



Journal of Mining and Earth Sciences

Website: <http://jmes.humg.edu.vn>



An overview of lithium recycling methods from battery wastes



Thuat Tien Phung *, Duoc Van Tran

Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO

Article history:
Received 11th Feb. 2021
Revised 16th May 2021
Accepted 13th June 2021

Keywords:

Battery recycling,
Lithium battery,
Lithium waste battery,
Recovery Co-Li,
Recycling.

ABSTRACT

Due to the rapid development of technology and the increasing demand for energy and energy storage of electronic devices, billions of lithium batteries are produced every year. Due to the dominant capacity of storage as and super safety, lithium batteries are gradually replacing conventional batteries and otherelectrochemical batteries. Therefore, collecting and handling the used batteries should be the central concern due to their tremendous impact on the environment. This paper presents lithium recycling methods which are being studied and deployed for recovery of valuable metals from lithium battery wastes. Further directions and headings towards the researches for assessing of their application in the future are also proposed.

Copyright © 2021 Hanoi University of Mining and Geology. All rights reserved.

**Corresponding author*

E - mail: phungtienthuat@humg.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.2021.62(3b).10



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <http://tapchi.humg.edu.vn>

Tổng quan về các phương pháp tái chế pin thải Liti

Phùng Tiến Thuật *, Trần Văn Đượ

Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

Quá trình:

Nhận bài 11/02/2021

Sửa xong 16/5/2021

Chap nhận đăng 13/6/2021

Từ khóa:

Pin thải,

Phương pháp tái chế,

Tái chế pin Li-ion,

Thu hồi Li và Co.

TÓM TẮT

Hiện nay, nhu cầu về năng lượng và lưu trữ năng lượng trong các thiết bị điện tử ngày càng cao, hàng tỷ pin sạc Liti đang được tạo ra mỗi năm. Với ưu điểm về khả năng lưu trữ cũng như sự an toàn, pin Liti đang dần thay thế pin ắc quy và các loại pin điện hóa khác. Cũng bởi thế mà vấn đề thu gom, xử lý các loại pin thải này đang được quan tâm đặc biệt bởi sự ảnh hưởng của nó tới môi trường là rất nghiêm trọng. Bài báo trình bày một số phương pháp đang được nghiên cứu hoặc sử dụng để thu hồi các kim loại giá trị trong pin thải Liti. Từ đó hướng tới các nghiên cứu đánh giá việc áp dụng trong tương lai.

© 2021 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

1. Mở đầu

Pin Liti (LIB) đã xuất hiện trên thị trường vào những năm 70 của thế kỷ trước, được sản xuất cho các ứng dụng đặc biệt với quy mô tương đối nhỏ. Tuy nhiên, với ưu điểm là dung lượng lớn, công suất lớn, độ an toàn cao, tuổi thọ cao, khiến loại pin này đóng vai trò quan trọng trong thế giới điện hóa cao hiện nay và sẽ tiếp tục dẫn đầu các đổi mới pin trong tương lai. Hiện nay, đã có hàng triệu phương tiện được trang bị hoặc chạy trực tiếp bằng LIB. Việc sử dụng LIB ngày càng tăng nhanh trên các phương tiện giao thông sẽ tạo ra một lượng lớn LIB đã sử dụng trong khoảng thời gian khá dài (8÷10 năm) (Pusztai và nnk., 2019; Mengyuan Chen và nnk., 2019).

Báo cáo của Ngân hàng Đầu tư Morgan Stanley vào tháng 6 năm 2017 đã cho rằng sẽ phải có một dự án quy mô lớn về việc tái chế liti diễn ra trong thập kỷ tới và lo sợ rằng sẽ không có đủ công suất để tái chế pin (Pusztai và nnk., 2019).

Theo báo cáo của IEA năm 2020 thì nhu cầu nguyên liệu ước tính cho pin của các loại xe điện được bán trong năm 2019 là khoảng 19.000 tấn đối với coban, 17.000 tấn đối với liti, 22.000 tấn đối với mangan và 65.000 tấn đối với niken. Đối với nhu cầu pin trong các kế hoạch chính sách đã công bố, nhu cầu coban tăng lên khoảng 180.000 tấn/năm vào năm 2030, liti lên khoảng 185.000 tấn/năm, mangan lên 177.000 tấn/năm và niken loại I lên 925.000 tấn/năm. Trong kịch bản phát triển bền vững, việc tiêu thụ xe điện cao hơn dẫn đến nhu cầu được dự đoán năm 2030 cao hơn gấp đôi so với kịch bản đã định trước đó. Đây cũng chính là nguyên nhân khiến cho giá các kim loại như Co, Ni, Cu, Li, Mn,... ngày một tăng (IEA, 2020).

