

ПЕРЕРобКА ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ ДОРОГОЦІННИХ МЕТАЛІВ

Виконано аналіз переробки відходів радіоелектронної апаратури і витягання дорогоцінних металів. Розглянуто альтернативні методи переробки, такі як кислотне вилугування й плавлення лому у розплаві міді. Кислотне вилугування концентрату проводили царською горілкою (HNO_3+HCl , при співвідношенні 1:3). Розчинення золота, платини й срібла здійснювалось у водний розчин кислоти

Ключові слова: радіоелектронний лом, подрібнення, сепарація, кислотне вилугування, плавка, електроліз

Выполнен анализ переработки отходов радиоэлектронной аппаратуры и вытягивание драгоценных металлов. Рассмотрены альтернативные методы переработки, такие как кислотное выщелачивание и плавление лома в расплаве меди. Кислотное выщелачивание концентрата проводили царской водкой (HNO_3+HCl , при соотношении 1:3). Растворение золота, платины и серебра осуществлялось в водный раствор кислоты

Ключевые слова: радиоэлектронный лом, измельчение, сепарація, кислотное выщелачивание, плавка, электролиз

В. В. Рибій*

В. М. Бредихін

Кандидат технічних наук, доцент, професор**

І. Ф. Червоний

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедру*

E-mail: rot44@yandex.ru

М. О. Маняк

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедру**

*Кафедра металургії кольорових металів

Запорізька державна інженерна академія

Пр. Леніна, 226, м. Запоріжжя, Україна, 69006

**Кафедра кольорових металів і конструкційних матеріалів

Донецький Національний технічний університет
вул. Артема, 58, м. Донецьк, Україна, 83001

1. Вступ

Вторинна переробка дорогоцінних металів є самостійною галуззю, але широко використовує теоретичний і практичний досвід підприємств первинної металургії, що стосується відбору і підготовки проб, різних підготовчих, збагачувальних і плавильних процесів, методів очищення стоків, газових викидів та ін. Специфікою вторинної переробки дорогоцінних металів є різноманіття фізичних форм і хімічних складів відходів, що містять метали. Вторинні дорогоцінні метали можуть утворюватися як відходи переробки або виробничий шлюб, а також як вироби, які втратили експлуатаційну цінність. Лом і відходи дорогоцінних металів і їх сплавів стандартизовані і підрозділяються по найменуваннях металів, за фізичними ознаками, по хімічному складу, за показниками якості. Зазвичай за кордоном в переробку поступає скрап, що містить менш однією десятою відсотка благородних металів, при цьому стосунки в скрапі складає: $Ag:Au:Pd = (2...3):0,05:1$ [1, 2, 3]

Так зване вторинне золото отримують з величезної маси виробів електроніки, що відпрацювали або бракованих. Їх прямо в не розпакованих ящиках кидають в розплавлену мідь; дерево вмить згорає, алюміній, залізо, олово, інші неблагородні метали будуть переходити в оксиди, спливають на поверхню розплаву і віддаляються, а мідь після достатнього збагачення благородними металами направляють на рафінування. Важливе джерело вторинного золота (до 500 т) на рік - золотий лом [4, 5].

Вторинне золото - це метал, отриманий із скрапу або металевих відходів. Оборотний цикл вторинного золота наведено на рис. 1.

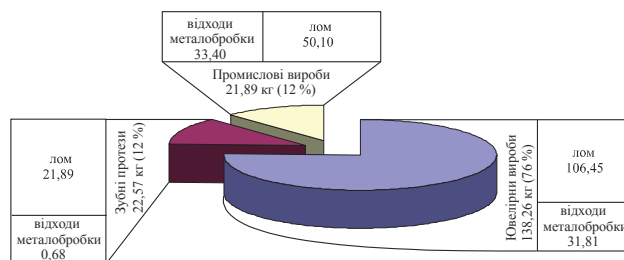


Рис. 1. Схема оборотного циклу золота з відходів і лому

При розбиранні радіоелектронної апаратури з неї витягають плати з навісними радіодеталлями. Великі радіодеталі (трансформатори, дроселі, котушки індуктивності, конденсатори, транзистори, реле, перемикачі і інше) видаляють із застосуванням ручного і механізованого інструменту. Дрібні радіодеталі - діоди, транзистори, мікросхеми, резистори і інше видаляють із застосуванням пневмо молотків. Плати без радіодеталей, залишки паяних "ніжок" радіодеталей, покритих дорогоцінними металами, що містять в отворах плат - є об'єктом розробки технології їх переробки [6, 7].

