведення реакції відновлення в оптимальних умовах (рН – 6–7,5, температура – 95–98°C, молярне співвідношення реагентів – 1:2,2) дозволяє досягти міри вилучення нікелю з розчинів 99,0–99,5%. При цьому концентрація нікелю у фільтратах складає 1–5 мг/дм³. При збільшенні молярного співвідношення реагентів до 1: 2,5–2,8 вміст нікелю у фільтратах становить близько 0,1 мг/дм³.

Осадження нікелю з відпрацьованих розчинів хімічного нікелювання. Розчин хімічного нікелювання, згідно ГОСТ 9.305-84, має такий склад (г/дм³): NiSO₄·7H₂O – 20–30; Na₂H₂PO₄·2H₂O – 20–25; CH₃COONa·3H₂O – 10–15; NH₄CSNH₂ – 0,003; CH₃COOH (98%) – 6,2–6,5 см³/дм³. Процес нікелювання здійснюється при рН 4,5–5,0.

Молярне співвідношення нікелю до гіпофосфіту натрію в цьому розчині

складає 1:2,2–2,6 і є оптимальним для відновлення нікелю. При нормальному режимі роботи ванни хімічного нікелювання, коли реалізується тільки реакція відновлення нікелю, співвідношення реагентів у процесі нікелювання практично не змінюється. Тому в більшості випадків у відпрацьованому розчині є достатня кількість гіпофосфіту натрію для повного відновлення нікелю. Вміст нікелю у відпрацьованому розчині знаходиться в межах 1,1–3,0 г/дм³.

Вивчено умови відновлення нікелю у відпрацьованих розчинах хімічного нікелювання гальванічного цеху. Визначено оптимальні умови процесу відновлення нікелю гіпофосфітом що міститься у відпрацьованому розчині: рН – 6,0–6,8; температура реакційної суміші – 94–98°C.

Гіпофосфіт натрію при тривалому зберіганні або нагріванні частково розкладається. Це має місце при зберіганні розчинів хімічного нікелювання. Тому час зберігання розчинів впливає на повноту відновлення нікелю. Найбільш повне вилучення нікелю і, отже, мінімальна його концентрація у фільтратах (1–4 мг/дм³) досягається за переробки відпрацьованого розчину безпосередньо після закінчення роботи ванн нікелювання. Після тривалого зберігання таких розчинів значна частина нікелю не відновлюється і його вміст у фільтратах може складати 50–340 мг/дм³ (табл. 4).

Таблиця 3. Вплив концентрації гіпофосфіту натрію на ступінь відновлення нікелю в сульфатних розчинах (температура – 96°C, рН – 6,5, концентрація нікелю – 2,3 г/дм³)

Молярне співвідношення нікель : гіпофосфіт натрію	Ступінь відновлення нікелю, %
1: 0,5	12,1
1: 1,0	21,8
1: 1,5	60,4
1: 2,0	96,9
1: 2,2	99,2
1: 2,5	99,8
1: 2,8	100

**Таблиця 4. Вплив часу зберігання відпрацьованого розчину хімічного нікелювання на відновлення нікелю (температура – 96°C, рН – 6,4, концентрація нікелю – 1,97 г/дм³)**

Час зберігання Розчину	Ступінь відновлення нікелю, %	Концентрація нікелю в фільтраті, мг/ дм ³
2 год	99,8	3,4
24 год	99,6	6,4
5 діб	99,1	18,3
10 діб	94,6	51,7
30 діб	62,3	120,3
60 діб	41,7	337,4

У розчинах, що зберігалися більше 10 діб, значна частина нікелю осідає у вигляді чорного осаду його гідроксиду.

В цьому випадку для повнішого відновлення нікелю потрібно додатково ввести гіпофосфіт натрію у кількості, необхідній для створення співвідношення нікель:відновник 1:2,0–2,2.

Отримані, при відновленні нікелю з відпрацьованих розчинів хімічного нікелювання, осади досліджувались хімічним методом. Встановлено, що температура процесу, рН середовища і початковий вміст в розчині металу не чинять іс-

тотного впливу на хімічний склад осадів, який дещо залежить від співвідношення нікелю і гіпофосфіту в розчині. За результатами аналізу отримані осади містили 78,5–86,8% нікелю і 6,4–7,0 фосфору. Інших металів, таких як залізо, мідь, цинк, в осадах не виявлено.

Осади нікелю дуже повільно розчиняються в сірчаній і соляній кислотах, навіть при нагріванні. Проте в присутності пероксиду водню вони швидко розчиняються з утворенням сульфату або хлориду нікелю. У розчинах азотної кислоти осади нікелю розчиняються без нагрівання.

