

РОЗДІЛ 6. ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ЛІТІЙ – ІОННИХ АКУМУЛЯТОРІВ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Дорошенко О.Є., студент

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра відновлюваних джерел енергії

Вступ. З кожним роком більшість розвинутих країн світу переходять на відновлювані джерела енергії через екологічні, політичні та економічні чинники. В наслідок чого перед інженерами та науковцями постає питання, щодо перетворення та акумулювання енергії, яка може діяти постійно або періодично у навколишньому середовищі. В більшості випадків акумулювання енергії використовується у вітровій, сонячній та автомобільній галузі [1].

За останні роки кількість літій – іонних акумуляторів у відновлюваній енергетиці збільшується та починає витіснити свинцево - кислотні акумулятори. Це пов'язано з тим, що Li-іон має більше циклів заряду – розряду (1000-5000 циклів) ніж свинцево – кислотні (500 - 1500 циклів), швидку зарядку, відсутній ефект «пам'яті», та можуть працювати при низьких температурах [2].

Але з іншої сторони, більшість Li-іон, після експлуатації потрапляють на сміттєзвалище через що можуть отруювати ґрунти та ґрунтові води такими важкими металами як літій, нікель, мідь та кобальт. Також при взаємодії літію з водою може утворюватися водень ($2\text{Li} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{LiOH} + \text{H}_2$), який має здатність горіти та є вибухонебезпечним, що може нашкодити як навколишньому середовищу, так і життю людей.

Мета роботи. Розповісти про основні та сучасні технології переробки відпрацьованих літій – іонних акумуляторів, для збереження ресурсів та навколишнього середовища.

Матеріали та результат досліджень.

Технологія пірометалургійного відновлення. Даний метод охоплює низку хімічних та фізичних реакцій, та базується на високотемпературному плавленні, що дозволяє отримувати метали у формі сплаву та полегшує їх відділення від домішок. Пірометалургійне відновлення складається з трьох етапів.

I Етап: Батарейку подрібнюють та оброблюють в обертовій печі для редуційного обсмажування, розділеного на фази низької та середньої температури. Під час низькотемпературного етапу (300 °C) відбувається випаровування електроліту для мінімізації ризиків вибуху. Потім настає середньотемпературна фаза (700 °C), використовуючи графіт негативного електрода, сепаратор і сполучну речовину, яка генерує відновний газ при нагріванні, як відновники для попереднього відновлення Ni, Co та Mn.

II Етап: Температура підвищується до 1200 °C і вище, в наслідок чого відбувається плавлення і Ni, Co, Mn входять у фазу сплаву, після чого за допомогою магнітної сепарації їх відокремлюють.

III Етап: Відбувається вилуговування та сепарації сплаву та отримання цінних металів з матеріалу позитивного електрода. Також відбувається утилізація шлаку та очищення отриманих металів. На рис. 1 показано типовий потік процесу пірометалургійного відновлення [3].

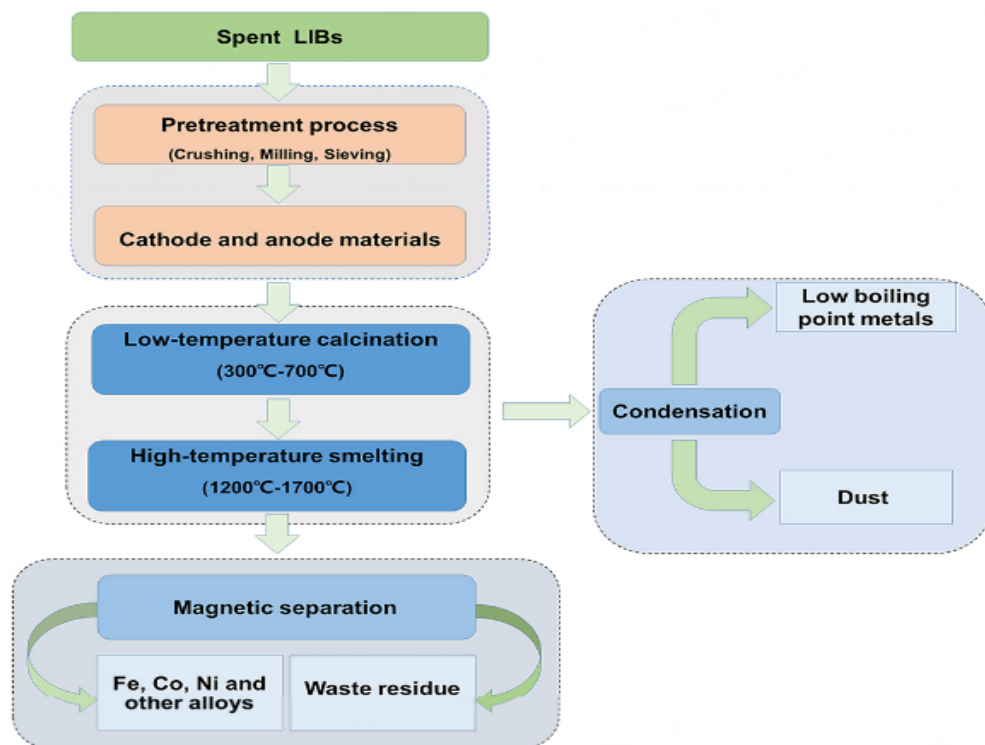


Рисунок 1 – Блок-схема пірометалургійного процесу для переробки відпрацьованих LIB (літій – іонних батарей)

До основних процесів пірометалургійної вторинної переробки можна віднести високотемпературну плавку та кальцинацію. Кальцинація може зменшити споживання кислоти та викид токсичних газів, оскільки відбувається при нижчих температурах, потенційно покращуючи швидкість відновлення металу за рахунок утворення водорозчинних солей.

