

# ẢNH HƯỞNG CỦA CHIỀU DÀY MÀNG COMPOZIT VÀ ĐIỆN THẾ ÁP ĐẶT ĐẾN KHẢ NĂNG ĐIỆN HẤP PHỤ MUỐI CỦA ĐIỆN CỰC CACBON

## EFFECT OF THE COMPOSITE THICKNESS AND APPLIED VOLTAGE ON SALTS ELECTROADSORPTION CAPACITY OF CACBON ELECTRODE

Nguyễn Thị Thơm<sup>1,2,\*</sup>, Võ Thị Kiều Anh<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Thu Trang<sup>1</sup>, Nguyễn Thu Phương<sup>1</sup>,  
Đinh Thị Mai Thanh<sup>1,3</sup>, Phạm Thị Năm<sup>1</sup>, Trần Đại Lâm<sup>1,2</sup>, Huỳnh Lê Thanh Nguyên<sup>4</sup>, Nguyễn Thái  
Hoàng<sup>4</sup>, Lê Viết Hải<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Viện Kỹ thuật nhiệt đới, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

<sup>2</sup>Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

<sup>3</sup>Trường Đại học Khoa học và Công nghệ Hà Nội, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

<sup>4</sup>Trường Đại học Khoa học tự nhiên, Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh

Đến Tòa soạn ngày 30/08/2022, chấp nhận đăng ngày 15/09/2022

**Tóm tắt:** Vật liệu điện cực cacbon xốp dẫn điện trên cơ sở cacbon hoạt tính gáo dừa đã được chế tạo làm điện cực xử lý nước lợ theo công nghệ điện dung khử ion (Capacitive Deionization - CDI). Ảnh hưởng của thông số chiều dày màng compozit và điện thế áp đặt đến tính chất đặc trưng cũng như khả năng hấp phụ muối của điện cực đã được nghiên cứu. Kết quả của nghiên cứu này chỉ ra rằng chiều dày màng là một thông số quan trọng ảnh hưởng đến dung lượng hấp phụ muối của điện cực. Màng compozit chế tạo càng dày thì điện trở khối của điện cực càng lớn dẫn đến giảm dung lượng hấp phụ muối. Nghiên cứu ảnh hưởng của điện thế áp đặt đến điện dung hấp phụ của vật liệu cho thấy giá trị độ hấp phụ muối cực đại SAC đạt cao nhất tại điện thế 1,2 V (10,93 mg/g và 11,97 mg/g cho chế độ hoạt động tuần hoàn và chế độ hoạt động liên tục).

**Từ khóa:** Điện cực compozit xốp, điện cực khử mặn, công nghệ điện dung khử ion (Capacitive Deionization - CDI).

**Abstract:** The porous composite electrode based on activated carbon from coconut shell charcoal were fabricated as an electrode for brackish water treatment by Capacitive Deionization technology (CDI). The effect of composite thickness and applied voltage on the characteristic properties as well as salt electroadsorption capacity of the electrode was studied. The results indicate that the composite thickness is an important parameter affecting the salt adsorption capacity of the electrode. The resistance of the electrode is large for the thick composite film, leading to a reduction in the salt adsorption capacity. The study on the effect of applied voltage on the adsorption capacitance of the material showed that the maximum value of salt adsorption (SAC) reached at 1.2 V (10.93 mg/g and 11.97 mg/g for batch mode and single pas mode, respectively).

**Keywords:** Porous composite electrode, desalination electrode, capacitive deionization (CDI) technology.

## **1.MỞ ĐẦU**

Trong số các nguồn tài nguyên, nước là yếu tố cơ bản không thể thiếu trong việc duy trì sự sống và mọi hoạt động của con người trên hành tinh. Kể từ đầu thế kỷ XX, lượng nước tiêu thụ toàn cầu tăng 7 lần, chủ yếu do sự gia tăng dân số và nhu cầu về nước của từng cá nhân. Hơn nữa, do sự biến đổi khí hậu, sự biến đổi về nhiệt độ và lượng mưa, hiện nay nhiều nơi trên thế giới thường xuyên không có đủ nước để đáp ứng nhu cầu của con người khi 70% diện tích của Trái Đất được nước che phủ nhưng chỉ 0,3% tổng lượng nước nằm trong các nguồn có thể khai thác dùng làm nước uống [1]. Vì thế, trong thế kỷ XXI, tình trạng thiếu nước đã trở thành một vấn đề nghiêm trọng nhất trong các vấn đề về nước, đe dọa quá trình phát triển bền vững. Theo đánh giá của nhiều cơ quan nghiên cứu về tài nguyên nước, hiện tại có khoảng 1/3 số quốc gia trên thế giới bị thiếu nước và đến năm 2025, con số này sẽ là 2/3 với khoảng 35% dân số thế giới sẽ rơi vào tình cảnh thiếu nước nghiêm trọng.

