

# Investigation of the adsorption capacity of $\text{Cr}^{3+}$ , $\text{Ni}^{2+}$ , $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Zn}^{2+}$ by modified sugarcane bagasse and treatment environment testing

Phung Thi Kim Thanh

Ha Noi University of Sciences; VNU

Major: Environmental Chemistry; Code: 60 44 41

Supervisors: Prof. Dr. Nguyen Trong Uyen

Date of Presenting Thesis: 2011

**Abstract.** (1). This study has successfully made adsorption material from sugarcane bagasse with sulphuric acid.

(2). The obtained adsorption material were characterized by techniques including SEM and IR. The analytical results confirmed that porous structure of adsorption material is higher than sugarcane bagasse.

(3). Result of study adsorption ability  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  in water solution of adsorption material indicate:

+ The interval pH optimum for the best adsorption was: 4 with  $\text{Cr}^{3+}$  and  $\text{Zn}^{2+}$ ; 5 ÷ 6 with  $\text{Ni}^{2+}$ ; 4 ÷ 5 with  $\text{Cu}^{2+}$ .

+ The result of experiments indicate that the capability of adsorption material is much better than material.

+ The time to reach equilibrium adsorption was 40 min with  $\text{Cr}^{3+}$  and  $\text{Zn}^{2+}$ ; 50 min with  $\text{Ni}^{2+}$  and  $\text{Cu}^{2+}$ .

+ When the amount of adsorption material increases, the capacity adsorption for  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  increases.

+ When the first concentration of metal ions increases, the adsorption capacity of the adsorption material increases.

+ The adsorption data were studied by using the Langmuir model. Results of studies, show that the amount of cation adsorbed per unit mass adsorption material was 70,922 mg/g with  $\text{Cr}^{3+}$ ; 48,544 mg/g with  $\text{Ni}^{2+}$ ; 49,505 mg/g with  $\text{Cu}^{2+}$  and 64,935 mg/g with  $\text{Zn}^{2+}$ .

(4). Adsorption material is used to adsorption  $\text{Zn}^{2+}$  in wastewater treatment of plating factory. Results show that the concentration of  $\text{Zn}^{2+}$  after twice adsorption reduces below permitted level of QCVN 24:2009/BTNMT.

**Keywords.** Ion kim loại nặng; Bã mía; Xử lý môi trường; Hóa môi trường

## Content

### Chương 1. TỔNG QUAN

#### 1.1. Giới thiệu về các ion kim loại nặng $\text{Cr}^{3+}$ , $\text{Ni}^{2+}$ , $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Zn}^{2+}$

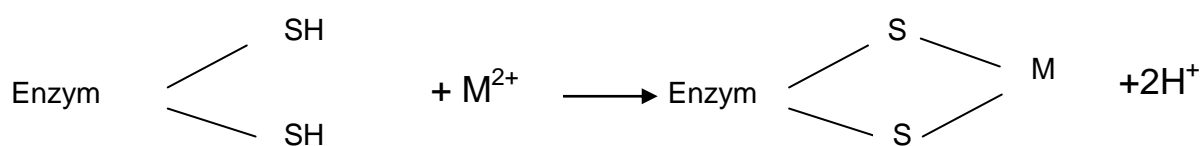
##### 1.1.1. Tình trạng ô nhiễm kim loại nặng

Vấn đề ô nhiễm kim loại nặng đang là một trong những vấn đề cấp thiết, gây ảnh hưởng lớn đến đời sống, sức khỏe và sinh hoạt của người dân. Kim loại nặng độc hại phát tán vào môi trường ngày càng tăng.

##### 1.1.2. Tác động sinh hóa của ion $\text{Cr}^{3+}$ , $\text{Ni}^{2+}$ , $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Zn}^{2+}$ đối với con người

Hầu hết các kim loại nặng ở nồng độ vi lượng là các nguyên tố dinh dưỡng cần thiết cho sự phát triển của sinh vật. Tuy nhiên, khi hàm lượng của chúng vượt quá giới hạn cho phép chúng lại thường có độc tính cao, gây ra những tác động hết sức nguy hại đến sức khỏe con người và sinh vật.

Khi xâm nhập vào cơ thể nó làm cho các enzym bị mất hoạt tính, cản trở quá trình tổng hợp protein trong cơ thể theo phương trình phản ứng sau:



##### 1.1.2.1. Crom

Crom xâm nhập vào nguồn nước từ nước thải của các nhà máy công nghiệp nhuộm len, công nghiệp mạ, thuộc da, sản xuất gốm sứ, chất nổ ... . Nhìn chung, sự hấp thụ của Crom vào cơ thể con người tùy thuộc vào trạng thái oxi hoá của nó. Các nghiên cứu cho thấy con người hấp thụ  $\text{Cr}^{6+}$  nhiều hơn  $\text{Cr}^{3+}$  nhưng độc tính của  $\text{Cr}^{6+}$  lại cao hơn  $\text{Cr}^{3+}$  gấp khoảng 100 lần.

Crom xâm nhập vào cơ thể theo ba con đường: hô hấp, tiêu hoá và khi tiếp xúc trực tiếp với da.

Nhiễm độc Crom có thể bị ung thư phổi, ung thư gan, loét da, viêm da tiếp xúc, xuất hiện mụn com, viêm gan, thủng vách ngăn giữa hai lá mía, ung thư phổi, viêm thận, đau răng, tiêu hoá kém, gây độc cho hệ thần kinh và tim, ...

##### 1.1.2.2. Niken

Niken là một nguyên tố cần thiết cho vi sinh vật và thực vật để thực hiện các phản ứng quan trọng của sự sống.

Niken được sử dụng nhiều trong các ngành công nghiệp hóa chất, luyện kim, xi mạ, điện tử, ... Vì vậy, nó thường có mặt trong nước thải công nghiệp, hoặc bùn thải. Niken xâm nhập vào cơ thể chủ yếu qua đường hô hấp, nó gây ra các triệu chứng khó chịu, buồn nôn, đau đầu. Nếu tiếp xúc nhiều với niken sẽ ảnh hưởng đến phổi, hệ thần kinh trung ương, gan, thận. Da tiếp xúc với niken sẽ gây hiện tượng viêm da, xuất hiện dị ứng, ...

##### 1.1.2.3. Đồng

Đồng được phân bố rộng rãi trong tự nhiên và là nguyên tố vi lượng quan trọng, cần thiết cho các loài động vật, thực vật bậc cao.

Đồng xâm nhập vào cơ thể chủ yếu qua con đường ăn uống, lượng đồng đi vào cơ thể từ thực phẩm khoảng 1-3 mg/ngày. Các muối đồng gây tổn thương đường tiêu hóa, gan, thận và niêm mạc. Độc nhất là muối đồng cyanua.

##### 1.1.2.4. Kẽm

Kẽm là một nguyên tố vi lượng được tìm thấy trong nhiều loại thực phẩm và nước uống dưới dạng các phức chất hữu cơ. Kẽm đóng vai trò quan trọng trong quá trình trao đổi chất, là

thành phần quan trọng của nhiều loại enzym như: ancol dehidrogenaza, glutamic dehidrogenaza, lactic dehidrogenaza, cacbonic anhidraza, ...

Kẽm xâm nhập vào các hệ sinh thái nước thông qua hoạt động khai khoáng, sử dụng thuốc diệt nấm, nước thải công nghiệp sản xuất tơ sợi tổng hợp, công nghiệp mạ điện, ...

Các muối kẽm hòa tan đều độc. Khi ngộ độc kẽm sẽ cảm thấy miệng có vị kim loại, đau bụng, mạch chậm, co giật, ... Chế độ ăn bình thường là nguồn cung cấp kẽm chính cho cơ thể.

### 1.1.3. Các nguồn gây ô nhiễm kim loại nặng

Hiện tượng nước bị ô nhiễm kim loại nặng thường gặp trong các lưu vực gần các khu công nghiệp, các thành phố lớn và khu vực khai thác khoáng sản.

Có rất nhiều nguyên nhân gây ô nhiễm kim loại nặng như:

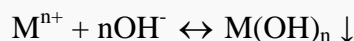
- Quá trình đổ vào môi trường nước nước thải công nghiệp và nước thải độc hại không xử lý hoặc xử lý không được triệt để
- Quá trình khai thác mỏ
- Chế biến quặng và sử dụng thành phẩm
- Tái sử dụng các phế thải chứa ion kim loại nặng

## 1.2. Một số phương pháp xử lý nguồn nước bị ô nhiễm kim loại nặng

### 1.2.1. Phương pháp kết tủa

Nguyên tắc chung của phương pháp kết tủa là thêm một tác nhân tạo kết tủa vào dung dịch nước, điều chỉnh pH của môi trường để chuyển ion cần tách về dạng hợp chất ít tan, tách ra khỏi dung dịch dưới dạng kết tủa.

Xuất phát từ phương trình sau:

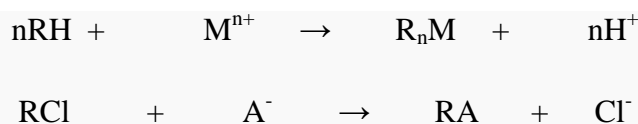


Ở đây n là hóa trị của các cation kim loại (n = 2, 3).

Với quá trình kết tủa hydroxyt kim loại nặng pH của dung dịch nước ảnh hưởng rất mạnh

### 1.2.2. Phương pháp trao đổi ion

Đây là phương pháp khá phổ biến sử dụng các chất có khả năng trao đổi ion (ionit hay còn gọi là nhựa trao đổi ion) với các cation kim loại nặng để giữ, tách các ion kim loại ra khỏi nước.



### 1.2.3. Phương pháp hấp phụ

Trong phương pháp này người ta sử dụng các vật liệu hấp phụ (VLHP) có diện tích bề mặt riêng lớn, trên đó có các trung tâm hoạt động, có khả năng lưu giữ các ion kim loại nặng trên bề mặt VLHP. Việc lưu giữ các ion kim loại nặng có thể do lực tương tác giữa các phân tử (lực Van de Van - hấp phụ vật lý), cũng có thể do sự tạo thành các liên kết hóa học, tạo phức chất giữa các ion kim loại với các nhóm chức (trung tâm hoạt động) có trên bề mặt VLHP (hấp phụ hóa học), cũng có thể theo cơ chế trao đổi ion, ...

