

# NGHIÊN CỨU THU HỒI KẼM TỪ BẢN MẠCH ĐIỆN TỬ PHẾ THẢI SỬ DỤNG EDTA

STUDY ON THE ATTRACTIVE STUDY FROM WASTE ELECTRONIC COPY OF USING EDTA

Hoàng Thị Thanh Thúy<sup>1</sup>, Khổng Thị Lan Anh<sup>1</sup>,  
Nguyễn Hòa Thái<sup>1</sup>, Nguyễn Trung Hiếu<sup>1,\*</sup>, Nguyễn Thị Thoa<sup>2</sup>

## TÓM TẮT

Bản mạch là một bộ phận thiết yếu trong thiết bị điện, điện tử có chứa lượng lớn kim loại có giá trị. Kẽm là kim loại chiếm tỉ lệ khá lớn trong tổng số kim loại có trong bản mạch, theo ước tính chứa khoảng 3% kẽm và nhiều kim loại có giá trị khác. Mẫu (bản mạch điện tử phế thải) sau khi xử lý, gia công được nghiền nhỏ ( $\leq 0,5\text{mm}$ ), mẫu được cho thêm tác chất (EDTA, nước cất,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , dung dịch đệm amoni) sau đó được đem đi phá mẫu với tốc độ 200 vòng/phút, nhiệt độ phòng và thời gian phá mẫu là 4h. Sau khi kết thúc thời gian phá mẫu, lọc mẫu bằng bộ lọc chân không thu được dịch lọc rồi định mức thành 100ml. Định lượng Zn trong mẫu bằng phương pháp chuẩn độ kết tủa, hút 50ml của dung dịch sau định mức cho thêm NaOH đến xuất hiện kết tủa trong môi trường pH = 12 rồi đem đi lọc bỏ một phần kết tủa, dung dịch lọc tiếp tục cho thêm  $\text{NH}_3$  đến khi xuất hiện kết tủa sau đó tiếp tục lọc được dung dịch sau lọc và kết tủa. Phần dung dịch sau lọc được định mức đến 250ml rồi đem đi định lượng kẽm, phần kết tủa còn lại hòa tan bằng  $\text{H}_2\text{SO}_4$  thu được  $\text{ZnSO}_4$  rồi đem định mức đến 100ml sau đó đem đi định lượng Kẽm.

**Từ khóa:** Thu hồi kẽm, hòa tách kẽm.

## ABSTRACT

A circuit board is an essential component of electrical and electronic equipment that contains large quantities of valuable metal. Zinc is a metal that accounts for a large proportion of the total amount of metal in the circuit board, which is estimated to contain about 3% of zinc and many other valuable metals. After being processed, the sample is crushed ( $\leq 0.5\text{mm}$ ), the sample is added with an additive (EDTA, distilled water,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , ammonium buffer solution) and then taken Break samples at a rate of 200rpm, room temperature and time for breaking samples is 4 hours. After the end of the digestion time, filter the sample with a vacuum filter that has been filtered and then quantified to 100ml. Quantify Zn in the sample by precipitation titration, suck 50ml of the solution after adding NaOH to the precipitate that appears in the pH = 12 medium, and then filter the precipitate, filter solution continue adding  $\text{NH}_3$  until the precipitate appears then continue to filter the solution after filtration and precipitate. The filtered solution is rated up to 250ml and then quantified with zinc, the remaining precipitate dissolved with  $\text{H}_2\text{SO}_4$  is obtained by  $\text{ZnSO}_4$  and then rated to 100ml then removed by the zinc.