*Tác giả liên hệ

E - mail: phungtienthuat@humg.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.2021.62(3b).10

Ước tính từ năm 2015 đến năm 2040, có khoảng 0,33÷4 triệu tấn pin li-ti được sản xuất để phục vụ nhu cầu năng lượng (Kirti Richa và nnk., 2014). Nhu cầu nguyên liệu sản xuất pin ngày càng tăng, số lượng pin điện hóa và các thiết bị điện tử sử dụng pin điện hóa ngày càng phổ biến. Điều này đặt ra một thách thức lớn trong việc thu gom và xử lý pin thải nhằm bảo vệ môi trường và tái chế các kim loại có ích.

Theo Pusztai và nnk. (2019), có thể thu hồi được 100% li-ti từ pin thải li-ti, ngoài ra còn có thể tái chế được các kim loại: nhôm, đồng, coban và sắt, trong quá trình tái chế pin thải. Do đó, việc thu gom xử lý không chỉ góp phần bảo vệ môi trường mà còn tận thu được kim loại và tạo điều kiện cho ngành công nghiệp pin phát triển.

2. Cấu trúc và thành phần của pin Lithium

Pin Li-ion hay pin lithi-ion/ pin lithium-ion, có khi viết tắt là LIB, là một loại pin sạc. Trong quá trình sạc, các ion Li chuyển động từ cực dương sang cực âm và ngược lại trong quá trình xả (quá trình sử dụng). LIB thường sử dụng điện cực là các hợp chất mà cấu trúc tinh thể của chúng có dạng lớp (layered structure compounds), khi đó trong quá trình sạc và xả, các ion Li sẽ xâm nhập và điền đầy khoảng trống giữa các lớp này, nhờ đó phản ứng hóa học xảy ra. Các vật liệu điện cực có cấu trúc tinh thể dạng lớp thường gặp dùng cho catot là các hợp chất ô-xít kim loại chuyển tiếp và Li, như: LiCoO_2 , LiMnO_2 ,... dùng cho điện cực âm là graphite. Dung dịch điện ly của pin cho phép các ion Li chuyển dịch từ cực nọ sang cực kia nghĩa là có khả năng dẫn ion Li, tuy nhiên, yêu cầu là dung dịch này không được dẫn điện (Pusztai và nnk., 2019; Mengyuan Chen và nnk., 2019; https://vi.wikipedia.org/wiki/Pin_Li-ion).

Pin Li-ti-ion bao gồm bốn thành phần:

- Catot: oxit kim loại li-ti (điện cực) thường từ LiCoO_2 và LiMnO_4 , LiFePO_4 (Bảng 1).

- Anot: thường dùng là graphite và các vật liệu cacbon khác hoặc một số hợp chất polyme (Bảng 2).

- Dải phân cách, ngăn cách hai cực.

- Chất lỏng, khan (dung dịch hữu cơ) cho phép các ion Li chuyển dịch từ cực nọ sang cực kia trong quá trình xả, sạc điện.

Bảng 1. Một số vật liệu sử dụng làm điện cực Catot trong pin Li-ti.

Hợp chất	Ứng dụng
Liti Niken Mangan Coban Oxit (NMC, $\text{LiNi}_x\text{Mn}_y\text{Co}_z\text{O}_2$)	Xe điện, dụng cụ điện.
Liti Mangan Oxit (LMO, LiMn_2O_4)	Xe điện hybrid, điện thoại, laptop.
Liti Sắt Phosphate ("LFP", LiFePO_4)	Dụng cụ điện, sản phẩm hàng không.
Liti Coban Oxit (LiCoO_2)	Đa dạng.
Liti Niken Coban Nhôm Oxit ("NCA", LiNiCoAlO_2)	Xe điện.

Bảng 2. Một số vật liệu sử dụng làm điện cực Anot.

Hợp chất	Ứng dụng
Graphite	Là vật liệu chính cho cực âm trong hầu hết các LIB
Liti Titanate ("LTO", $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$)	Ô tô (Phoenix Motorcars), điện lưới dự trữ, xe bus (Proterra)
Cacbon	Dụng cụ điện gia đình
Hợp kim thiếc coban (CoSn_x)	Dụng cụ điện (Sony Nexelion battery)
Silicon/Cacbon	Smart phones, với công suất 5.000 mAh

3. Các phương pháp tái chế pin thải li-ti

Để thu hồi kim loại từ pin thải, thường phải tiến hành theo 2 bước:

Bước 1: là quá trình đập, nghiền sau đó dùng các quá trình sàng, tuyển để tách thô các tạp chất.