## 1.3. Giới thiệu chung về phương pháp hấp phụ

### 1.3.1. Hiện tượng hấp phụ

Hấp phụ là sự tích lũy các chất trên bề mặt phân cách pha (rắn - lỏng, khí - lỏng, lỏng - lỏng). Chất có bề mặt, trên đó xảy ra sự hấp phụ được gọi là chất hấp phụ; còn chất được tích lũy trên bề mặt chất hấp phụ gọi là chất bị hấp phụ.

#### 1.3.1.1. Hấp phụ vật lý

Các phân tử chất bị hấp phụ liên kết với những tiểu phân (nguyên tử, phân tử, ion, ...) ở bề mặt phân chia pha bởi lực liên kết Van de Van. Đó là tổng hợp của nhiều loại lực hút khác nhau: tĩnh điện, tán xạ, cảm ứng và lực định hướng.

### 1.3.1.2. Hấp phụ hóa học

Hấp phụ hóa học xảy ra khi các phân tử chất hấp phụ tạo hợp chất hóa học với các phân tử chất bị hấp phụ. Lực hấp phụ hóa học khi đó là lực liên kết hóa học thông thường (liên kết ion, liên kết cộng hóa trị, liên kết phối trí, ...).

### 1.3.2. Hấp phụ trong môi trường nước

Sự hấp phụ trong môi trường nước chịu ảnh hưởng nhiều bởi pH của môi trường.

*Đặc tính của ion kim loại nặng trong môi trường nước:*

Để tồn tại được ở trạng thái bền, các ion kim loại trong môi trường nước bị hydrat hóa tạo ra lớp vỏ là các phân tử nước, các phức chất hidroxơ, các cặp ion hay phức chất khác. Tùy thuộc vào bản chất hóa học của các ion, pH của môi trường, các thành phần khác cùng có mặt mà hình thành các dạng tồn tại khác nhau. [1, 7]

### 1.3.3. Cân bằng hấp phụ - Các phương trình đẳng nhiệt hấp phụ

Hấp phụ là một quá trình thuận nghịch. Khi tốc độ hấp phụ bằng tốc độ giải hấp thì quá trình hấp phụ đạt cân bằng.

Một hệ hấp phụ khi đạt đến trạng thái cân bằng, dung lượng hấp phụ là một hàm của nhiệt độ và áp suất hoặc nồng độ chất bị hấp phụ trong pha thể tích. [1, 5, 3]

$$q = f(T, P \text{ hoặc } C) \quad (1.1)$$

Dung lượng hấp phụ được tính theo công thức sau:

$$q = \frac{(C_0 - C_{cb})}{m} \cdot V \quad (1.2)$$

Trong đó: q - dung lượng hấp phụ (mg/g).

m - khối lượng vật liệu hấp phụ (g).

V - thể tích của dung dịch chất bị hấp phụ.

$C_0, C_{cb}$  - nồng độ ban đầu, nồng độ tại thời điểm cân bằng của dung dịch (mg/l).

Hiệu suất hấp phụ được tính theo công thức sau:

$$H = \frac{(C_0 - C_{cb})}{C_0} \cdot 100\%$$

Ở nhiệt độ không đổi ( $T = \text{const}$ ), đường biểu diễn sự phụ thuộc của dung lượng hấp phụ vào P hoặc C ( $q = f_T(P \text{ hoặc } C)$ ) được gọi là đường đẳng nhiệt hấp phụ.

Một số đường hấp phụ đẳng nhiệt được nêu trong bảng sau:

**Bảng 1.1. Một số đường đẳng nhiệt hấp phụ**

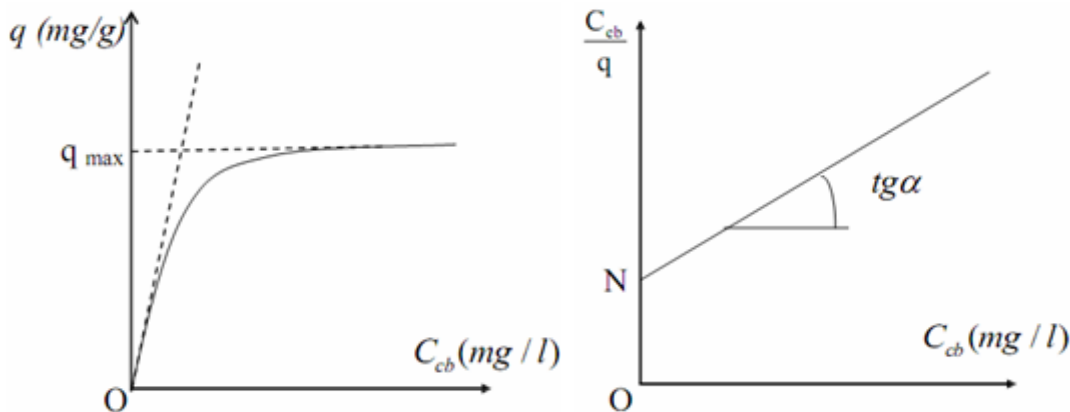
TT	Tên đường đẳng nhiệt hấp phụ	Phương trình	Bản chất sự hấp phụ
1	Langmuir	$\frac{v}{v_0} = \frac{b.p}{1 + b.p}$	Vật lý và Hóa học
2	Henry	$v = k.p$	Vật lý và Hóa học

3	Freundlich	$v = k \cdot p^{1/n} \quad (n > 1)$	Vật lý và Hóa học
4	Shlygin-Frumkin-Temkin	$\frac{v}{v_m} = \frac{1}{a} \ln C_0 \cdot p$	Hóa học
5	Brunauer-Emmett-Teller (BET)c	$\frac{p}{v \cdot (p_0 - p)} = \frac{1}{v_m C} + \frac{(C-1)}{v_m C} \cdot \frac{p}{p_0}$	Vật lý, nhiều lớp

Trong các phương trình trên,  $v$  là thể tích chất bị hấp phụ,  $v_0$  là thể tích hấp phụ cực đại,  $p$  là áp suất chất bị hấp phụ ở pha khí,  $p_0$  là áp suất hơi bão hòa của chất bị hấp phụ ở trạng thái lỏng tinh khiết trong cùng nhiệt độ. Các ký hiệu  $a, b, k, n$  là các hằng số.

Trong đề tài này, chúng tôi nghiên cứu cân bằng hấp phụ của các VLHP với ion kim loại nặng ( $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ) trong môi trường nước theo mô hình đường đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir.

Đường đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir có dạng như hình 1.1 và hình 1.2.



Hình 1.1. Đường đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir Hình 1.2. Sự phụ thuộc của  $\frac{C_{cb}}{q}$  vào  $C_{cb}$

$$tg \alpha = \frac{1}{q_{\max}} \Rightarrow q_{\max} = \frac{1}{tg \alpha}$$

$$\overline{ON} = \frac{1}{q_{\max} \cdot b}$$

#### 1.4. Phương pháp phân tích phổ hấp thụ nguyên tử (AAS)

Trên thực tế có rất nhiều phương pháp xác định hàm lượng kim loại nặng như phân tích thể tích, phương pháp phổ hấp thụ nguyên tử, phương pháp phổ hấp thụ phân tử, phương pháp cực phổ, ... Trong đề tài này chúng tôi sử dụng phương pháp phổ hấp thụ nguyên tử ngọn lửa (F-AAS) để xác định hàm lượng các kim loại nặng ( $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ).

Phương pháp AAS được ứng dụng để Xác định lượng vết kim loại trong các hợp chất vô cơ và hữu cơ với các đối tượng khác nhau. Các phi kim hầu như không phát hiện được vì vạch phổ của chúng nằm ngoài vùng phổ của các máy hấp thụ nguyên tử thông dụng.

## 1.5. Phương pháp kính hiển vi điện tử quét (SEM)

Phương pháp SEM được sử dụng để xác định hình dạng và cấu trúc bề mặt của vật liệu.

## 1.6. Phương pháp phổ hấp thụ hồng ngoại (IR)

Phổ hồng ngoại dùng để xác định cấu trúc phân tử của phân tử chất nghiên cứu dựa vào các tần số đặc trưng trên phổ của các nhóm chức trong phân tử.

## 1.7. Vật liệu hấp phụ bã mía

**Bảng 1.2. Thành phần hóa học của bã mía**

STT	Thành phần	Phần trăm khối lượng (%)
1	Xenlulozơ	40 ÷ 50
2	Hemixenlulozơ	20 ÷ 25
3	Lignin	18 ÷ 23
4	Chất hòa tan khác (tro, sáp, protein, ...)	5 ÷ 3

## 1.8. Một số hướng nghiên cứu sử dụng phụ phẩm nông nghiệp làm VLHP

+ Sử dụng lá cây làm vật liệu hấp phụ: Lá chè, lá ngô không biến tính làm vật liệu hấp phụ chì.

+ Sử dụng vỏ lạc, xơ dừa, bã mía, vỏ trấu, lõi ngô, ... làm VLHP các kim loại nặng  $Cd^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cr^{6+}$ .

- Bã mía: là vật liệu có khả năng hấp phụ tốt các ion kim loại nặng, các hợp chất hữu cơ độc hại.
- Bã mía được biến tính bằng: axit citric, axit sunfuric, anhydrit succinic, ....