**Keywords:** Zinc recovery, zinc dissolution.

<sup>1</sup>Lớp CNH2 - K12, Khoa Công nghệ Hóa, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

<sup>2</sup>Khoa Công nghệ Hóa, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

\*Email: nguyenhieu240799@gmail.com

## 1. GIỚI THIỆU

Sự phát triển vượt bậc về khoa học công nghệ đã mang đến cho con người nhiều tiện ích nhờ các thiết bị điện, điện

tử cùng với đó là sự gia tăng nhanh chóng của lượng chất thải từ các thiết bị điện, điện tử trong vài năm gần đây đang được các nhà Khoa học cũng như kinh tế trên thế giới quan tâm đặc biệt. Các thiết bị điện, điện tử là những vật dụng hữu ích phục vụ cuộc sống con người, nhưng khi thải bỏ lại là chất thải nguy hại cần phải có biện pháp xử lý đặc biệt. Ở Việt Nam, Bộ Tài nguyên và Môi trường đang được Thủ tướng giao soạn thảo quy định về trách nhiệm của các nhà sản xuất, nhập khẩu, phân phối và tiêu dùng phải thu gom, xử lý các thiết bị điện tử hỏng, hết hạn sử dụng.

Bản mạch là một bộ phận thiết yếu trong thiết bị điện, điện tử có chứa lượng lớn kim loại (gần 28% kim loại trong đó có những kim loại không chứa sắt như Cu, Al, Zn...) có giá trị. Theo ước tính chứa khoảng 3% kẽm và nhiều kim loại có giá trị khác. Điều đó cũng chỉ ra rằng, nếu thu hồi kim loại trong đó thì sẽ tiết kiệm được tài nguyên và có giá trị kinh tế. Ước tính khoảng 50.000 tấn bản mạch điện tử được sản xuất mỗi năm ở Anh và chỉ 15% được thu hồi, còn lại 85% được chôn lấp.

Kẽm là kim loại chiếm tỉ lệ khá lớn trong tổng số kim loại có trong bản mạch và ứng dụng nhiều trong đời sống. Do vậy, việc thu hồi Zn trong bản mạch thải bỏ không chỉ có ý nghĩa về mặt môi trường mà còn có giá trị kinh tế và bảo vệ tài nguyên.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Dụng cụ, hóa chất, thiết bị

- Cân phân tích 4 số (TE2145 - Trung Quốc)
- Máy khuấy từ
- Máy lắc
- Máy nghiền RH-600A (Nhật Bản)
- Cốc thủy tinh: 100ml, 250ml, 500ml, 1000ml.
- Pipet: 1ml, 5ml, 10ml.
- Buret
- Bình định mức: 100ml, 500ml, 1000ml
- Bình chứa hóa chất: 100ml, 500ml, 1000ml
- Bình tam giác
- EDTA tinh thể;
- $\text{H}_2\text{O}_2$  30%
- Đệm amoni pH = 8 - 10: Cân 4,57g  $\text{NH}_4\text{Cl}$  hòa tan 250ml nước cất và hút 40ml  $\text{NH}_4\text{OH}$  25%, định mức 500 ml.

- Chỉ thị diphenylamin 0,1%: cân 0,1g chỉ thị diphenylamin + 100ml dung dịch  $H_2SO_4$  đậm đặc.

- Dung dịch  $K_3[Fe(CN)_6]$  0,5N: Cân chính xác 16,4622g tinh thể  $K_3[Fe(CN)_6]$  hòa tan trong 50ml nước cất, định mức 100ml.

- Dung dịch  $H_2SO_4$  6N: Lấy chính xác 300ml dung dịch  $H_2SO_4$  đặc cho từ từ vào cốc 1 lit đã có sẵn 700ml nước cất.

- Dung dịch  $K_4[Fe(CN)_6]$  0,02N: Cân chính xác 3,6834g tinh thể  $K_4[Fe(CN)_6]$  hòa tan trong 250ml nước cất, định mức 500ml.