Метою даних досліджень було встановлення закономірностей переробки відходів радіоелектронної апаратури і витягання дорогоцінних металів.

2. Виконання досліджень та обговорення їх результатів

Номенклатура лому електронної промисловості, що поступає на переробку, охоплює усі деталі і вузли різних агрегатів і приладів, при виготовленні яких використовуються дорогоцінні метали. Основа виробу, що містить дорогоцінні метали, а відповідно і їх лом, може бути виготовлена з пластмаси, кераміки, склопластика, багатшарового матеріалу і металу.

Сировина, що поступає з підприємств-здавальників, прямує на попереднє розбирання. На цій стадії з електронно-обчислювальних машин і іншого електронного устаткування витягаються вузли, що містять дорогоцінні метали. Вони складають близько 10...15 % загальної маси електронних обчислювальних машин. Матеріали, що не містять дорогоцінні метали, направляють на витягання кольорових і чорних металів. Відпрацьований матеріал, що містить дорогоцінні метали (плати з друкарським монтажем, штепсельні роз'єми, дроти та ін.), сортується для видалення золотих і срібних дротів, позолочених штирів бічних роз'ємів печатних плат і інших деталей з високим вмістом дорогоцінних металів.

Для виділення дорогоцінних металів, що знаходяться під шаром пластика, текстоліту або іншого матеріалу, деталі прямують на ділянку збагачення. Основне устаткування ділянки збагачення складається з наступних агрегатів: молоткості дробарки різних модифікацій, конусні інерційні дробарки, а також дробарки щічні [8, 9, 10].

Після механічної обробки сировина поступає на електростатичні і електромагнітні сепаратори. Сепаратори призначено для розподілу суміші матеріалів, що відрізняються величиною електропровідності і за їх магнітними властивостями. Залежно від їх величин частки відхиляються на різний кут і потрапляють у відповідний бункер (рис. 2)

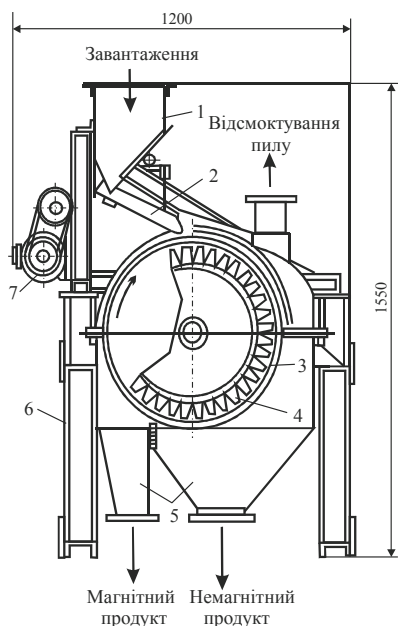


Рис. 2. Сепаратор типу ПБСЦ-40/10: 1 – живлячий бункер, 2 – приймальні бункери, 3 – барабан, 4 – нерухома магнітна система, 5 – приймальні бункери, 6 – рама, 7 – привід вібролотка

Для подальшого збагачення сировини використовують барабанный коронно-електростатичний сепаратор (рис. 3). Розподіл відбувається в електричному неоднорідному полі постійної полярності, що створюється за допомогою коронного розряду замкнутої системи електродів. Зарядка часток відбувається у верхній зоні міжелектродного проміжку, на додатковий електрод, що відхиляє, подається така ж напруга, як і на коронуючий електрод. Між барабаном і електродом створюється нерівномірне електро-статичне поле постійної полярності, а у робочій зоні утворюється два поля – електричне поле коронного розряду і електростатичне, що дозволяє відокремити подрібнені шихтові матеріали.