## Chương 2. THỰC NGHIỆM

### 2.1. Phương pháp nghiên cứu

#### 2.1.1. Phương pháp chế tạo vật liệu hấp phụ từ bã mía

##### 2.1.1.1. Chuẩn bị nguyên liệu

Bã mía sau khi rửa sạch được cắt nhỏ, cho vào nước cất đun sôi trong 30 phút để loại bỏ đường hòa tan sau đó sấy khô ở  $80^{\circ}C$  trong 24 giờ. Bã mía khô được nghiền thành bột mịn (nguyên liệu đầu), kích thước hạt cỡ  $0,1 \div 0,2mm$ . [22]

##### 2.1.1.2. Chế tạo vật liệu hấp phụ

Cân một lượng xác định nguyên liệu, trộn đều với  $H_2SO_4$  đặc theo tỉ lệ 1:1 (nguyên liệu : axit sunfuric; khối lượng (g) : thể tích (ml)), sau đó đem sấy ở  $150^{\circ}C$  trong 24 giờ. Nguyên liệu sau khi sấy được rửa sạch bằng nước cất hai lần và ngâm trong dung dịch  $NaHCO_3$  1% trong 24 giờ để loại bỏ axit dư. Lọc lấy bã rắn và tiếp tục sấy ở  $150^{\circ}C$  cho đến khô rồi đem nghiền nhỏ thu được VLHP có kích thước hạt cỡ từ  $0,1 \div 0,2 mm$ . [22]

Nguyên liệu đầu và VLHP được khảo sát các đặc điểm bề mặt SEM và IR.

#### 2.1.2. Nghiên cứu khả năng hấp phụ ion $Cr^{3+}$ , $Ni^{2+}$ , $Cu^{2+}$ , $Zn^{2+}$ của VLHP theo phương pháp hấp phụ tĩnh

##### 2.1.2.1. Khảo sát ảnh hưởng của pH đến khả năng hấp phụ của VLHP

Cân 0,1 gam VLHP cho lần lượt vào các bình nón dung tích 100 ml đã đánh số thứ tự và thêm vào 100 ml dung dịch chứa ion kim loại  $Cr^{3+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  có nồng độ xác định ở các

giá trị pH khác nhau. Cụ thể:  $\text{Cr}^{3+}$  từ 2 ÷ 4;  $\text{Ni}^{2+}$  từ 2÷6;  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  từ 2÷5. Tiến hành lắc với tốc độ 200 vòng/phút ở nhiệt độ phòng ( $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ) trong khoảng thời gian 90 phút. Ly tâm thu lấy dung dịch đem xác định nồng độ của  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  còn lại bằng phương pháp F-AAS, từ đó tính dung lượng hấp phụ và xác định các giá trị pH tối ưu cho quá trình hấp phụ ( $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ) để tiến hành các khảo sát tiếp theo.

#### 2.1.2.2. Khảo sát khả năng hấp phụ của VLHP và nguyên liệu

Chuẩn bị 8 bình nón có dung tích 100 ml đã đánh số thứ tự. Cho vào 04 bình mỗi bình 0,1 gam VLHP và 4 bình còn lại mỗi bình 0,1 gam nguyên liệu đầu; thêm vào mỗi bình 100 ml dung dịch chứa ion kim loại  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  có nồng độ xác định đã được ổn định ở môi trường pH khác nhau, các giá trị pH này được xác định sau khi khảo sát ảnh hưởng của pH đến khả năng hấp phụ của VLHP. Cụ thể: pH = 4 đối với  $\text{Cr}^{3+}$  và  $\text{Zn}^{2+}$ , pH = 6 với  $\text{Ni}^{2+}$ , pH=5 với  $\text{Cu}^{2+}$ . Sau đó đem lắc trên máy lắc trong khoảng thời gian là 90 phút ở nhiệt độ phòng, tốc độ lắc 200 vòng/phút. Xác định nồng độ các ion kim loại còn lại trong mỗi dung dịch.

#### 2.1.2.3. Khảo sát thời gian đạt cân bằng hấp phụ của VLHP

Cân 0,1 gam VLHP cho lần lượt vào các bình nón đã đánh số thứ tự và 100 ml dung dịch có chứa ion kim loại  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  có nồng độ xác định đã được ổn định ở pH = 4 đối với  $\text{Cr}^{3+}$  và  $\text{Zn}^{2+}$ , pH = 6 với  $\text{Ni}^{2+}$ , pH = 5 với  $\text{Cu}^{2+}$ . Đem lắc trên máy lắc trong khoảng thời gian khác nhau từ 10 ÷ 100 phút ở nhiệt độ phòng. Xác định nồng độ còn lại của các ion trong mỗi dung dịch sau khi hấp phụ.

#### 2.1.2.4. Khảo sát ảnh hưởng của lượng VLHP đến dung lượng hấp phụ

Tiến hành sự hấp phụ trong điều kiện: 100 ml mỗi dung dịch  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  có nồng độ xác định đã được ổn định ở pH = 4 đối với  $\text{Cr}^{3+}$  và  $\text{Zn}^{2+}$ , pH = 6 với  $\text{Ni}^{2+}$ , pH = 5 với  $\text{Cu}^{2+}$ , thời gian hấp phụ 40 phút đối với  $\text{Cr}^{3+}$  và  $\text{Zn}^{2+}$ , 50 phút đối với  $\text{Ni}^{2+}$  và  $\text{Cu}^{2+}$  ở nhiệt độ phòng. Lượng than vật liệu thay đổi: 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7. Xác định nồng độ ion kim loại còn lại trong các dung dịch sau khi hấp phụ.

#### 2.1.2.5. Khảo sát ảnh hưởng của nồng độ đầu $\text{Cr}^{3+}$ , $\text{Ni}^{2+}$ , $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Zn}^{2+}$ đến khả năng hấp phụ của VLHP

Tiến hành sự hấp phụ đối với mỗi ion  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  ở các nồng độ đầu thay đổi trong khoảng 5 ÷ 100 mg/l đã được ổn định ở pH = 4 đối với  $\text{Cr}^{3+}$  và  $\text{Zn}^{2+}$ , pH = 6 với  $\text{Ni}^{2+}$ , pH = 5 với  $\text{Cu}^{2+}$ . Thời gian lắc với  $\text{Cr}^{3+}$  và  $\text{Zn}^{2+}$  là 40 phút, 50 phút đối với  $\text{Ni}^{2+}$  và  $\text{Cu}^{2+}$ , tốc độ lắc 200 vòng/phút ở nhiệt độ phòng. Xác định nồng độ  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  còn lại trong mỗi dung dịch.

### 2.1.3. Thử nghiệm xử lý mẫu nước thải có chứa ion $\text{Zn}^{2+}$ .

Điều chỉnh mẫu nước thải đã được xử lý sơ bộ về pH tối ưu là 4. Cân 0,5 gam VLHP cho vào bình nón dung tích 100 ml và cho thêm vào 100 ml mẫu nước thải (đã lọc qua giấy lọc). Tiến hành hấp phụ lần 1 ở nhiệt độ phòng với tốc độ 200 vòng/phút trong khoảng thời gian 40 phút. Ly tâm thu lấy dung dịch, đem xác định lại nồng độ  $\text{Zn}^{2+}$  sau khi hấp phụ lần 1. Tiếp tục lấy dung dịch sau hấp phụ lần 1 để tiến hành hấp phụ lần 2. Sau quá trình hấp phụ, xác định nồng độ  $\text{Zn}^{2+}$  trong mẫu nước thải một lần nữa.

Khảo sát khả năng tách loại và thu hồi  $\text{Zn}^{2+}$  trên VLHP bằng axit clohydric HCl theo phương pháp tĩnh. Cách tiến hành như sau: Sau khi tiến hành hấp phụ 0,5 g VLHP với 100 mg/l mẫu nước thải có chứa  $\text{Zn}^{2+}$ , VLHP được tách ra thận trọng. VLHP sau đó được giải hấp cùng 100 ml HCl với các nồng độ 0,005; 0,1; 0,15; 0,2 và 0,25M; các khoảng thời gian 30, 60, 90, 120 và 150 phút. Lượng ion kim loại giải hấp được xác định bằng phương pháp đo phổ hấp thụ nguyên tử ngọn lửa F-AAS.

### 2.1.4. Xây dựng đường chuẩn xác định nồng độ crom, niken, đồng, kẽm theo phương pháp phổ hấp thụ nguyên tử

Từ dung dịch gốc của crom, niken, đồng, kẽm có nồng độ 1000 mg/l, pha thành các nồng độ: 0,2; 0,4; 0,8; 1,6; 3,2 mg/l.

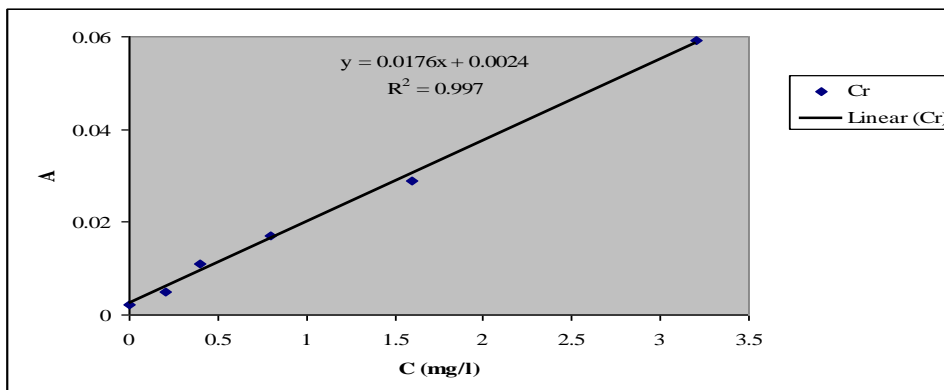
Đo phổ hấp thụ nguyên tử (mật độ quang A) của các dung dịch trên theo thứ tự mẫu trắng rồi lần lượt mẫu có nồng độ từ thấp đến cao. Kết quả như sau:

#### 2.1.4.1. Đường chuẩn xác định nồng độ crom

**Bảng 2.2. Số liệu xây dựng đường chuẩn xác định Crom**

C (mg/l)	0,0	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2
A	0,0022	0,005	0,011	0,017	0,0288	0,0591