Технологія гідрометалургійного відновлення. Даний метод базується на використанні розчинів (у більшості випадків водних), кислот та реагентів на основі аміаку речовини для вимивання цінних металів із попередньо оброблених катодних активних матеріалів у розчин. Після чого цінні метали виділяють з розчинів за допомогою осадження та екстракції.

Гідрометалургійне відновлення включає два основні процеси, а саме: очищення та вилуговування (переведення у розчин, як правило водний, одного або декількох компонентів твердого матеріалу). Рішення між загальними методами вилуговування, такими як вилуговування кислотою або лугом, залежить від фізичних і хімічних властивостей цільових металів. Кислотне вилуговування використовує неорганічні агенти, такі як соляна кислота (HCl), H_2SO_4 , азотна кислота (HNO_3) і фосфорна кислота (H_3PO_4). Протікання гідрометалургійного процесу можна побачити на рис. 2 [4].

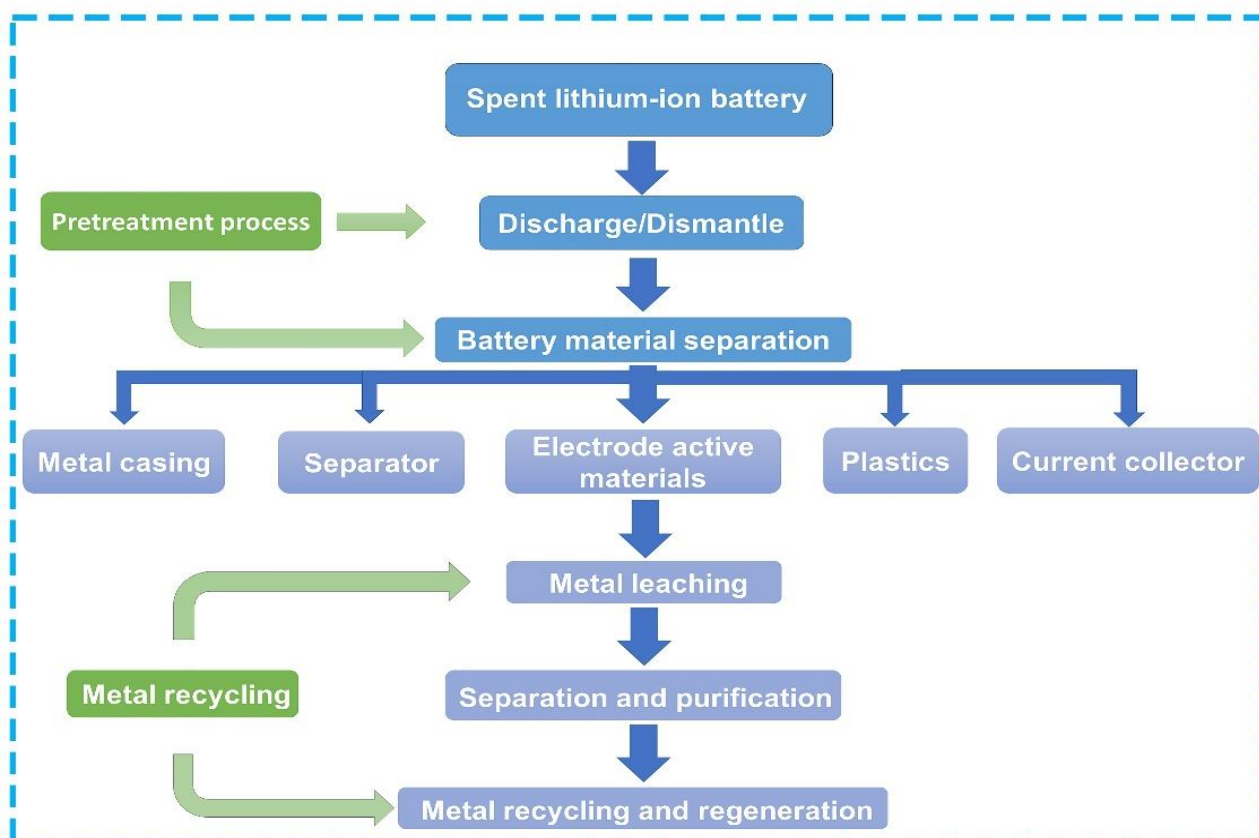


Рисунок 2 – Блок-схема гідрометалургійного процесу відпрацьованих LIB (літій – іонних батарей)

Висновок: Порівнявши дані технології переробки відпрацьованих літій - іонних акумуляторів можна побачити що кожний метод має свої переваги та недоліки. Пірометалургія може відновлювати одночасно велику кількість металів, але для цього потрібна велика кількість енергії, також даний метод не може відновлювати літій на відміну від гідрометалургійного методу. Гідрометалургія є економічно вигіднішою, оскільки, для своїх процесів використовує меншу кількість енергії та може відновлювати ті метали, які неможливо відновити за допомогою пірометалургії (враховуючи літій).

Перелік посилань

1. Відновлювані джерела енергії / За заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.ive.org.ua/wp-content/uploads/Monografia_final_21.12.2020.pdf
2. Перетворення та акумулювання енергії відновлюваних джерел: Курс лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. І. Будько., М. О. Будько, О. В. Козачук – Електронні текстові дані (1 файл: 3,72 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 150 с.
3. Electrochemical technology to drive spent lithium-ion batteries (LIBs) recycling: recent progress, and prospects. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.oaepublish.com/articles/energymater.2024.29>
4. Recycling of spent lithium-ion batteries for a sustainable future: recent advancements. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2024/cs/d3cs00898c>