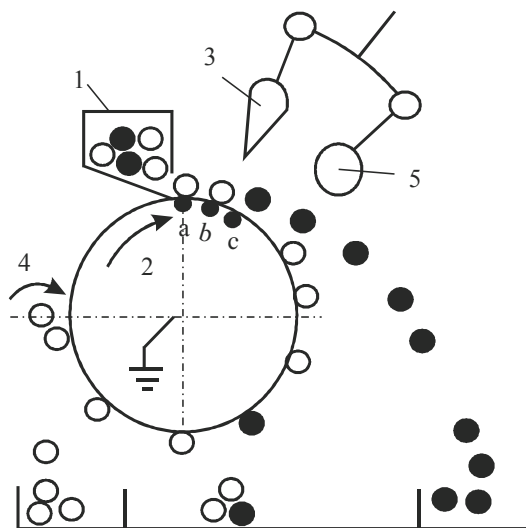
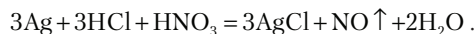


Рис. 3. Принципова електрична схема коронно-електростатичного сепаратора типу ЗЭБ 32/50: 1 – бункер; 2 – осадительний електрод; 3 – коронуючий електрод; 4 – пристрій для очищення барабана; 5 – електро-статичний електрод

До особливостей першого етапу збагачення слід віднести наступне. Залежно від основи виробу, що містить дорогоцінні метали, його розмірів, способів нанесення дорогоцінних металів на контакти і виробу, подрібнення лому здійснюють на відповідному виді дробарки. Після сепаратора збагачений продукт після зважування передається в шихтове відділення, а хвости підлягають електричній сепарації на сепараторі ЗЭБ 32/50. Після завершення переробки певного виду сировини, здійснюється випуск з фільтровентиляційних агрегатів уловленого пилу і його додаткове збагачення на магнітному і електро-статичному сепараторі.

На наступному етапі дослідження проводили за двома напрямками – кислотне вилуговування і плавлення збагаченої сировини. Кислотне вилуговування концентрату проводили царською горілкою (HNO₃+HCl, при співвідношенні 1:3). Розчинення золота, платини й срібла здійснювалось у водний розчин за реакціями





Осад, що не розчинився в царській горілці, складався в основному з механічних домішок.

Термодинамічний аналіз реакцій показав (рис. 4), що кислотне вилуговування найбільш сприятливе для таких металів, як платина й срібло.

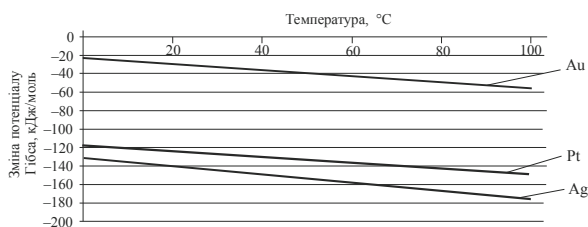
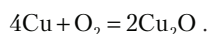


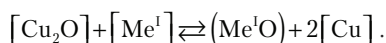
Рис. 4. Залежність зміни потенціалу Гібса від температури

Як альтернативне, переробку концентрату після збагачування проводили плавленням у тиглі. В якості основи використовували мідь. Плавку проводили в індукційній печі при температурі 1250...1450 °С. В процесі досліджень було встановлено, що частина радіоелектронного лому розплавляється з великими втратами платини. Механізм втрат було визначено при додавці на поверхню мідної розплавленої ванни контактів з поверхневим напиленням на них срібла. Процес рафінування проводили з використанням повітряного дуття у розплав міді. При температурах вище 1030 °С протікає реакція утворення Cu_2O



Закис міді, що утворився на поверхні бульбашки повітря, розчиняється в міді і таким чином розноситься по усій ванні.

Далі відбувається реакція окислення домішок, розчинених в міді, з розчиненим в ній закисом міді



При цьому утворюється оксид домішки, який спливає на поверхню ванни у вигляді шлаку. Рафінована

таким чином мідь з розчиненими в ній дорогішими металами направляється на електроліз з отриманням електролітичної міді та електролізного шламу, збагаченого золотом, платиною й сріблом. Отриманий шлам надається далі на гідрометалургійну переробку з метою виділення дорогіших металів.