## 2.2. Phương pháp phân tích $Zn^{2+}$

Hàm lượng kẽm trong mẫu được xác định theo phương pháp thủy luyện: cân chính xác khoảng 2g mẫu bản mạch điện tử đã được nghiền vào bình nón chịu nhiệt loại 250ml, thêm tiếp nước cất; dung dịch  $H_2O_2$  đặc và dung dịch đệm amoni

- Sau đó đem thực hiện quá trình phá mẫu với các điều kiện khảo sát như nhiệt độ thời gian và tốc độ khuấy

- Sau khi kết thúc thời gian phá mẫu, lọc mẫu bằng bộ lọc chân không thu được dịch lọc rồi tiếp tục cho thêm NaOH đặc dư đến khi xuất hiện kết tủa và thấy kết tủa tan đi một phần, tiếp tục lọc bằng bộ lọc chân không thu lấy dịch lọc rồi định mức thành 100ml.

- Dùng pipet lấy chính xác 10ml dung dịch  $K_4[Fe(CN)_6]$  0,02N cho vào bình nón 250ml, thêm 3 - 4 giọt  $K_3[Fe(CN)_6]$ . Cho 5ml dung dịch  $H_2SO_4$  6N, 2 - 3 giọt dung dịch diphenylamin 0,1% vào bình. Cho thêm 1g muối  $NH_4Cl$  và thêm 20ml nước cất. Chuẩn độ hỗn hợp trong bình bằng dung dịch  $Zn^{2+}$  mẫu cho tới khi dung dịch chuyển sang màu xanh tím. Ghi thể tích mẫu đã dùng ( $V_{mẫu}$ ).

- Làm thí nghiệm 2 lần rồi lấy kết quả trung bình. Tính hàm lượng phần trăm của  $Zn^{2+}$  trong mẫu.

- Công thức tính:

$$\%Zn = \frac{(CV)_{K_4Fe[CN]_6} \cdot 0,065 \cdot V_{dm}}{2 \cdot V_{mẫu} \cdot m_{mẫu}} \cdot 100\%$$

Trong đó:

$m_{mẫu}$ : Khối lượng mẫu khảo sát (g)

$V_{dm}$ : Thể tích định mức sau khi phá mẫu (ml)

$V_{mẫu}$ : Tích mẫu dùng chuẩn độ dung dịch  $K_4Fe[CN]_6$  sau khi phá mẫu (ml)

$C_{K_4[Fe(CN)_6]} = 0,02N$

$V_{K_4[Fe(CN)_6]} = 10ml$

## 2.3. Phương pháp nghiên cứu điều kiện hòa tách Zn

Điều kiện hòa tách Zn được khảo sát bao gồm: nồng độ EDTA, thể tích  $H_2O_2$ , pH, tốc độ, nhiệt độ phản ứng và thời gian phản ứng.

Để khảo sát quy trình hòa tách mẫu, sử dụng mẫu sau khi nghiền với kích thước  $d < 0,5mm$ . Cân 2g mẫu, và tiến hành phá mẫu và thay đổi các tác nhân khác nhau để tìm ra các điều kiện hòa tách mẫu tốt nhất và tối ưu nhất.

### 2.3.1. Nghiên cứu ảnh hưởng của nồng độ EDTA

Cân 2g mẫu cho vào bình tam giác 250ml, sau đó cân EDTA lần lượt theo nồng độ trong 50ml nước, thêm 5ml dung dịch đệm amoni và 2,5ml  $H_2O_2$ .

Khối lượng EDTA lần lượt theo nồng độ:

Nồng độ cân pha (M)	0	0,01	0,025	0,05	0,1	0,25	0,5
Khối lượng cân (g)	0	0,1861	0,4653	0,9306	1,8612	4,653	9,306

Tiến hành phá mẫu với tốc độ lắc 200 vòng/ phút trong 2 giờ.

Sau khi kết thúc thời gian phá mẫu, lọc mẫu bằng bộ lọc chân không thu được dịch lọc. Thêm NaOH đặc dư đến khi xuất hiện kết tủa và thấy kết tủa tan đi một phần, tiếp tục lọc bằng bộ lọc chân không thu lấy dịch lọc rồi định mức thành 100ml. Xác định hàm lượng Zn trong dịch lọc bằng phương pháp chuẩn độ, từ đó xác định được nồng độ EDTA phá mẫu thích hợp. Nồng độ EDTA hòa tách tốt nhất là nồng độ EDTA sử dụng hòa tách lượng Zn cao nhất.