Trong đó: A - mật độ quang

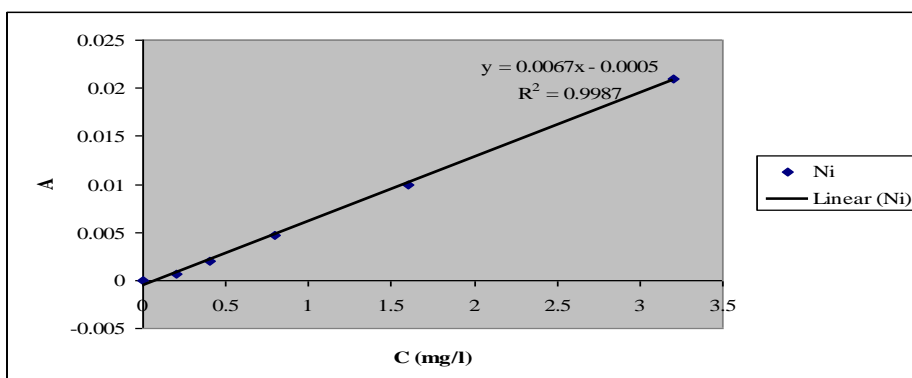


Hình 2.1. Đường chuẩn xác định nồng độ crom

#### 2.1.4.2. Đường chuẩn xác định nồng độ niken

**Bảng 2.3. Số liệu xây dựng đường chuẩn xác định niken**

C (mg/l)	0,0	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2
A	0,0	0,0006	0,002	0,0047	0,01	0,021



Hình 2.2. Đường chuẩn xác định nồng độ niken

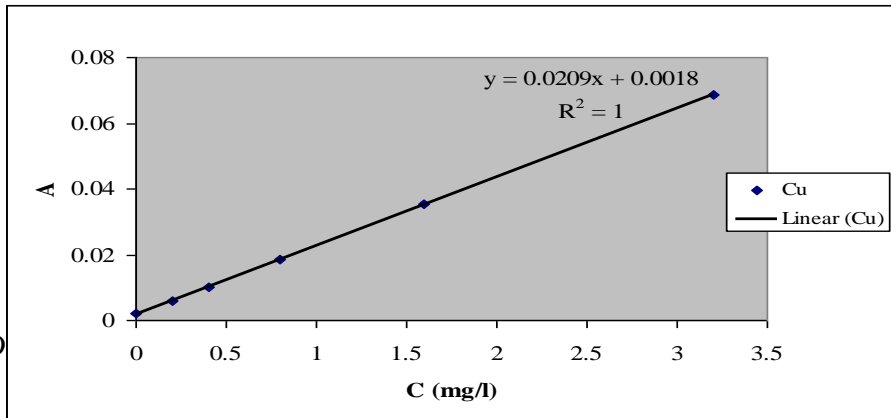


2.1.4.3. Đường chuẩn xác định nồng độ đồng

**Bảng 2.4. Số liệu xây dựng đường chuẩn xác định đồng**

C (mg/l)	0,0	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2
A	0,002	0,006	0,01	0,0185	0,0352	0,0687

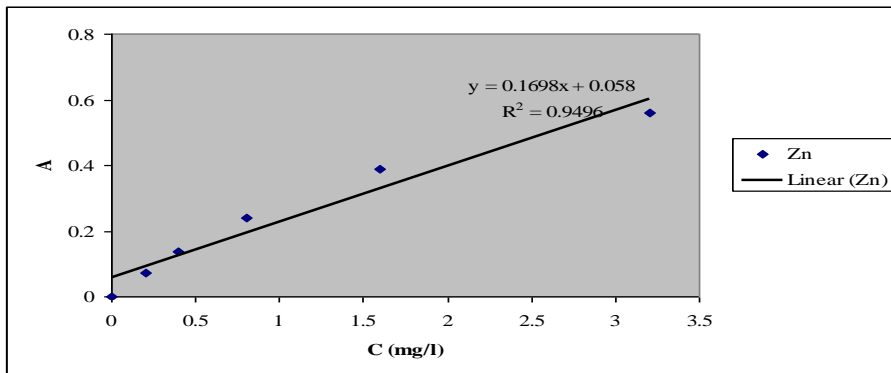
2.1.4.4. Đ



Hình 2.3. Đường chuẩn xác định nồng độ đồng

**Bảng 2.5. Số liệu xây dựng đường chuẩn xác định kẽm**

C (mg/l)	0,0	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2
A	0,0011	0,0737	0,1367	0,2409	0,3885	0,5601



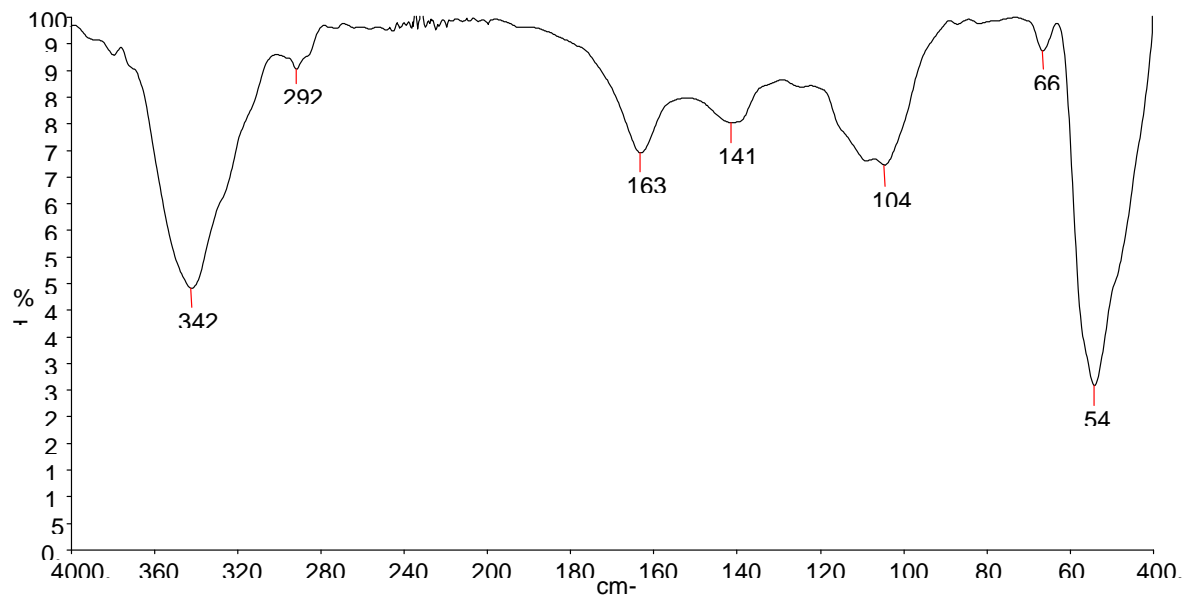
Hình 2.4. Đường chuẩn xác định nồng độ kẽm

## Chương 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

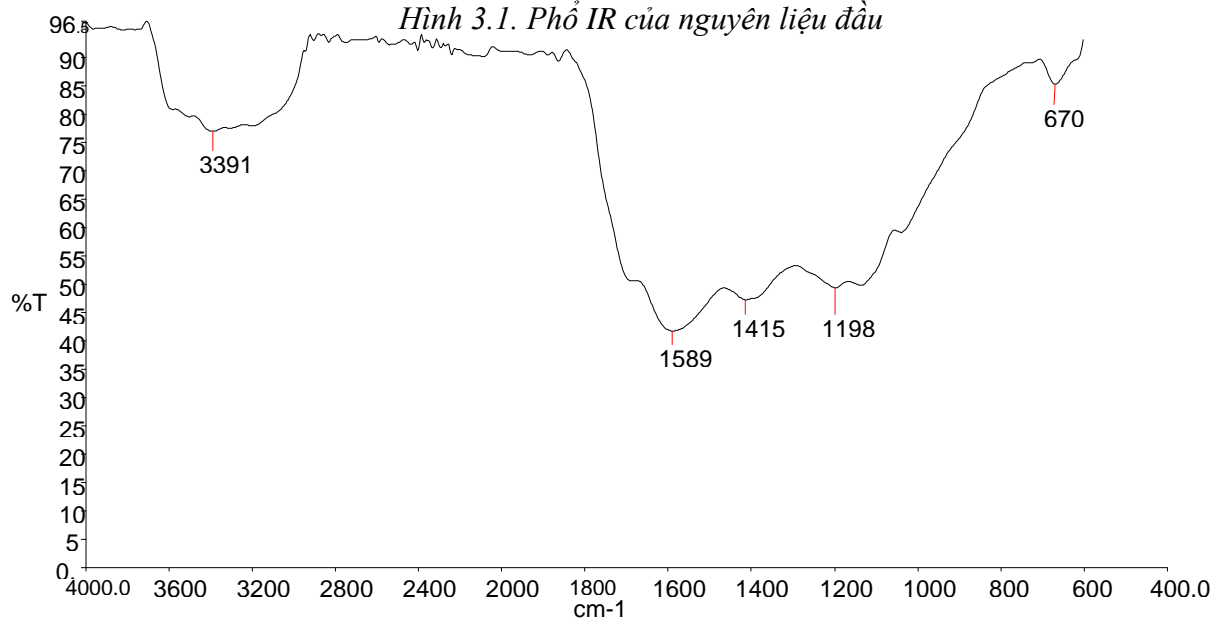
### 3.1. Kết quả khảo sát đặc điểm bề mặt của VLHP

#### 3.1.1. Đặc trưng IR

Phổ IR của nguyên liệu đầu và VLHP được đưa ra trên hình 3.1 và hình 3.2.