Bước 2: dùng các phương pháp luyện kim để triết tách thu hồi kim loại hoặc hợp chất ở dạng sạch. Đây là bước quan trọng quyết định khả năng thu hồi các kim loại có giá trị trong pin thải.

Phương pháp luyện kim để thu hồi kim loại từ pin thải theo 3 hướng: hỏa luyện, thủy luyện hoặc kết hợp hỏa luyện với thủy luyện.

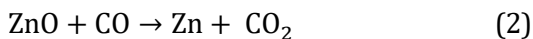
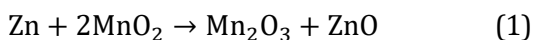
3.1. Phương pháp hỏa luyện

Phương pháp này được đặc trưng bởi việc sử dụng nhiệt độ cao. Trong quá trình xử lý nhiệt đối với pin thải, một số phản ứng có thể xảy ra như

phân hủy các hợp chất, khử và bay hơi các kim loại hoặc hợp chất của kim loại.

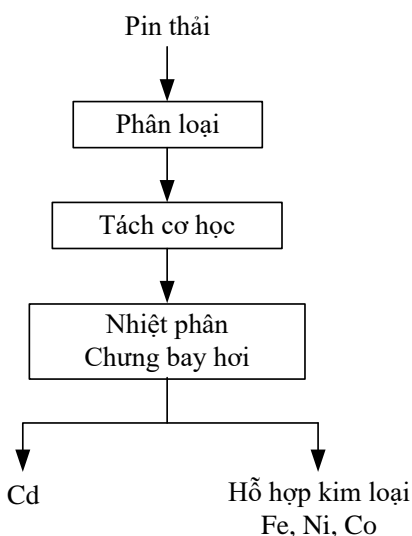
Phương pháp hỏa luyện được sử dụng để thu hồi các kim loại như Ni, Zn, Cd trong các loại pin kiềm hay pin kẽm (Zn-C), pin niken (NiCd).

Đối với các loại pin kiềm hay Zn-C chứa kẽm, quá trình nhiệt ban đầu là khử Hg ở nhiệt độ 450÷600°C, tiếp đó là quá trình nung khử ở nhiệt độ cao hơn nhiệt độ sôi của kẽm (>907°C). Quá trình thu hồi kẽm ban đầu là phản ứng của kẽm kim loại với oxit mangan, tiếp đến ZnO tạo thành lại được hoàn nguyên với chất khử (có thể là cacbon sẵn có trong pin) ở nhiệt độ cao và tạo thành hơi kẽm. Hơi kẽm sau đó được ngưng tụ để thu hồi trong các buồng kín. Các phản ứng hóa học xảy ra như sau:

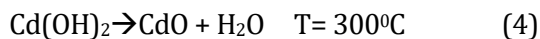


Pin NiCd cũng có thể được sử dụng tái chế theo phương pháp hỏa luyện dựa trên quá trình chung cất Cd (Hình 1) (Mengyuan Chen và nnk., 2019; Espinosa và nnk., 2004).

Trong quá trình gia nhiệt, sau khi nước bay hơi, sự phân hủy của Cd(OH)₂ và Ni(OH)₂ diễn ra như sau: (Mengyuan Chen và nnk., 2019; Alexandru Sonoca và nnk., 2015; Espinosa và nnk., 2004).



Hình 1. Quy trình hỏa luyện thu hồi kim loại từ pin NiCd (Mengyuan Chen và nnk., 2019; Espinosa và nnk., 2004).

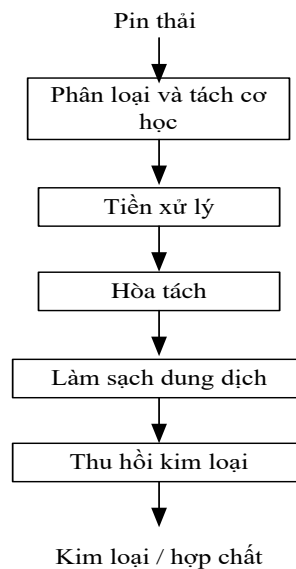


Quá trình tái chế nếu không sử dụng chất khử, thì phải tạo được áp suất chân không cho hệ thống vào khoảng 10⁻⁴ bar để cho phép phân hủy CdO ở 850÷900°C tạo ra hơi Cd. Nếu quá trình được thực hiện với sự trợ giúp của chất khử (thường là cacbon), thì quá trình khử các oxit của niken và cadimi có thể xảy ra ở nhiệt độ tương đối thấp. Điểm sôi của kim loại Cd là 767°C, vì vậy trên nhiệt độ này Cd được tạo ra trực tiếp thành dạng hơi.