### 2.3.2. Nghiên cứu ảnh hưởng của thể tích $H_2O_2$

Cân 2g mẫu cho vào bình tam giác 250ml cố định  $C_{EDTA} = 0,1M$ , cân 1,8612g EDTA, thêm 5ml dung dịch đệm amoni, thêm lần lượt thể tích  $H_2O_2$ :

Bình	1	2	3	4	5
Thể tích $H_2O_2$ (ml)	0	1	3	5	7

Tiến hành phá mẫu với tốc độ lắc 200 vòng/phút trong thời gian 2 giờ.

Sau khi kết thúc thời gian phá mẫu, lọc mẫu bằng bộ lọc chân không thu được dịch lọc. Xác định hàm lượng Zn trong dịch lọc bằng phương pháp chuẩn độ, từ đó xác định được thể tích  $H_2O_2$  phá mẫu thích hợp. Thể tích  $H_2O_2$  hòa tách tốt nhất là thể tích  $H_2O_2$  sử dụng hòa tách lượng Zn cao nhất.

### 2.3.3. Nghiên cứu ảnh hưởng của PH

Cân 2g mẫu; cân 1,8612 EDTA cho vào bình tam giác 250ml, cố định nồng độ EDTA 0,1M, thêm 3ml  $H_2O_2$  và thêm vào 5ml dung dịch đệm khác nhau:

Bình	1	2	3
pH	5	7	9

Tiến hành phá mẫu với tốc độ lắc 200 vòng/phút trong thời gian 2 giờ.

Sau khi kết thúc thời gian phá mẫu, lọc mẫu bằng bộ lọc chân không thu được dịch lọc. Thêm NaOH đặc dư đến khi xuất hiện kết tủa và thấy kết tủa tan đi một phần, tiếp tục lọc bằng bộ lọc chân không thu lấy dịch lọc rồi định mức thành 100ml. Xác định hàm lượng Zn trong dịch lọc bằng phương pháp chuẩn độ, từ đó xác định được ảnh hưởng của pH thích hợp. Ảnh hưởng của pH hòa tách tốt nhất là sử dụng pH hòa tách lượng Zn cao nhất.

### 2.3.4. Nguyên cứu ảnh hưởng của tốc độ khuấy trộn

Cân 2g mẫu; cân 1,8612g EDTA cho vào bình tam giác 250ml, cố định nồng độ EDTA 0,1M, thêm 3ml  $H_2O_2$  và 5ml dung dịch đệm amoni.

Bình	1	2	3	4
Tốc độ (vòng/phút)	100	150	200	250

Tiến hành phá mẫu ở 4 bình với tốc độ lắc khác nhau trong thời gian 2 giờ.

Sau khi kết thúc thời gian phá mẫu, lọc mẫu bằng bộ lọc chân không thu được dịch lọc. Thêm NaOH đặc dư đến khi xuất hiện kết tủa và thấy kết tủa tan đi một phần, tiếp tục lọc bằng bộ lọc chân không thu lấy dịch lọc rồi định mức thành 100ml. Xác định hàm lượng Zn trong dịch lọc bằng phương pháp chuẩn độ, từ đó xác định được tốc độ khuấy trộn thích hợp. Tốc độ khuấy trộn hòa tách tốt nhất là tốc độ sử dụng hòa tách lượng Zn cao nhất.

**2.3.5. Nguyên cứu ảnh hưởng của thời gian phá mẫu**

Cân 2g mẫu; cân 1,8612g EDTA cho vào bình tam giác 250ml, cố định nồng độ EDTA 0,1M, thêm 3ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> và 3ml đệm amoni với nhiệt độ phòng, trong thời gian phá mẫu khác nhau lần lượt là:

Bình	1	2	3	4	5
Thời gian (giờ)	0,5	1	2	4	6

Tiến hành phá mẫu ở 4 bình với tốc độ khuấy trộn 200 vòng/phút.