Визначення загальної схеми переробки радіоелектронного лому наведено на рис. 5. Детальніша розробка схеми залежить від складу лому, який потрапляє до виробників вторинних дорогіших металів.

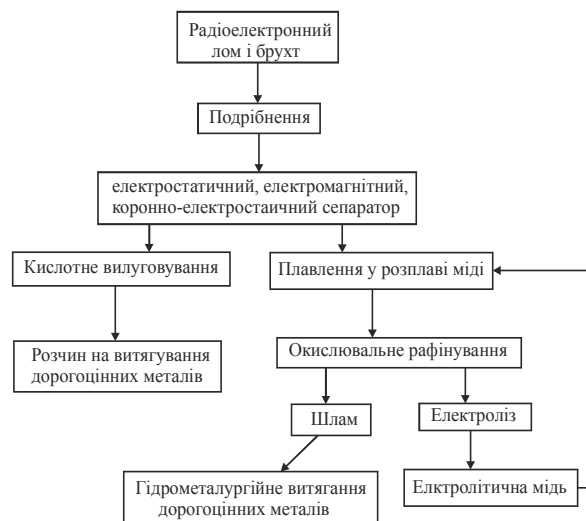


Рис. 5. Коротка схема переробки радіоелектронного лому

3. Висновки

Велика кількість радіоелектронного лому визначає необхідність ретельного його сортування на першому етапі переробки. Доцільним є проведення цільового аналізу концентрату після збагачення сировини методом подрібнення й сепарації. Цільовий аналіз дозволить обрати оптимальний цикл переробки з найбільшим витяганням дорогіших металів.

Література

1. Electronic Waste Recovery - SIMPLIFIED PROCESS FLOW CHART [Електронний ресурс]. – Загол. з екрану. Режим доступу : <http://quantummetal.com/services.html>. 02.05.2013
2. Theurer, Jean E. International Investigation of Electronic Waste Recycling Plant Design [Електронний ресурс] / Jean E. Theurer // Режим доступу : <http://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/65177/745679472.pdf?...1>.
3. Clean-future. Вторичное золото [Електронний ресурс]. – Загол. з екрану. Режим доступу : <http://clean-future.ru/info-vtorichnoe-zoloto.html>. 02.05.2013
4. Наука и техника – Золото [Электронный ресурс]. – [Електронний ресурс]. – Загол. з екрану. Режим доступу : http://encyclopaedia.big.ru/enc/science_and_technology/ZOLOTO.html. 15.04.2013.
5. Гильденберг Б. А. Утилизация радиоэлектронного лома и отходов, содержащих драгоценные металлы [Електронний ресурс] / Режим доступу : http://ecologia.by/number/2012/1/Utilizatsiya_radioelektronnogo_loma_i_othodov_soderzhaschih_dragotsennye_metally/. 05.05.2013.
6. Самсонов, А. И. Обогащение модулей радиоэлектронного лома, содержащих драгоценные металлы [Текст] / А. И. Самсонов, К. П. Козловский, А. В. Пластовец, В. А. Гордеев, Т. И. Шуляк // Сборник научных трудов. Металлургия. – 2004. – вып. 9. – С. 56-59. – Библиогр.: с. 59.

7. Дистанов, А. А. Технология по переработке радиоэлектронного лома [Электронный ресурс] : А. А. Дистанов, В.В. Воскобойников / Режим доступа : http://www.lamel777.ru/pererabotka_loma/ 05.05.2013.
8. Чернюк, А. О. Извлечение драгоценных металлов из отходов радиоэлектронной аппаратуры [Текст] / А. О. Чернюк, В. П. Грицай, О. В. Чернюк, И. Ф. Червоный // Теория и практика металлургии, 2011. – №1-2. – С. 90-93. – Библиогр.: с. 93.
9. Чернюк, А. О. Обогащение отходов радиоэлектронной аппаратуры на концентрационном столе [Текст] / А. О. Чернюк, В. П. Грицай, О. В. Чернюк, И. Ф. Червоный // Металлургия. Збірник наукових праць / Запоріжжя: ЗДІА, 2011. Вип. 24. – С. 83-87. – Библиогр.: с. 87.
10. Чернюк, А.О. Современное состояние извлечения металлов из лома радиоэлектронных плат и продуктов их разделки [Электронный ресурс] / Режим доступа : http://archive.nbuv.gov.ua/portal/natural/Metalurg/2011_23/pdf/METALURG_23_12.pdf. 05.05.2013.