Література

1. Патент Японії № 61588, МКИ С25С1/08. Регенерация сточных вод электрохимического никелирования / Тао Хироси, Накагава Такаси. Сиранси Торуаки. - Опубл. 10.05.1986 г.
2. Fischer G. Ruckgewinnung von Nickel aus galvanischen Prozessen // Galvanotechnic. – 1984. – 75, № 5. – S. 563–565.
3. Патент Японії № 51-3719, МКИ 15С3, С01G53/10. Извлечение соединений никеля из сточных вод растворов никелирования / Томо Такэси. – Опубл. 5.02.1976.
4. Regenerierung von Nিকেелелектроlyten / Navazir G., Carbinі M., Contin R. und and. // Oberfl?che Surface. – 1983. – 24, № 11. – S. 376–380.
5. Патент Японії № 56-158182, МКИ С 02 F 1/61. Способ удаления никеля из сточных вод / Исиди Хироси, Наусита Еаньё, Фадзихира Тайбан и др. – Опубл. 06.12.1981.
6. Патент Японії № 58-19498, МКИ С 25D 21/18, С02F 1/58. Способ обработки никель- и цинксодержащих сточных вод / Хата Коити. – Опубл. 04.02.1983.
7. Патент Японії № 52-48944, МКИ С 02 С 5/02. Удаление тяжелых металлов из сточных вод и осадков / Сэки Тору. – Опубл. 13.12.1977.
8. Сугано Идзуру, Хаяси Сабуро. Извлечение тяжелых металлов из сточных вод ферритами // РРN. – 1976. – 7, №2. – С. 61–72.
9. Patent SRR N 67816, МКИ С 01 G 9/08. Prouden de recuperare a componentelor metalice din apele reziduale acide / G.Volcovinski, M.Keseru. – Опубл. 15.01.1980.



10. Patent USA N 4102784, МКИ C02B 1/20. Colloid free precipitation of heavy metal sulfides / Schlanch R.M. — Оpubл. 25.07.1978.
11. Miller W.H., Brinkman R.L. Leading purification and cadmium recovery // Eng. and mining J. — 1981. — **182**, №9 — P. 104–114.
12. Patent France N 2346458 МКИ C22B 23/04, B01G23/44, 27/10. Procédé de limonisation et de récupération de nickel à partir de solutions aqueuses d'effluents // Fontaine R. — Оpubл. 28.10.1977.
13. Очистка производственных сточных вод / Яковлев С.В., Карелин Я.А., Ласков Ю.М., Воронов Ю.В. - М.: Стройиздат. — 1985. — 335 с.
14. Запольский А.К., Образцов В.В. Комплексная переработка сточных вод гальванического производства. — К.: Техника. — 1989. — 199 с.
15. Разработка и внедрение ионообменной технологии очистки электролитов от продуктов электрохимической обработки / Холмогоров А.Т., Кириллова В.П., Юркевич Т.Н., Ильичев Р.Н. // Тез. докл. VI Всесоюзной конференции по ионному обмену. — М.: 1986. — С. 197.
16. Лаубарас Р. Ю. Ионообменная очистка сточных вод гальванических цехов и перспективы ее применения // Водоподготовка и очистка промышленных стоков. — К.: Наукова думка, 1975. — Вып. 11. — С. 183–187.
17. Никифоров А.Ф., Астафьева О.В. Применение гидролизного лигнина в сорбционной технологии очистки сточных вод от тяжелых металлов // Тез. докл. VI Всесоюзной конференции по ионному обмену. — М., 1986. — С. 140.
18. Бабко А.К., Пилипенко А.Т. Фотометрический анализ. Методы определения неметаллов. — М.: Химия, 1974. — 360 с.
19. Уильямс У.Дж. Определение анионов. — М.: Химия, 1982. — 624 с.
20. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. - М.: Химия, 1984. — 448.

АННОТАЦІЯ

Максін В.І., Фалендиш Н.Ф. Извлечение никеля из отработанных растворов никелирования // Биоресурсы и природопользование. — 2012. — 4, № 1–2. — С. 26–33.

Проведены экспериментальные исследования процесса извлечения никеля из концентрированных и разбавленных растворов в виде нерастворимых соединений. В основу разработанного метода положен процесс восстановления никеля гипофосфитом натрия с образованием компактного, не содержащего воду, осадка металлического никеля. Изучены зависимости степени восстановления никеля от концентрации реагентов, состава, температуры и pH раствора, режима нагревания и введения реагентов. Найдено оптимальное соотношение никель : гипофосфит натрия в растворе, определены значения pH и температуры процесса. Исследованы оптимальные условия восстановления никеля в отработанных растворах химического никелирования.

SUMMARY

V. Maksin, N. Falendish. The extraction of nickel from the spent nickel-plating solution // Biological Resources and Nature Management. — 2012. — 4, № 1–2. — P. 26–33.

Experimental researches of process of extraction of nickel from the concentrated and diluted solutions in the insoluble form have been conducted. The process of restoration of nickel by sodium hypophosphite with formation of the compact, nonwater, metal nickel sediment was taken as a principle of the method. The dependences of the degree of nickel reduction on the concentration of reagents, structure, temperature and pH of the solution, mode of the heating and reagents addition have been studied. The optimum relationship nickel:sodium hypophosphite have been found and the temperature and pH of the process have been defined. The optimal conditions of nickel restoration in the spent solutions of chemical nickel plating have been examined.