Sau khi kết thúc thời gian phá mẫu tại những thời gian khác nhau, lọc mẫu bằng bộ lọc chân không thu được dịch lọc. Thêm NaOH đặc dư đến khi xuất hiện kết tủa và thấy kết tủa tan đi một phần, tiếp tục lọc bằng bộ lọc chân không thu lấy dịch lọc rồi định mức thành 100ml. Xác định hàm lượng Zn trong dịch lọc bằng phương pháp chuẩn độ, từ đó xác định được thời gian thích hợp. Thời gian hòa tách tốt nhất là thời gian sử dụng hòa tách lượng Zn cao nhất.

**2.3.6. Nguyên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ phá mẫu**

Cân 2g mẫu; cân 1,8612g EDTA cho vào bình tam giác 250ml, cố định nồng độ EDTA 0,1M, thêm 3ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> và 5 ml dung dịch đệm amoni với nhiệt độ thay đổi như sau:

Bình	1	2	3
Nhiệt độ(°C)	30	100	150

Tiến hành phá mẫu với tốc độ lắc 200 vòng/phút trong thời gian 2 giờ.

Sau khi kết thúc thời gian phá mẫu, lọc mẫu bằng bộ lọc chân không thu được dịch lọc. Thêm NaOH đặc dư đến khi xuất hiện kết tủa và thấy kết tủa tan đi một phần, tiếp tục lọc bằng bộ lọc chân không thu lấy dịch lọc rồi định mức thành 100ml. Xác định hàm lượng Zn trong dịch lọc bằng phương pháp chuẩn độ, từ đó xác định được nhiệt độ thích hợp. Nhiệt độ hòa tách tốt nhất là nhiệt độ sử dụng hòa tách lượng Zn cao nhất.

**2.4. Phương pháp thu hồi Zn từ dung dịch**

- Tiến hành hòa tách mẫu tại các điều kiện tối ưu đã chọn.

- Sau khi kết thúc thời gian phá mẫu, lọc mẫu bằng bộ lọc chân không thu được dịch lọc rồi định mức thành 500ml.

- Tiến hành định lượng kẽm bằng phương pháp chuẩn độ kết tủa để xác định hàm lượng phần trăm kẽm có trong mẫu.

Tiến hành thu hồi Zn dưới dạng Zn(OH)<sub>2</sub> từ đó xác định được hiệu suất thu hồi Zn. Quá trình thu hồi được thực hiện theo quy trình của nhóm tác giả Auchitya Verma, Subrata Hait [16] được thực hiện như sau:

- Lấy 50ml dịch lọc chuyển vào cốc 250ml, đặt lên trên máy khuấy từ.

+ Cho từ từ Ca(OH)<sub>2</sub> bão hòa vào cốc đến khi pH=12, lọc bỏ kết tủa thu lấy dịch lọc.

+ Thêm tiếp H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 6N vào phần dung dịch vừa thu được đến khi pH = 2 - 3, tiếp tục cho thêm NH<sub>3</sub> đặc đến pH = 5 thu được kết tủa Zn(OH)<sub>2</sub>.

+ Lọc lấy phần kết tủa, hòa tan kết tủa trên giấy lọc bằng H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> loãng, sau đó định mức thành 100ml.

+ Tiến hành chuẩn độ và ghi thể tích dung dịch mẫu cần chuẩn độ

Khối lượng kẽm thu hồi được tính theo công thức:

$$m_{Zn \text{ hòa tách}} = \frac{(CV)_{K_4Fe(CN)_6} \cdot 0,065 \cdot V_{dm}}{2 \cdot V_{mẫu}}$$

Trong đó:

V<sub>dm</sub>: Thể tích định mức sau khi phá mẫu (ml)

V<sub>mẫu</sub>: Thể tích mẫu dùng chuẩn độ dung dịch K<sub>4</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> sau khi phá mẫu (ml)