Представлено огляд методів отримання тензора діелектричної проникності багатопарової вуглецевої нанотрубки (БШВНТ) і використання скінченно-елементного підходу для розрахунку розсіяння плоских електромагнітних хвиль на БШВНТ в оптичному діапазоні. Приведено результати розрахунку розсіяння плоских електромагнітних хвиль на одній БШВНТ для паралельно і нормально поляризованих векторів електричних полів падаючої хвилі відносно осі БШВНТ

Ключові слова: переріз розсіяння, вуглецеві нанотрубки, тензор діелектричної проникності, оптичний діапазон

Представлен обзор методов получения тензора диэлектрической проницаемости многослойной углеродной нанотрубки (МСУНТ) и использования конечно-элементного подхода для расчета рассеяния плоских электромагнитных волн на МСУНТ в оптическом диапазоне. Приведены результаты расчетов рассеяния плоских электромагнитных волн на одной МСУНТ для параллельно и нормально поляризованных векторов электрических полей падающей волны относительно оси МСУНТ

Ключевые слова: сечение рассеяния, углеродные нанотрубки, тензор диэлектрической проницаемости, оптический диапазон

УДК 539.2:546.26

РАССЕЯНИЕ ПЛОСКИХ ЭЛЕКТРО- МАГНИТНЫХ ВОЛН НА УГЛЕРОДНОЙ НАНОТРУБКЕ

В. И. Каневский

Кандидат технических наук*

E-mail: vikanev@hotmail.com

В. М. Розенбаум

Доктор физико-математических наук*

E-mail: vik-roz@mail.ru

Н. Г. Шкода

Кандидат физико-математических наук*

E-mail: n_shkoda@ukr.net

*Институт химии поверхности

им. А.А. Чуйко НАН Украины

ул. Генерала Наумова, 17,

г. Киев, Украина, 03164

1. Введение

Углеродные нанотрубки (УНТ) были открыты в 1991 году [1]. С тех пор они нашли применение в различных областях науки и техники благодаря своим уникальным механическим, электрическим, тепловым, магнитным и оптическим свойствам. Это высокопрочные материалы [2], источники эмиссии электронов [3], полевые транзисторы [4], электрические контакты [5], антенны в оптическом диапазоне [6], многофункциональные устройства [7]. Область применения УНТ охватывает молекулярную электронику, многофункциональные композитные материалы, высокопрочные сверхлегкие материалы, нанометрологию, технологию плоских дисплеев и многое другое.

Оптические свойства углеродных нанотрубок характеризуются высокой абсорбционной способностью электромагнитных волн, которая используется в лазерах [8], в болометрах [9]. Использование этого свой-

ства, например, в астрофизике позволяет существенно улучшить чувствительность оптических приборов. Много интересных приложений в этом диапазоне проявляют фотонные кристаллы [10] на основе нанотрубок. Это локализация света [11], оптические волноводы [12], суперлинзы [13], метаматериалы [14]. Ионное легирование тонких пленок на основе УНТ позволяет изменять их оптические свойства [15].

Благодаря своим уникальным свойствам, форме и весу УНТ (в качестве примесной добавки) позволяют существенно улучшить свойства различных материалов. Особенно это касается оптических свойств многослойных углеродных нанотрубок (МСУНТ), в частности их высокой абсорбционной способности: суммарное отражение от массива нанотрубок в несколько раз меньше, чем когда-либо заявленное от любого материала ($\leq 0.045\%$) [16], что выдвигает композитные материалы на основе МСУНТ на первое место, как наиболее поглощающие в оптическом диапазоне.