Đối với pin liti, phương pháp hỏa luyện thường thực hiện ở nhiệt độ trên 1.000°C. Mặc dù tốc độ phản ứng nhanh, công suất lớn, tuy nhiên tiêu hao năng lượng lớn và liti nằm trong xỉ sẽ khó thu hồi (Lv và nnk., 2018; Georgi-Maschler và nnk., 2012). Do đó, với loại pin này phương pháp tái chế phổ biến là thủy luyện hoặc thủy luyện kết hợp với hỏa luyện.

3.2. Phương pháp thủy luyện

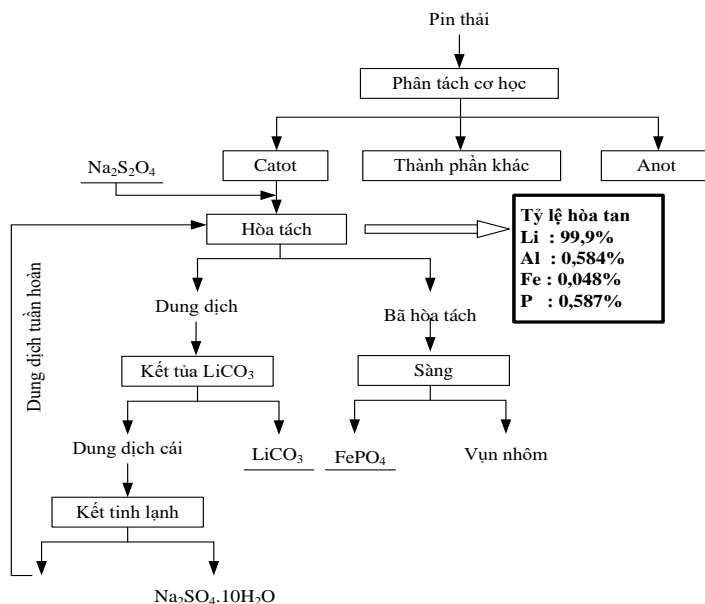
Phương pháp thủy luyện dựa trên khả năng hòa tan của các kim loại trong các dung môi khác nhau. Hình 2 thể hiện các bước công nghệ theo phương pháp thủy luyện để thu hồi các kim loại từ



Hình 2. Sơ đồ mô tả các bước chính trong quy trình thủy luyện tái chế pin (Jingjing và nnk., 2020; Mengyuan và nnk., 2019).

pin thải và Hình 3 là ví dụ về sơ đồ thủy luyện sử dụng Natri pesunphat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) để thu hồi اللي từ pin اللي photphat (LiFePO_4) (Mario Pagliaro và Francesco Meneguzzo, 2019).

Các bước của quy trình này được thực hiện như sau: đầu tiên, các bộ phận của pin phải được tách riêng về mặt vật lý, sau đó tách cực dương và cực âm; bước tiếp theo, hòa tan kim loại từ cực âm



Hình 3. Sơ đồ công nghệ thu hồi Li từ pin LiFePO_4 sử dụng $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ (Mario Pagliaro và Francesco Meneguzzo, 2019).

Bảng 3. Một số chất khử và dung môi được sử dụng trong phương pháp thủy luyện (Li và nnk, 2012; Mengyuan và nnk, 2019; Jingjing và nnk, 2020).

TT	Chất khử	Dung môi hòa tách	Điều kiện	Hiệu suất hòa tách	
				Li (%)	Co (%)
1	Ascorbic acid	H_2SO_4	75°C, 60 min	99%	70%
		Oxalic acid	80°C, 120 min	98%	68%
		Citric acid	80°C, 360 min	99,9%	80%
		Malic acid	90°C, 30 min	99,9%	90%
		Iminodiacetic acid	80°C, 360 min	99%	91%
2	H_2O_2	HCl	80°C, 120 min	97%	99%
		HNO_3	80°C, 60 min	99,9%	99,9%
		DL-malic acid	80°C, 40 min	94%	93%
		H_2SO_4	75°C, 10 min	99%	99%
		Citric acid	80°C, 90 min	99%	95%
		H_3PO_4	80°C, 120min	99%	90%
3	HCl	HCl	80°C, 120 min	99%	97%
4	H_2SO_4	H_2SO_4	95°C, 240 min	93%	66%
5	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$	H_2SO_4	20°C, 45 min	-	96%
6	Glucose	H_2SO_4	95°C, 120 min	96%	98%
		Citric acid	80°C, 120 min	99%	92%
7	Tea wast	Citric acid	90°C, 120 min	98%	96%
8	Ethanol	H_2SO_4	90°C, 90 min	99%	99%

bằng việc sử dụng dung môi phù hợp; cuối cùng là thực hiện kết tinh, kết tủa để thu hồi kim loại. Bảng 3 thể hiện một số loại dung môi và chất khử được sử dụng, cũng như hiệu suất hòa tách đối với liti và coban trong pin thải.