C<sub>K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]</sub> = 0,02N

V<sub>K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]</sub> = 10ml

Khối lượng kẽm thu hồi trong 50ml:

$$m_{Zn \text{ thu hồi trong 50ml}} = \frac{(CV)_{K_4Fe(CN)_6} \cdot 0,065 \cdot V_{dm}}{2 \cdot V_{mẫu}}$$

Trong đó:

V<sub>dm</sub>: Thể tích định mức sau khi thu hồi (ml)

V<sub>mẫu</sub>: Thể tích mẫu dùng chuẩn độ dung dịch K<sub>4</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> sau khi thu hồi kẽm (ml)

C<sub>K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]</sub> = 0,02N

V<sub>K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]</sub> = 10m:

Khối lượng kẽm trong 500ml mẫu

$$m_{Zn} = m_{Zn \text{ thu hồi trong 50ml}} \cdot \frac{500}{50}$$

Vậy tổng lượng kẽm thu hồi được tính theo công thức:

$$m_{Zn \text{ thu hồi}} = \frac{(CV)_{K_4Fe(CN)_6} \cdot 0,065 \cdot V_{dm} \cdot 500}{2 \cdot V_{mẫu} \cdot 50}$$

Hiệu suất thu hồi Zn được tính theo công thức:

$$H\% = \frac{m_{Zn(\text{trong Zn(OH)}_2)}}{Zn \text{ Hòa tách}} \cdot 100\%$$

**3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN**

**3.1. Kết quả hiệu suất thu hồi Zn**

Tiến hành hòa tách đối với 10g mẫu ở điều kiện tối ưu, xác định hàm lượng Zn<sup>2+</sup> trong dung dịch hòa tách. Kết quả được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Kết quả khảo sát hàm lượng kẽm điều kiện tối ưu

TT	1	2	3
V <sub>mẫu</sub> (ml)	11,35	11,4	11,35
%Zn	2,863	2,85	2,863

Sử dụng dung dịch hòa tách trên, tiến hành thí nghiệm, xác định hàm lượng Zn thu hồi dưới dạng Zn(OH)<sub>2</sub>, tính hiệu suất thu hồi theo công thức sau:

$$H\% = \frac{m_{Zn(Zn(OH)_2)}}{m_{Zn \text{ Hòa tách}}} \cdot 100\%$$

Bảng 2. Kết quả hiệu suất thu hồi kẽm

TT	1	2	3
V <sub>mẫu</sub> (ml)	35	34,7	34,8
H (%)	64,97	65,43	65,24

Nhận xét: Hiệu suất thu hồi Zn đạt khoảng 65% trong dung dịch mẫu

### 3.2. Kết quả khảo sát một số điều kiện thu hồi kẽm

#### 3.2.1. Nghiên cứu ảnh hưởng của nồng độ EDTA

Tiến hành thí nghiệm, kết quả thực nghiệm được trình bày trong bảng 3.

Bảng 3. Kết quả khảo sát nồng độ EDTA khi phá mẫu

TT	m mẫu (g)	Nồng độ EDTA (M)	V mẫu (ml)			%Zn
			Lần 1	Lần 2	TB	
1	2	0	19,1	19,5	19,30	1,68
2	2,0001	0,01	18,3	18,5	18,40	1,77
3	2,0003	0,025	17,6	17,5	17,55	1,85
4	2,0001	0,05	14,4	14,1	14,25	2,28
5	2,0004	0,1	12,3	12,15	12,23	2,66
6	2,0002	0,25	13,75	13,8	13,78	2,36
7	2,0001	0,5	15,3	15,25	15,28	2,13

Nhận xét: Kết quả khảo sát thực nghiệm cho thấy, khi nồng độ EDTA là 0,1M, hàm lượng Kẽm hòa tách là lớn nhất. Chọn nồng độ EDTA 0,1M cho các thí nghiệm tiếp theo.

#### 3.2.2. Khảo sát ảnh hưởng của thể tích H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Tiến hành thí nghiệm kết quả thực nghiệm được trình bày trong bảng 4.