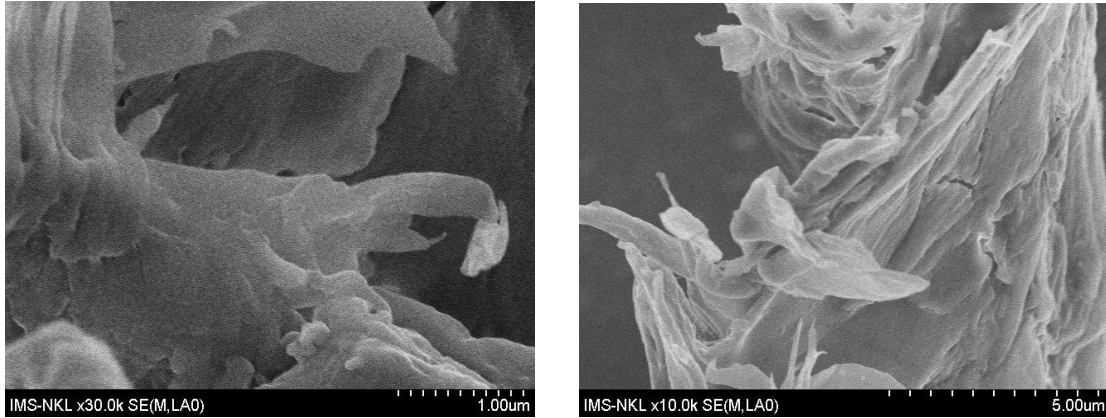
Hình 3.1. Phổ IR của nguyên liệu đầu



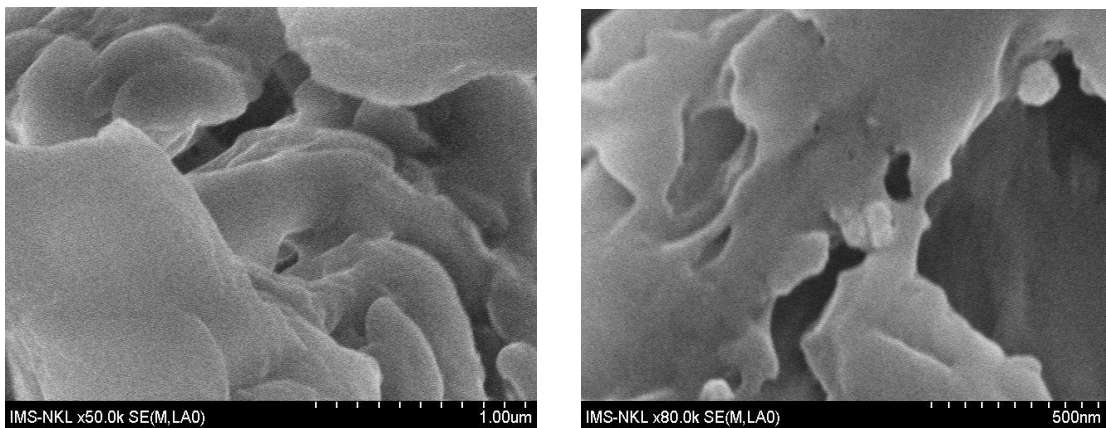
Hình 3.2. Phổ IR của VLHP

### 3.1.2. Đặc trưng SEM

Ảnh kính hiển vi điện tử quét của VLHP và nguyên liệu đầu, cho thấy VLHP có diện tích bề mặt lớn hơn và xốp hơn so với nguyên liệu đầu.



*Hình 3.3. Ảnh SEM của nguyên liệu*



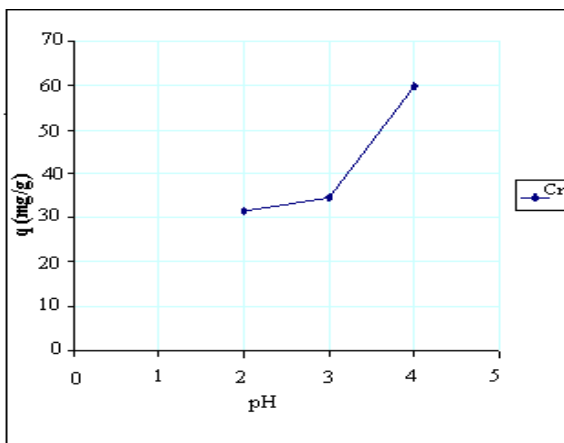
*Hình 3.4 Ảnh SEM của VLHP*

### 3.2. Ảnh hưởng của pH đến khả năng hấp phụ của VLHP

Sau khi tiến hành khảo sát ảnh hưởng của pH đến khả năng hấp phụ của VLHP thu được kết quả như sau:

**Bảng 3.1. Ảnh hưởng của pH đến sự hấp phụ  $Cr^{3+}$**

pH	Các thông số hấp phụ		
	$C_o$ (mg/l)	$C_{cb}$ (mg/l)	q (mg/g)
2,00	99,89	68,313	31,577
3,00	99,89	65,484	34,406
4,00	99,89	39,975	59,915

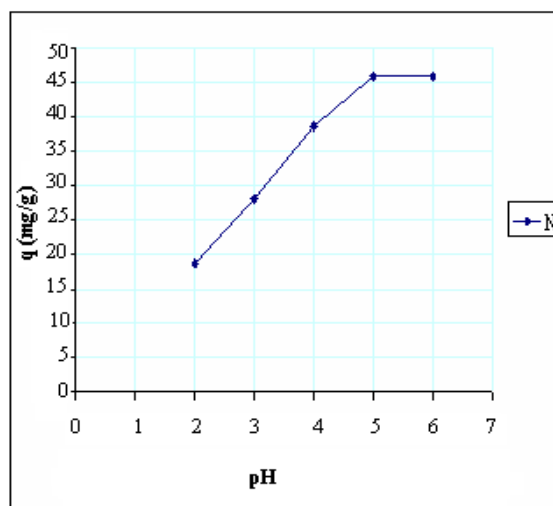


Hình 3.5. Ảnh hưởng của pH đến sự hấp phụ  $Cr^{3+}$

\* **Nhận xét:** Trong khoảng pH khảo sát từ 2 ÷ 4, chọn pH = 4 là tối ưu để hấp phụ  $Cr^{3+}$  bằng VLHP vì khi tăng pH lên lớn hơn 4 đã có dấu hiệu kết tủa hydroxyt Crom(III).

**Bảng 3.2. Ảnh hưởng của pH đến sự hấp phụ  $Ni^{2+}$**

pH	Các thông số hấp phụ		
	$C_o$ (mg/l)	$C_{cb}$ (mg/l)	q (mg/g)
2,00	99,7	81,159	18,541
3,00	99,7	71,66	28,04
4,00	99,7	61,086	38,614
5,00	99,7	53,957	45,743
6,00	99,7	53,936	45,764

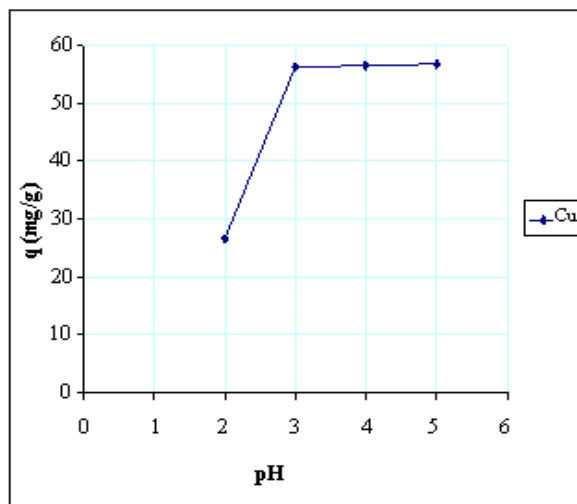


Hình 3.6. Ảnh hưởng của pH đến sự hấp phụ  $Ni^{2+}$

\* **Nhận xét:** Khoảng pH để sự hấp phụ của VLHP đối với ion  $Ni^{2+}$  tốt nhất là từ 5 ÷ 6. Từ kết quả thu được chúng tôi lấy pH = 6 là pH tối ưu để hấp phụ  $Ni^{2+}$ .

**Bảng 3.3. Ảnh hưởng của pH đến sự hấp phụ  $\text{Cu}^{2+}$**

pH	Các thông số hấp phụ		
	$C_o$ (mg/l)	$C_{cb}$ (mg/l)	q (mg/g)
2,00	98,92	72,366	26,554
3,00	98,92	42,707	56,213
4,00	98,92	42,356	56,564
5,00	98,92	42,152	56,768

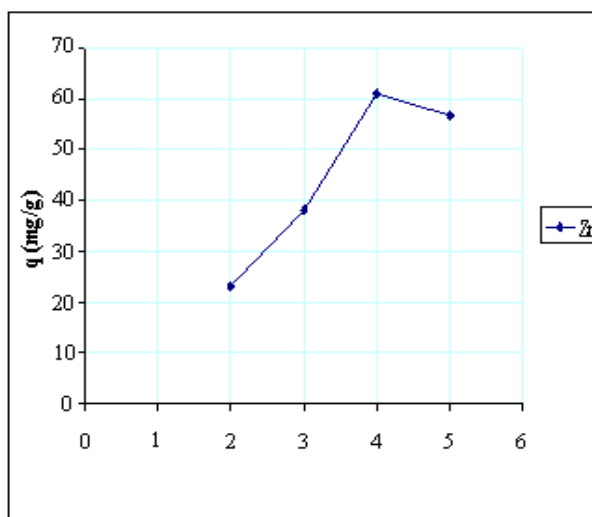


*Hình 3.7. Ảnh hưởng của pH đến sự hấp phụ  $\text{Cu}^{2+}$*

\* **Nhận xét:** Trong khoảng pH khảo sát, khoảng pH để sự hấp phụ của VLHP đối với ion  $\text{Cu}^{2+}$  trong dung dịch tốt nhất là 4 ÷ 5, chọn pH = 5 là pH tối ưu cho quá trình hấp phụ  $\text{Cu}^{2+}$ .

**Bảng 3.4 Ảnh hưởng của pH đến sự hấp phụ  $\text{Zn}^{2+}$**

pH	Các thông số hấp phụ		
	$C_o$ (mg/l)	$C_{cb}$ (mg/l)	q (mg/g)
2,00	98,02	75,050	22,97
3,00	98,02	60,086	37,934
4,00	98,02	36,901	61,119
5,00	98,02	41,368	56,652



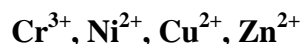
*Hình 3.8. Ảnh hưởng của pH đến sự hấp phụ  $\text{Zn}^{2+}$*

\* **Nhận xét:** Từ bảng 3.4 và hình 3.8 có thể thấy pH = 4 là tốt nhất cho sự hấp phụ của VLHP đối với ion  $\text{Zn}^{2+}$ , vì khi tăng pH lên 5 đã bắt đầu xuất hiện kết tủa làm giảm khả năng hấp phụ của than hoạt tính.