Phương pháp thủy luyện hiện nay đang được nghiên cứu và ứng dụng nhiều do hiệu suất thu hồi cao (lên tới 99%), tính chọn lọc tốt. Tuy nhiên, nhược điểm của phương pháp này là việc sử dụng một số dung môi axit sẽ gây ảnh hưởng tới môi trường sau tái chế (Pusztai và nnk., 2019; Li và nnk., 2012; Jha và nnk., 2013).

3.3. Kết hợp hóa luyện và thủy luyện

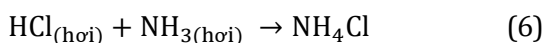
Gần đây, các nhà khoa học trên thế giới đang hướng tới những nghiên cứu thân thiện với môi trường hơn trong khi vẫn đảm bảo tỷ lệ thu hồi các kim loại liti và coban từ pin thải bằng việc kết hợp quá trình nung khử ở nhiệt độ cao và hòa tách trong nước. Điển hình hiện nay là quá trình nung khử trong muối amoni ở nhiệt độ khoảng 300÷400°C để tạo muối clorua của liti và coban. Các muối này sau đó được hòa tan vào nước. Cuối công đoạn, Co sẽ được kết tủa dạng $\text{Co}(\text{OH})_2$ bằng việc cho thêm NaOH và liti kết tủa dạng Li_2CO_3 bằng việc cho thêm Na_2CO_3 vào dung dịch (Hình 4) (Fan và nnk., 2019; Zhang và nnk., 2019).

Phương pháp này đang được nghiên cứu bởi nhiều nhà khoa học bởi muối clorua thân thiện với môi trường hơn so với việc sử dụng axit. Hơn nữa muối clorua có ưu điểm (Fan và nnk., 2019; Zhang và nnk., 2019):

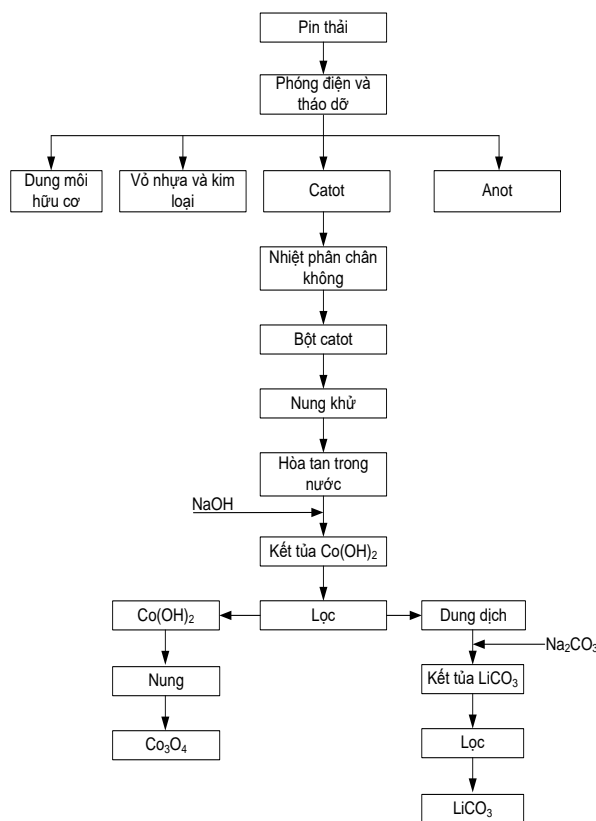
- Clo có hoạt tính cao, tốc độ phản ứng nhanh;
- Điểm nóng chảy và điểm sôi thấp;
- Sản phẩm phản ứng dễ dàng xử lý và thu hồi.

Trong quá trình nung khử, sự phân ly và sự hình thành các sản phẩm của các phản ứng hóa học xảy ra theo 3 giai đoạn (Fan và nnk., 2019; Zhang và nnk., 2019).