Bảng 4. Kết quả khảo sát thể tích H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

TT	m mẫu (g)	V H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (ml)	V mẫu (ml)			%Zn
			Lần 1	Lần 2	TB	
1	2	0	18	18,5	18,25	1,78
2	2,0001	1	14,15	14,25	14,20	2,29
3	2,0003	3	12	12,1	12,05	2,70
4	2,0001	5	12,6	12,5	12,55	2,59
5	2,0004	7	12,4	12,5	12,45	2,61

Nhận xét: Kết quả khảo sát thực nghiệm cho thấy, khi thể tích hydro peoxit là 3ml, hàm lượng kẽm hòa tách là lớn nhất. Chọn thể tích H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> là 3ml cho các thí nghiệm tiếp theo.

#### 3.2.3. Khảo sát ảnh hưởng của PH

Tiến hành thí nghiệm, kết quả thực nghiệm được trình bày trong bảng 5.

Bảng 5. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của pH

TT	m mẫu (g)	pH	V mẫu (ml)			%Zn
			Lần 1	Lần 2	TB	
1	2,0002	5	13,5	13,75	13,63	2,39
2	2,0001	7	14,9	14,7	14,80	2,20
3	2,0003	9	11,55	11,5	11,53	2,82

Nhận xét: Kết quả khảo sát thực nghiệm cho thấy, khi pH = 9 hàm lượng kẽm hòa tách là lớn nhất. Chọn pH = 9 cho các thí nghiệm tiếp theo.

#### 3.2.4. Khảo sát ảnh hưởng của tốc độ khuấy trộn

Tiến hành thí nghiệm theo phần 2.3.4 kết quả thực nghiệm được trình bày trong bảng 6.

Bảng 6. Kết quả khảo sát tốc độ khuấy trộn

TT	m mẫu (g)	Tốc độ khuấy (vòng/phút)	V mẫu (ml)			%Zn
			Lần 1	Lần 2	TB	
1	2,0002	100	14,3	14,35	14,33	2,27
2	2,0001	150	12,6	12,5	12,55	2,59
3	2,0001	200	11,4	11,3	11,35	2,86
4	2,0003	250	14,1	14,2	14,15	2,30

Nhận xét: Kết quả khảo sát thực nghiệm cho thấy, khi tốc độ khuấy trộn là 200 vòng/phút, hàm lượng kẽm là lớn nhất. Chọn tốc độ khuấy trộn là 200 vòng/phút cho các thí nghiệm tiếp theo.

#### 3.2.5. Nguyên cứu ảnh hưởng của thời gian phá mẫu

Tiến hành thí nghiệm kết quả thực nghiệm được trình bày trong bảng 7.

Bảng 7. Kết quả khảo sát thời gian

TT	m mẫu (g)	Thời gian (h)	V mẫu (ml)			%Zn
			Lần 1	Lần 2	TB	
1	2	0,5	19,6	19,7	19,65	1,65
2	2,0001	1	16,7	16,7	16,70	1,95
3	2,0003	2	13,6	13,5	13,55	2,40
4	2,0001	4	11,1	11,1	11,10	2,93
5	2,0004	6	11,9	12	11,95	2,72

Nhận xét: Kết quả khảo sát thực nghiệm cho thấy, khi thời gian là 4 giờ, hàm lượng kẽm hòa tách là lớn nhất. Chọn thời gian 4 giờ cho các thí nghiệm tiếp theo.

#### 3.2.6. Nguyên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ phá mẫu

Tiến hành thí nghiệm kết quả thực nghiệm được trình bày trong bảng 8.

Nhận xét: Kết quả khảo sát thực nghiệm cho thấy, khi nhiệt độ là 100°C, hàm lượng kẽm hòa tách là lớn nhất. Chọn nhiệt độ là 100°C cho các thí nghiệm tiếp theo.