**Nhận xét chung:** Môi trường pH tăng dung lượng hấp phụ của VLHP đối với các cation kim loại cũng tăng, và dung lượng giảm khi pH giảm. Điều đó có thể giải thích: trong môi trường axit mạnh, các phân tử của các chất hấp phụ và chất bị hấp phụ được tích điện dương vì vậy lực tương tác là lực đẩy tĩnh điện nên trong hỗn hợp xảy ra phản ứng cạnh tranh cation kim loại trong sự hấp phụ, kết quả là làm giảm sự hấp phụ cation kim loại. Tương tự, pH tăng, nồng độ ion  $H^+$  giảm, trong khi nồng độ cation kim loại gần như không đổi và bởi vậy sự hấp phụ cation kim loại có thể giải thích giống như sự trao đổi phản ứng  $H^+ - M^{n+}$  (M: kim loại).

### 3.3. Kết quả khảo sát khả năng hấp phụ của VLHP và nguyên liệu

**Bảng 3.6. Các thông số hấp phụ của nguyên liệu và VLHP đối với**



Ion kim loại	Nguyên liệu			VLHP		
	$C_o$ (mg/l)	$C_{cb}$ (mg/l)	$q$ (mg/g)	$C_o$ (mg/l)	$C_{cb}$ (mg/l)	$q$ (mg/g)
$Cr^{3+}$	99,89	50,463	49,427	99,89	39,975	59,915
$Ni^{2+}$	99,70	90,411	9,289	99,70	53,936	45,764
$Cu^{2+}$	98,92	74,373	23,547	98,92	56,768	56,768
$Zn^{2+}$	98,02	70,695	27,325	98,02	41,368	61,119

Từ bảng kết quả có thể kết luận cả nguyên liệu và VLHP đều có khả năng hấp phụ  $Cr^{3+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ; khả năng hấp phụ của VLHP cao hơn hẳn so với nguyên liệu.

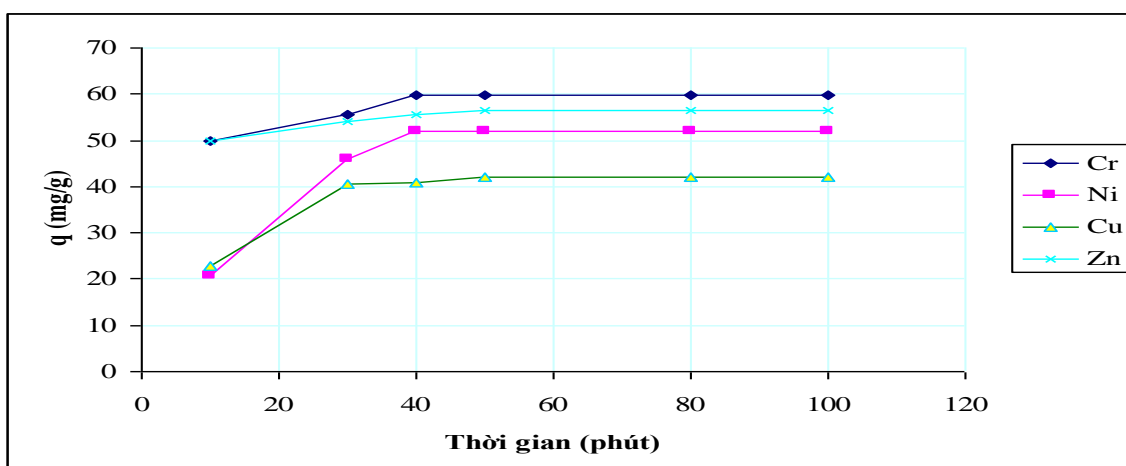
### 3.4. Thời gian đạt cân bằng của VLHP

**Bảng 3.7. Sự phụ thuộc của dung lượng vào thời gian hấp phụ**

Ion	Thời gian (phút)	$C_o$ (mg/l)	$C_{cb}$ (mg/l)	$q$ (mg/g)
$Cr^{3+}$	10	99,83	49,898	49,932
	30	99,83	44,112	55,718
	40	99,83	40,001	59,829
	50	99,83	39,991	59,839
	80	99,83	39,987	59,843
	100	99,83	39,985	59,845
$Ni^{2+}$	10	101,00	80,263	20,737
	30	101,00	55,013	45,987

	40	101,00	49,034	51,966
	50	101,00	48,930	52,070
	80	101,00	48,907	52,093
	100	101,00	48,885	52,115
Cu <sup>2+</sup>	10	99,506	76,709	22,797
	30	99,506	58,951	40,555
	40	99,506	57,543	41,963
	50	99,506	57,524	41,982
	80	99,506	57,510	41,996
	100	99,506	57,478	42,028
Zn <sup>2+</sup>	10	98,026	48,034	49,992
	30	98,026	44,084	53,942
	40	98,026	42,508	55,518
	50	98,026	41,492	56,534
	80	98,026	41,485	56,541
	100	98,026	41,477	56,549

Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của dung lượng hấp phụ vào thời gian được trình bày trong hình 3.9.



Hình 3.9. Sự phụ thuộc của dung lượng hấp phụ vào thời gian hấp phụ

**\* Nhận xét:**

+ Với Cr<sup>3+</sup>: Thời gian 40 phút là thời gian cân bằng hấp phụ ion Cr<sup>3+</sup>.

+ Với Ni<sup>2+</sup>: Thời gian đạt cân bằng hấp phụ đối với ion Ni<sup>2+</sup> là 50 phút

+ Với  $\text{Cu}^{2+}$ : Chọn thời gian đạt cân bằng hấp phụ đối với ion  $\text{Cu}^{2+}$  là 50 phút.

+ Với  $\text{Zn}^{2+}$ : Chọn thời gian cân bằng hấp phụ cho ion  $\text{Zn}^{2+}$  là 40 phút.

### 3.5. Ảnh hưởng của lượng VLHP đến dung lượng hấp phụ

Kết quả thực nghiệm thu được như sau:

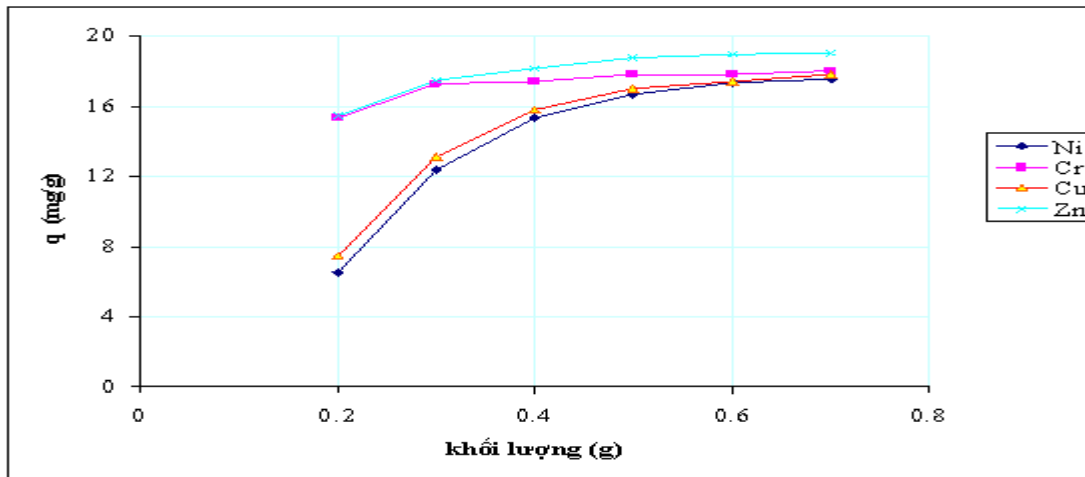
**Bảng 3.8. Ảnh hưởng của lượng VLHP đến dung lượng hấp phụ**

Ion	Khối lượng VLHP (g)	$C_o$ (mg/l)	$C_{cb}$ (mg/l)	q (mg/g)
$\text{Cr}^{3+}$	0,2	98,79	22,44	15,278
	0,3	98,79	12,643	17,229
	0,4	98,79	11,844	17,389
	0,5	98,79	9,948	17,768
	0,6	98,79	9,927	17,773
	0,7	98,79	8,985	17,961
$\text{Ni}^{2+}$	0,2	99,93	67,499	6,486
	0,3	99,93	38,105	12,365
	0,4	99,93	23,482	15,290
	0,5	99,93	16,633	16,659
	0,6	99,93	13,219	17,342
	0,7	99,93	12,283	17,529
$\text{Cu}^{2+}$	0,2	99,07	61,827	7,449
	0,3	99,07	33,722	13,070
	0,4	99,07	20,373	15,739
	0,5	99,07	14,402	16,964
	0,6	99,07	12,296	17,355
	0,7	99,07	11,588	17,794
$\text{Zn}^{2+}$	0,2	99,53	25,276	15,451
	0,3	99,53	12,203	17,465
	0,4	99,53	8,905	18,125



	0,5	99,53	5,762	18,754
	0,6	99,53	5,745	18,957
	0,7	99,53	5,698	18,966

Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của dung lượng hấp phụ vào khối lượng VLHP:



Hình 3.10. Sự phụ thuộc của dung lượng hấp phụ vào lượng VLHP

\* **Nhận xét:** Từ hình 3.10 cho thấy, khi tăng khối lượng của VLHP thì dung lượng hấp phụ của VLHP cũng tăng.