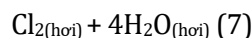
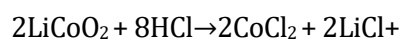
Giai đoạn 1: xảy ra phản ứng phân ly của muối NH_4Cl tạo ra HCl và NH_3 ở dạng hơi.



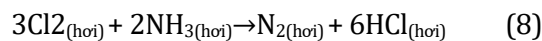
Giai đoạn 2: Tương tác của LiCoO_2 với HCl vừa hình thành từ giai đoạn 1 để tạo ra CoCl_2 và LiCl. Cl_2 và H_2O cũng được hình thành trong giai đoạn này và ở trạng thái hơi.



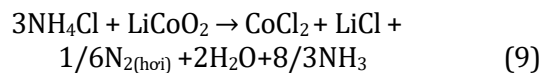
Hình 4. Quy trình công nghệ thu hồi Li, Co bằng quá trình nung khử trong NH_4Cl kết hợp hòa tách kết tủa (Zhang và nnk., 2019; Yiqi và nnk., 2020).



Giai đoạn 3: Tái tạo HCl từ các sản phẩm của giai đoạn 1 và 2.



Phản ứng tổng:



Ngoài sử dụng muối amoni clorua, có thể sử dụng muối amoni sunphat với quy trình tương tự (Zhang và nnk., 2019; Yiqi và nnk., 2020).

4. Thực trạng và định hướng công nghệ tái chế pin thải liti tại Việt Nam

Theo thông tin đăng tải trên trang báo điện tử Tài Nguyên và Môi trường của Bộ Tài nguyên và Môi trường tháng 12 năm 2020, mỗi người dân

Việt Nam thải ra trung bình 1,3 kg chất thải điện tử mỗi năm. Việc thu gom rác thải điện tử cũng được thực hiện qua các nguồn không chính thức, chủ yếu là những người thu mua đồng nát, các cơ sở thu gom tự phát. Rác thải điện tử, sau đó được đưa về các làng nghề để tái chế như: Tề Lỗ (Vĩnh Phúc), Đan, Bù Dâu, Dị Sử (Hưng Yên) hoặc Tràng Minh (Hải Phòng)... Tại các làng nghề này, các hoạt động tái chế thực ra chỉ mới là sơ chế, chủ yếu là tháo dỡ, phân loại (tách nhựa, đồng, nhôm,... thủ công). Việc tái chế không đúng quy cách (đặc biệt đối với các pin điện hóa đang được sử dụng cho điện thoại thông minh, máy tính bảng,...) là mối họa lớn khi các chất độc hại và kim loại nặng bị rò rỉ ra môi trường.

Nhận biết sớm được vấn đề nghiêm trọng từ rác thải điện tử, đặc biệt là pin điện hóa, từ năm 2015, Thủ tướng Chính phủ đã có Quyết định số 16/2015/QĐ-TTg quy định về thu hồi, xử lý sản phẩm thải bỏ. Trên cơ sở đó, Bộ TN&MT cũng đã ban hành Thông tư số 34/2017/TT-BTNMT hướng dẫn về việc thực hiện vấn đề này.

Hiện nay, tại nhiều nơi trên cả nước đã và đang đẩy mạnh thực hiện mô hình thu gom pin thải, rác thải điện tử; đồng thời vận động nhân dân không vứt pin điện hóa lẫn với rác thải thông thường. Điển hình là chương trình “Việt Nam tái chế”, đây là chương trình thu hồi, xử lý, tái chế rác thải điện tử miễn phí do các nhà sản xuất thiết bị điện tử khởi xướng nhằm tuân thủ Quyết định số 16 nêu trên của Thủ tướng Chính phủ nhằm bảo vệ môi trường (<https://www.vietnamrecycles.com>).

Về vấn đề điện thoại di động, trên trang tin tức VTV News của Đài truyền hình Việt Nam cho biết, tại Việt Nam, tỷ lệ sử dụng điện thoại di động chiếm đến 70% dân số, trong đó, tỷ lệ người sử dụng điện thoại thông minh chiếm hơn 45%, xếp hạng thứ 15 trên thế giới.

Các số liệu về thực trạng hiện nay cho thấy, một khối lượng lớn pin điện hóa sẽ được thải bỏ trong vài năm tới. Do vậy, việc định hướng thu gom và nghiên cứu ứng dụng công nghệ tái chế phù hợp là vô cùng cấp bách đối với Việt Nam.