Bảng 8. Kết quả khảo sát nhiệt độ

TT	m mẫu (g)	Nhiệt độ(°C)	V mẫu (ml)			%Zn
			Lần 1	Lần 2	TB	
1	2	30	11,5	11,6	11,55	2,81
2	2,0001	100	10,9	10,95	10,93	2,97
3	2,0003	150	11,3	11,2	11,25	2,89

**4. KẾT LUẬN**

Các kết quả nghiên cứu cho thấy, thu hồi kim loại kẽm trong bản mạch điện tử phế thải không chỉ có ý nghĩa về mặt môi trường mà còn có giá trị kinh tế và góp phần bảo vệ sức khỏe, tiết kiệm tài nguyên.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1]. Đỗ Quang Trung (chủ trì). Báo cáo tóm tắt kết quả thực hiện đề tài xây dựng giải pháp về quản lý và tái sử dụng chất thải điện tử (E-Waste) ở Việt Nam.

[2]. Hoàng Nhâm, 2005. Hóa học vô cơ, tập 3. Nhà xuất bản Giáo dục.

[3]. Hoàng Thúy Lan, Phan Thanh Tùng, 2006. Công tác quản lý chất thải điện tử trên thế giới và tại Việt Nam. Hội tuyển tập các báo cáo hội thảo Khoa học, chất thải điện tử Việt Nam – Thực trạng và giải pháp, Hà Nội.

[4]. Nguyễn Văn Ri, 2001. Giáo trình thực tập hóa phân tích. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội.

[5]. Ngô Thị Ngọc Thúy, Huỳnh Trung Hải, Cao Xuân Mai, Antje Langbein, 2006. Bước đầu nghiên cứu hòa tan chọn lọc Cu, Zn, Ag, Au trong bản mạch điện tử thải. Hội tuyển tập các báo cáo hội thảo Khoa học, chất thải điện tử Việt Nam - Thực trạng và giải pháp, Hà Nội.

[6]. Jadhao P., et al., 2015. Greener approach for the extraction of copper metal from electronic waste. Waste Management.

[7]. Paul T. Williams, 2010. Valorization of Printed Circuit Boards from Waste Electrical and Electronic Equipment by Pyrolysis, Waste Biomass Valor 1, pp. 107-120.

[8]. Hà Vinh Hưng, Vũ Đức Thảo, 2011. Thu hồi thiếc, kẽm, chì từ bản mạch in điện tử thải trong môi trường axit clohydric. Tạp chí Công nghiệp hóa chất, số 9, trang 36-40.

[9]. Department of Civil and Environmental Engineering, Indian Institute of Technology Patna, Bihta, Bihar, 801 103, India

[10]. C. Eswaraiah, T. Kavitha, S. Vidyasagar, S.S. Narayanan, 2006. Classification of metals and plastics from printed circuit board (PCB) using air classifier. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification Volume 47, Issue 4, Pages 565-576.

[11]. Martin Goosey, Rod Kellner, 2003. A scoping study End-of-life Printed Circuit Boards. PCIF Environmental Working Group, UK PCB industry.

[12]. William J. Hall, Paul T. Williams, 2007. Separation and recovery of materials from scrap printed circuit boards, Resources. Conservation and Recycling, Vol. 51, 691-709.

[13]. United National Environmental programme (UNEP), 2007. E-Waste volume I: Inventory Assessment Manual. Osaka.

[14]. Antti Tohka, Harri Lehto, 2005. Mechanical and Thermal Recycling of Waste from Electric and Electrical Equipment, Energy Engineering and Environmental Protection Publications. Helsinki University of Technology, Espoo.

[15]. Gongming Zhou, Zhihua Luo, Xulu Zhai, 2007. Experimental study on metal recycling from waste PCB. Proceedings of the International Conference on Sustainable Solid Waste Management, India, 155-162.

[16]. Aughty Verma, Subrata Hait. Chelating extraction of metals from e-waste using diethylene triamine pentaacetic acid. Department of Civil and Environmental Engineering, Indian Institute of Technology Patna, Bihta, Bihar, 801 103, India