### 3.6. Ảnh hưởng của nồng độ đầu các ion $\text{Cr}^{3+}$ , $\text{Ni}^{2+}$ , $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Zn}^{2+}$ đến khả năng hấp phụ của VLHP

Các kết quả thu được sau khi khảo sát ảnh hưởng nồng độ đầu của các ion  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  được tổng hợp trong bảng sau:

**Bảng 3.9. Ảnh hưởng nồng độ đầu của các ion  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  đến dung lượng hấp phụ**

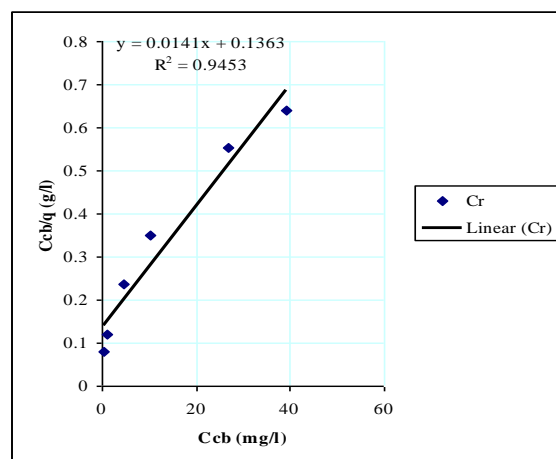
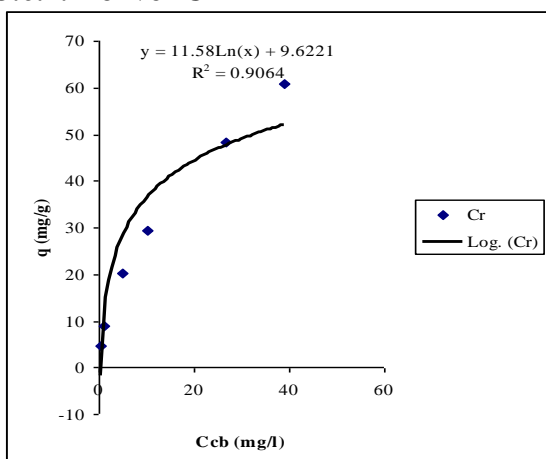
Ion	$C_o$ (mg/l)	$C_{cb}$ (mg/l)	q (mg/g)	$C_{cb}/q$ (g/l)
$\text{Cr}^{3+}$	4,867	0,371	4,605	0,0806
	10,007	1,061	8,919	0,119
	24,931	4,762	20,169	0,236
	39,808	10,346	29,462	0,351
	74.879	26,65	48,229	0,553

	99,89	39,00	60,89	0,640
Ni <sup>2+</sup>	4,998	0,796	4,202	0,189
	10,01	1,567	8,443	0,1856
	24,965	5,6768	19,287	0,294
	39,837	12,849	26,988	0,476
	74,983	35,575	39,408	0,903
	99,975	57,675	42,30	1,363
Cu <sup>2+</sup>	5,047	0,833	4,214	0,198
	9,89	1,710	8,18	0,209
	24,96	5,305	19,655	0,270
	39,99	12,020	27,97	0,430
	74,942	36,001	38,941	0,925
	99,79	56,630	43,16	1,312
Zn <sup>2+</sup>	4,993	0,398	4,595	0,087
	9,794	1,059	8,735	0,121
	24,973	4,661	20,312	0,229
	39,968	10,264	29,704	0,346
	74,773	27,123	47,65	0,569
	99,851	43,523	56,328	0,773

Xây dựng đường đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir của VLHP đối với các ion. Dựa vào đường hấp phụ đẳng nhiệt Langmuir dạng tuyến tính biểu diễn sự phụ thuộc của  $C_{cb}/q$  vào  $C_{cb}$  sẽ xác định được dung lượng hấp cực đại  $q_{max}$  và hằng số Langmuir  $b$ . Phương trình có dạng:

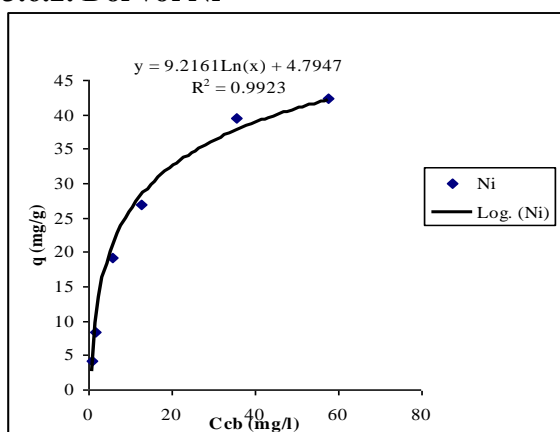
$$\frac{C_{cb}}{q} = \frac{1}{b \cdot q_{max}} + \frac{1}{q_{max}} \cdot C_{cb}$$

### 3.6.1. Đối với Cr<sup>3+</sup>

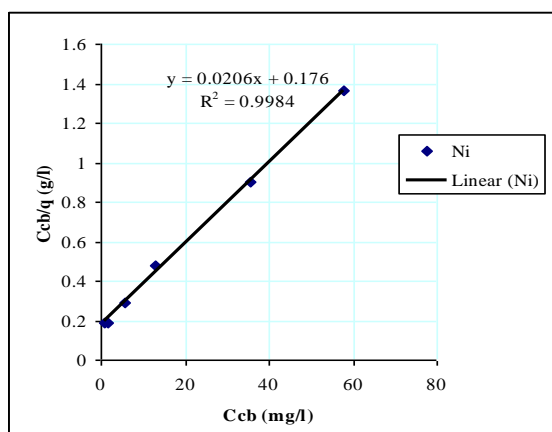


Từ hình 3.11a và 3.11b xác định được dung lượng hấp phụ cực đại đối với ion  $\text{Cr}^{3+}$  là  $70,922 \text{ mg/g}$  và hằng số Langmuir là  $0,103$ .

### 3.6.2. Đối với $\text{Ni}^{2+}$



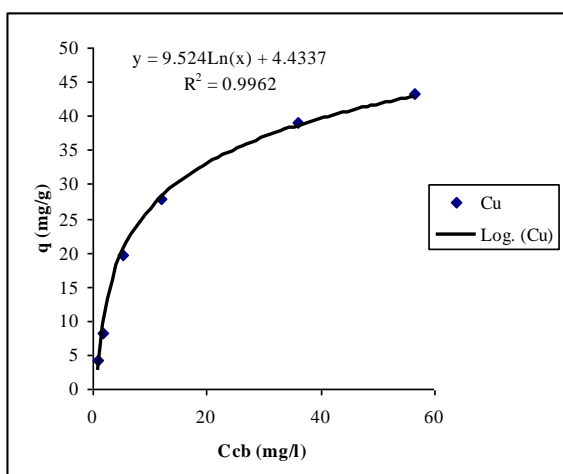
Hình 3.12a. Đường đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir của VLHP đối với  $\text{Ni}^{2+}$



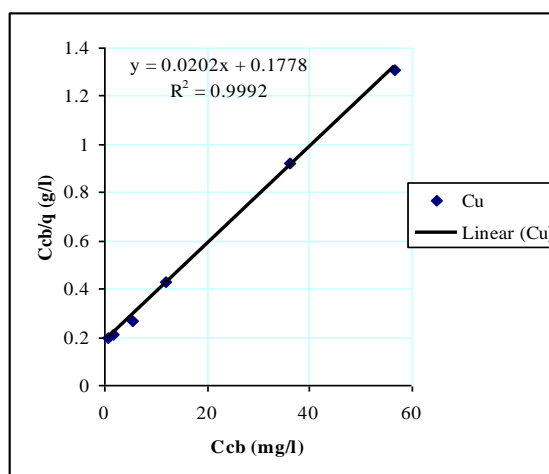
Hình 3.12b. Đường đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir dạng tuyến tính của VLHP đối với  $\text{Ni}^{2+}$

Tính toán kết quả trên hình 3.12a và 3.12b xác định được dung lượng hấp phụ cực đại đối với  $\text{Ni}^{2+}$  là  $48,545 \text{ mg/g}$  và hằng số Langmuir là  $0,117$ .

### 3.6.3. Đối với $\text{Cu}^{2+}$



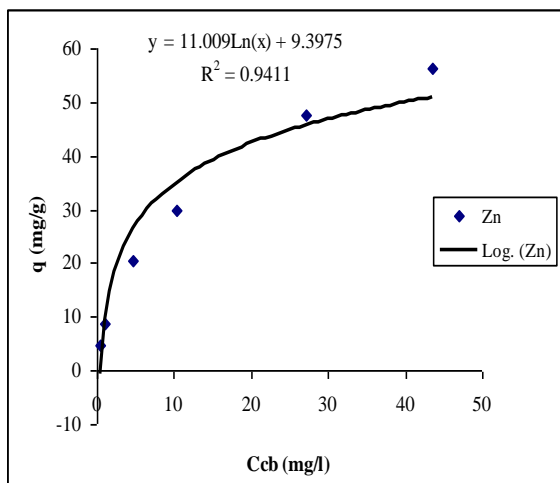
Hình 3.13a. Đường đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir của VLHP đối với  $\text{Cu}^{2+}$



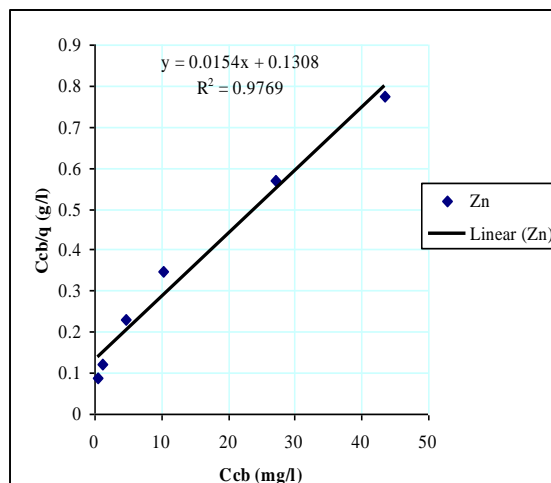
Hình 3.13b. Đường đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir dạng tuyến tính của VLHP đối với  $\text{Cu}^{2+}$

Dung lượng hấp phụ cực đại đối với ion  $\text{Cu}^{2+}$  xác định được từ phương trình đẳng nhiệt Langmuir trên hình 3.13b là 49,505 mg/g và hằng số Langmuir là 0,114.

### 3.6.4. Đối với $\text{Zn}^{2+}$



Hình 3.14a. Đường đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir của VLHP đối với  $\text{Zn}^{2+}$



Hình 3.14b. Đường đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir dạng tuyến tính của VLHP đối với  $\text{Zn}^{2+}$

Dung lượng hấp phụ cực đại tính toán được đối với  $\text{Zn}^{2+}$  là 64,935 mg/g và hằng số Langmuir là 0,118.

\* **Nhận xét:** Khi tăng nồng độ đầu của  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  dung lượng hấp phụ của VLHP tăng.