Hiện tại, chưa có công trình nghiên cứu cụ thể nào đánh giá về sự phù hợp của các phương pháp tái chế cho điều kiện của Việt Nam. Tuy nhiên, từ những đánh giá trên cho thấy, phương pháp thủy luyện ít tiêu hao năng lượng hơn, quy mô đầu tư cũng linh động hơn. Phương pháp này cũng đang

được ứng dụng ở nhiều nơi trên thế giới để thu hồi liti và các kim loại khác từ pin thải liti. Do vậy, trước mắt có thể nghiên cứu các quy trình thủy luyện để áp dụng với điều kiện hiện tại của nước ta. Nhưng cũng cần có những xem xét cụ thể về việc lựa chọn dung môi hòa tách phù hợp nhằm đảm bảo về khả năng thu hồi kim loại, cũng như những vấn đề ô nhiễm môi trường sẽ gây ra.

Phương pháp kết hợp quá trình nung khử trong muối amoni sau đó hòa tách trong môi trường nước đang là hướng nghiên cứu được đánh giá là thân thiện với môi trường. Đây cũng là hướng nên đầu tư nghiên cứu nhằm đáp ứng những yêu cầu có thể thay đổi trong tương lai.

Ở Việt Nam chưa có nhiều công trình nghiên cứu sâu về tái chế pin thải liti. Nguyên nhân không chỉ do chi phí nghiên cứu lớn, mà còn do chưa được trang bị đủ các thiết bị phù hợp, đáp ứng được các yêu cầu cho các nghiên cứu thử nghiệm. Do đó, để lựa chọn được phương pháp tái chế phù hợp, an toàn và thân thiện môi trường, cần thiết phải có sự đầu tư đồng bộ hệ thống các thiết bị hiện đại, trên các quy mô khác nhau, nhằm đáp ứng kịp thời và chính xác cho các nghiên cứu. Từ đó có đủ cơ sở dữ liệu để so sánh, đánh giá, và sau cùng là lựa chọn được phương án phù hợp nhất với từng loại pin được tái chế. Vấn đề môi trường cũng cần được xem xét kỹ trong các nghiên cứu này.

5. Kết luận

Thực tế hiện nay cho thấy, nhu cầu về năng lượng và dự trữ năng lượng ngày càng tăng và việc nghiên cứu áp dụng các công nghệ tái chế pin thải là vô cùng cần thiết. Đặc biệt đối với pin liti, loại pin đang được sử dụng nhiều nhất hiện nay cho các thiết bị điện tử.

Việc tái chế pin có thể được thực hiện theo phương pháp hỏa luyện, thủy luyện hoặc kết hợp hỏa luyện với thủy luyện. Phương pháp hỏa luyện thường thực hiện ở nhiệt độ cao, tốc độ phản ứng nhanh, công suất lớn, tuy nhiên tiêu hao năng lượng lớn và liti nằm trong xỉ sẽ khó thu hồi, do đó chủ yếu được áp dụng đối với một số pin kiềm hay pin kềm, pin niken (NiCd).

Phương pháp thủy luyện hiện nay đang được nghiên cứu và áp dụng nhiều trong thực tế do hiệu suất thu hồi cao, tính chọn lọc tốt. Tuy nhiên, việc

sử dụng axit sẽ gây ảnh hưởng tới môi trường sau tái chế.

Phương pháp thiêu kết - hòa tách: nung khử để tạo muối hòa tan của kim loại sau đó hòa tách trong nước đang là hướng mới triển vọng thân thiện môi trường, được nhiều nhà khoa học nghiên cứu. Tuy nhiên, phương hướng này vẫn chỉ đang được thực hiện trong các phòng thí nghiệm.

Ở Việt Nam, vấn đề tái chế pin thải li-ti là vô cùng cần thiết khi mà loại pin này đang xuất hiện trong rất nhiều thiết bị điện tử và phương tiện giao thông với số lượng lớn. Đánh giá các quy trình công nghệ đang được sử dụng trên thế giới thì thủy luyện được coi là ít tiêu tốn năng lượng và phù hợp hơn cả với điều kiện của nước ta hiện nay.

Một vấn đề quan trọng khác để tăng tính hiệu quả và kinh tế cho việc tái chế pin ở Việt Nam là việc phân loại cần được thực hiện tốt khi thu gom. Cũng cần phải có những đầu tư nhất định cho những nghiên cứu thử nghiệm từ quy mô phòng thí nghiệm cho đến việc triển khai thực tế.

Những đóng góp của tác giả

Tác giả Phùng Tiến Thuật hình thành ý tưởng bài báo, lên bản soạn, đọc và chỉnh sửa bản thảo cuối cùng của bài báo; Trần Văn Được thu thập tài liệu và phân tích các số liệu liên quan.

Tài liệu tham khảo

Alexandru Sonoca, Jack Jeswieta, Vi Kie Soob, (2015). Opportunities to Improve Recycling of Automotive Lithium Ion Batteries. *Procedia CIRP*, Vol. 29. 2015. DOI: 10.1016/j.procir.2015.02.039.

Espinosa, D.C.R.; Tenório, J.A.S, (2004). Fundamental aspects of recycling of nickel-cadmium batteries through vacuum distillation. *Journal of Power Sources*, 135, 320–326, 2004.

Fan E., Li L., Lin J., Wu J., Yang J., Wu F., Chen R., (2019). Low Temperature Molten-Salt-Assisted Recovery of Valuable Metals from Spent Lithium-Ion Batteries. *ACS Sustainable Chem. Eng.* 2019, 7 (19), 16144-16150.

Georgi-Maschler T., Friedrich B., Weyhe R., Heegn H., Rutz M., (2012). Development of a recycling process for Li-ion batteries. *J. Power Sources* 2012, 207, 173-182.

IEA, (2020). *Global EV Outlook 2020*, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020>.

Jha M. K., Kumari A., Jha A. K., Kumar V., Hait J., Pandey B. D., (2013). Recovery of lithium and cobalt from waste lithium ion batteries of mobile phone. *Waste Manage*, 33 (9), 1890-1897.

Kirti Richa, Callie W. Babbitt, Gabrielle Gaustad, Xue Wang, (2014), A future perspective on lithium-ion battery waste flows from electric vehicles. *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 83, Pages 63-76

Lv, W.; Wang, Z.; Cao, H.; Sun, Y.; Zhang, Y.; Sun, Z (2018). A Critical Review and Analysis on the Recycling of Spent Lithium-Ion Batteries. *ACS Sustainable Chem. Eng.* 6 (2), 1504-1521

Li, L.; Lu, J.; Ren, Y.; Zhang, X. X.; Chen, R. J.; Wu, F.; Amine, K., (2012). Ascorbic-acid-assisted recovery of cobalt and lithium from spent Li-ion batteries. *J. Power Sources*, 218, 21-27.

Mario Pagliaro, Francesco Meneguzzo (2019). Lithium battery reusing and recycling: A circular economy insight. *Heliyon* 5 (2019), e01866.

Mengyuan Chen, Bin Chen, Xiaotu Ma, Yan Wang and et al., (2019). Recycling End-of-Life Electric Vehicle Lithium-Ion Batteries, *Joule* 2019, <https://doi.org/10.1016/j.joule.2019.09.014>.

Pusztai, Tamás & Szamosi, Zoltán, (2019). Recycling of Lithium Batteries. *MultiScience - XXXIII. microCAD International Multidisciplinary Scientific Conference University of Miskolc*, 23-24 May, 2019.

Jingjing Zhao, Beilei Zhang, Hongwei Xie, Jiakang Qu, Xin Qu, Pengfei Xing, Huayi Yin., (2020). Hydrometallurgical recovery of spent cobalt-based lithium-ion battery cathodes using ethanol as the reducing agent. *Environ. Res.* 2020, 181, 108803-108812.

Zhang, B.; Xie, H.; Lu, B.; Chen, X.; Xing, P.; Qu, J.; Song, Q.; Yin, H., (2019). A Green Electrochemical Process to Recover Co and Li from Spent LiCoO₂-Based Batteries in Molten Salts. *ACS Sustainable Chem. Eng.* 7 (15), 13391-13399.

Yiqi Tang, Beilei Zhang, Hongwei Xie, Xin Qu, Pengfei Xing, Huayi Yin, (2020). Recovery and regeneration of lithium cobalt oxide from spent lithium-ion batteries through a low-temperature ammonium sulfate roasting approach. *Journal of Power Sources*, 474 (2020) 228596.

Quyết định số 16/2015/QĐ-TTg, ngày 22 tháng 5 năm 2015 của Thủ tướng Chính phủ, quy định về thu hồi, xử lý sản phẩm thải bỏ.

Thông tư số 34/2017/TT-BTNMT ngày 04 tháng 10 năm 2017 của Bộ Tài nguyên và Môi trường.

<https://www.vietnamrecycles.com>

<https://baotainguyenmoitruong.vn/thu-hoi-pin-va-rac-thai-dien-tu-can-che-tai-manh-hon-317790.html>

<https://vtv.vn/cong-nghe/thi-truong-dien-thoai-va-ung-dung-viet-nam-6-thang-dau-nam-2020-co-gi-noi-bat-20201026202145475.htm>

https://vi.wikipedia.org/wiki/Pin_Li-ion