### 3.7. Kết quả thử nghiệm xử lý mẫu nước thải có chứa $\text{Zn}^{2+}$

**Bảng 3.11. Kết quả xử lý  $\text{Zn}^{2+}$  trong nước thải của xưởng xi mạ**

Ion kim loại	Hấp phụ lần 1				Hấp phụ lần 2		
	C <sub>o</sub> (mg/l)	C <sub>cb1</sub> (mg/l)	q <sub>1</sub> (mg/g)	H <sub>1</sub> (%)	C <sub>cb2</sub> (mg/l)	q <sub>2</sub> (mg/g)	H <sub>2</sub> (%)
$\text{Zn}^{2+}$	0,679	0,0684	0,122	89,92	0,0064	0,0124	90,7

Kết quả xử lý mẫu nước chứa  $\text{Zn}^{2+}$  bằng VLHP là than bã mía sau khi đã biến tính đạt được kết quả cao.

+ *Khảo sát khả năng tách loại và thu hồi ion  $\text{Zn}^{2+}$*

Tiến hành nghiên cứu quá trình giải hấp VLHP một lần bằng 100 ml dung dịch HCl. 0,1M, trong khoảng thời gian 90 phút. Dung dịch sau giải hấp được xác định nồng độ  $\text{Zn}^{2+}$  (C<sub>cbgh</sub>), kết quả như sau:

**Bảng 3.12. Kết quả giải hấp  $Zn^{2+}$** 

Ion $Zn^{2+}$	$C_o$ (mg/l)	$C_{cb2}$ (mg/l)	$C_{hp}$ (mg/l)	$C_{cbgh}$ (mg/l)	H (%)
	0,679	0.0064	0,6726	0,4581	68,11

Từ *bảng 3.12* có thể thấy hiệu suất giải hấp  $Zn^{2+}$  với dung dịch HCl 0,1M đạt 68,11%. Như vậy, VLHP chế tạo từ bã mía có khả năng tách loại và thu hồi ion kim loại  $Zn^{2+}$  cho kết quả tốt.

## KẾT LUẬN

Các kết quả thu được đã đáp ứng được mục đích nghiên cứu ban đầu của đề tài:

- Đã chế tạo thành công VLHP từ nguồn nguyên liệu phế thải công nghiệp là bã mía bằng axit sunfuric.
- Đã xác định đặc trưng bề mặt: cấu trúc phân tử, cấu trúc xốp của nguyên liệu bã mía và sản phẩm VLHP bằng phương pháp phổ hấp thụ hồng ngoại (IR) và kính hiển vi điện tử quét (SEM). Các kết quả khảo sát IR, SEM cho thấy:
  - + Bã mía tự nhiên có thành phần chủ yếu là xenlulozo, hemixenlulozo, lignin và có cấu trúc bề mặt tương đối xốp.
  - + VLHP có độ xốp cao hơn rất nhiều so với nguyên liệu đầu là bã mía, diện tích bề mặt lớn và bao gồm các tâm hấp phụ mạnh.
- Đã khảo sát được một số yếu tố ảnh hưởng đến sự hấp phụ của VLHP đối với  $Cr^{3+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  theo phương pháp hấp phụ tĩnh. Các kết quả thu được:
  - + Khoảng pH tối ưu để sự hấp phụ các ion kim loại của VLHP xảy ra tốt nhất:
    - Đối với  $Cr^{3+}$ : pH = 4
    - Đối với  $Ni^{2+}$ : pH = 5 ÷ 6
    - Đối với  $Cu^{2+}$ : pH = 4 ÷ 5
    - Đối với  $Zn^{2+}$ : pH = 4
  - + Khả năng hấp phụ của VLHP cao hơn rất nhiều so với nguyên liệu. Kết quả này hoàn toàn phù hợp với các kết quả khảo sát đặc điểm bề mặt VLHP và nguyên liệu đầu.
  - + Thời gian đạt cân bằng hấp phụ của VLHP:
    - Đối với  $Cr^{3+}$ : 40 phút
    - Đối với  $Ni^{2+}$ : 50 phút
    - Đối với  $Cu^{2+}$ : 50 phút
    - Đối với  $Zn^{2+}$ : 40 phút
  - + Khi lượng VLHP tăng, dung lượng hấp phụ của nó đối với  $Cr^{3+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  cũng tăng.
  - + Trong khoảng nồng độ đầu đã khảo sát với các ion kim loại, thì khi nồng độ đầu các ion kim loại tăng thì dung lượng hấp phụ của VLHP đối với các ion kim loại tăng.
  - + Khảo sát cân bằng hấp phụ theo mô hình hấp phụ đẳng nhiệt Langmuir đã xác định được dung lượng hấp phụ cực đại đối với mỗi ion là:
    - Đối với  $Cr^{3+}$ : 70,922 mg/g
    - Đối với  $Ni^{2+}$ : 48,544 mg/g
    - Đối với  $Cu^{2+}$ : 49,505 mg/g
    - Đối với  $Zn^{2+}$ : 64,935 mg/g
- Dùng VLHP chế tạo được xử lý nước thải chứa  $Zn^{2+}$  của một xưởng xi mạ, kết quả cho thấy sau hai lần hấp phụ nồng độ  $Zn^{2+}$  đã giảm xuống dưới mức cho phép của QCVN 24:2009/BTNMT - quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về nước thải công nghiệp.

## References

### Tài liệu tiếng Việt

- [1]. Lê Văn Cát (2002), Hấp phụ và trao đổi ion trong kỹ thuật xử lý nước thải, Nhà xuất bản Thống kê Hà Nội.
- [2]. Hoàng Nhân (2001), Hóa Vô cơ, tập II, tập III, Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội.
- [3]. Đặng Kim Chi (2005), Hóa học môi trường, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội
- [4]. Trịnh Thị Thanh (2000), Độc học Môi trường và Sức khỏe con người, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội.
- [5]. Nguyễn Đình Huệ, Hóa lí II, Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội.
- [6]. Trần Văn Nhân, Nguyễn Thạc Sừ, Nguyễn Văn Tuế (2004), Hóa lí, tập II, Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội.
- [7]. Lê Văn Cát (1999), Cơ sở Hóa học và kỹ thuật xử lý nước thải, Nhà xuất bản Thanh niên, Hà Nội.
- [8]. Nguyễn Thị Lan Anh (2007), Nghiên cứu tổng hợp và xác định đặc trưng của vật liệu nano hydroxyapatite, Luận văn thạc sĩ khoa học.
- [9]. Hồ Việt Quý (2005), Các phương pháp phân tích công cụ trong hóa học hiện đại, Nhà xuất bản Đại học Sư phạm Hà Nội.
- [10]. P.P.Koroxtelev (1974), Chuẩn bị dung dịch cho phân tích hóa học (người dịch: Nguyễn Trọng Biểu, Mai Hữu Đua, ...), Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [11]. Lê Thanh Hưng, Phạm Thành Quân, Lê Minh Tâm, Nguyễn Xuân Thơm (2008), *Nghiên cứu khả năng hấp phụ và trao đổi ion của xơ dừa và vỏ trấu biến tính*, Đại học Bách khoa - ĐHQGHCM, Tạp chí Phát triển và Khoa học Công nghệ, Tập 11, Số 08.
- [12]. Phạm Nguyệt Tú (2005), *Nghiên cứu sử dụng vật liệu hấp phụ chế tạo từ lõi ngô để xử lý nguồn nước bị ô nhiễm dầu và một số kim loại nặng*, Khóa luận tốt nghiệp Đại học.

### Tài liệu tiếng Anh

- [13]. Adesola Babarinde N.A, J.Oyebamiji.Babalola and R.Adebowale Sani (2006), *Biosorption of lead ions from aqueous solution by maize leaf*, International Journal of Physical Sciences Vol. 1 (1), pp. 023 - 026.
- [14]. XU Tao and LIU Xiaoqin (2008), *peanut shell activated carbon: Characterization, surface modification and adsorption of Pb<sup>2+</sup> from aqueous solution*, Chinese Journal of Chemical Engineering, 16 (3), pp. 401 - 406.
- [15]. Kernit Wilson, Hong Yang, Chung W.Seo, Wayne E.Marshall (2006), *Select metal adsorption by activated carbon made from peanut shells*, Bioresourc Technology, Vol. 97, pp. 2266 - 2270.
- [16]. Gaikwad R W (2004), *Removal of Cd(II) from aqueous solution by activated charcoal derived from coconut shell*, Electron J Environ Agric Food Chem, 3, pp. 702 - 709.
- [17]. Issabayeva G, Aroua M K & Anirudhan T S (2003), *Removal of lead from aqueous solution on palm shell activated carbon*, Biores Technol, 97, 2350 - 2355.
- [18]. Thomas Anish Johnson, Niveta Jain, H C Joshi and Shiv Prasad (2008), *Agricultural and agro-processing wastes as low cost adsorbents for metal removal from wastewater: A review*, Journal of Scientific and Industrial Research, Vol. 67, pp. 647 - 658.
- [19]. Umesh K.Garg and Dhiraj Sud (2005), *Optimization of process parameters for removal of Cr(VI) from aqueous solution using modified sugarcane bagasse*, Electronic Journal of Enviromental, Agricultural and Food Chemistry, 4(6), 1150 - 1160.
- [20]. W. E. Masshall, L.H. Wartelle, D.E Borler, M.M. John, C.A. Toles (1999), *Enhanced metal adsorption by soybean hulls modified with citric acid*, Southern Regional Research center, USA, Bioresource Technology, pp. 262-268.
- [21]. Trivette Vanghan, Chung W.Seo, Wayne E. Marshall (2001), *Removal of selected metal ions from aqueous solution using modified corncobs*, Bioresource Technology, Vol. 78, pp. 133 - 139.

[22]. A.G. Liew Abdullah, MA, Mohd Salled, M.K. Siti Mazlina, M.J Megat Mohd Noor, M.R.Osman, R.Wagiran and S.Sobri (2005), *Azo dye removal by adsorption using waste biomass: Sugarcane baggasse*. International Journal of Engineering and Technology, Vol. 2, No. 1, pp.8-13.