Việt Nam nằm trong danh sách các quốc gia khan hiếm nước do phát triển kinh tế từ năm 2008. Đỉnh điểm của sự thiếu hụt nước bắt đầu từ cuối năm 2014 khi hiện tượng El Nino đã ảnh hưởng trực tiếp đến nước ta, hậu quả là làm cho nền nhiệt tăng cao, thiếu hụt lượng mưa, là nguyên nhân gây ra tình trạng hạn hán, xâm nhập mặn. Các khu vực bị ảnh hưởng nặng là Nam Trung Bộ, Tây Nguyên, Đông Nam Bộ và Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL). Đặc biệt chỉ xét riêng ĐBSCL trong năm 2015-2016 đã chịu ảnh hưởng của mùa mưa đến muộn và kết thúc sớm, về phía dòng chảy thượng nguồn sông Mê Kông bị thiếu hụt nên mực nước tại các sông xuống rất thấp làm cho xâm nhập mặn tiến vào sớm hơn 2 tháng đã gây nhiều thiệt hại nặng nề cho nền

sản xuất và dân sinh. Ước tính tổng thiệt hại trong đợt hạn - mặn 2015-2016 trong toàn vùng ĐBSCL có thể lên đến 5.500 tỷ đồng. Với tình hình biến đổi khí hậu ngày càng khắc nghiệt như hiện nay, hiện tượng nhiễm mặn và xâm nhập mặn trong thời gian tới là không thể tránh khỏi. Vì vậy, bên cạnh các biện pháp ứng phó, việc áp dụng các công nghệ khử mặn cho nước là giải pháp cần được quan tâm phát triển.

Đến nay, trên thế giới đã phát triển nhiều công nghệ khử mặn như công nghệ màng thẩm thấu ngược RO (Reverse Osmosis) [1-3], công nghệ khử lọc muối đa hiệu ứng (Multi-Effect Distillation, MED), công nghệ xả đa tầng (Multi-Stage Flash, MSF) [4-6] và Công nghệ điện ly (Electrodialysis, ED) [7-10]... Trong đó, công nghệ lọc RO được sử dụng rộng rãi nhất, mặc dù công nghệ này cho giá thành xử lý nước cao \$0.35/m<sup>3</sup> [11, 12].

Điện dung khử ion (CDI) là một công nghệ hứa hẹn cho khử mặn nước với các ưu điểm như: dễ xử lý, không tốn kém, tiết kiệm năng lượng và hiệu quả kinh tế trong số những công nghệ khử mặn nước có nồng độ muối thấp và vừa (< 10 g/L) [12]. Hầu hết các nghiên cứu cho thấy điện cực được sử dụng trong công nghệ CDI đóng vai trò quan trọng trong việc loại bỏ ion. Điện cực sử dụng cho thiết bị CDI có thể được làm từ các vật liệu xốp dẫn điện như than chì và cacbon... [12, 13]. Trong số các vật liệu xốp dẫn điện, vật liệu cacbon hoạt tính (AC) là một vật liệu chi phí thấp và có sẵn với khối lượng phong phú, diện tích bề mặt riêng cao (từ 1000 đến 3000 m<sup>2</sup>/g). Nguồn AC khá phong phú, có thể chế tạo từ thực vật, dầu khí, muội than đá và tổng hợp hóa học. Kỹ thuật gát tạo màng được sử dụng phổ biến trong chế tạo điện cực cho công nghệ CDI vì tính đơn giản, dễ dàng thực hiện đồng thời có thể chế tạo với quy mô lớn các điện cực.

Một số nghiên cứu về chế tạo điện cực compozit từ AC đã được nghiên cứu và ứng dụng để khử muối của công nghệ CDI. Li và cộng sự đã chế tạo compozit rGO/AC với 20% rGO mang lại khả năng khử mặn tốt nhất [14, 15]. Vật liệu tổ hợp graphene/AC cho dung lượng hấp phụ 2,88 mg/g ở điện thế áp đặt 2,0 V trong dung dịch NaCl 40 mg/L [16]. Điện cực than hoạt tính AC/graphene có nguồn gốc từ vỏ cọ cho thấy hiệu quả hấp thụ điện đáng kể đối với cation hóa trị I và hóa trị II thể hiện tiềm năng ứng dụng trong xử lý nước lợ [17].

Trong nghiên cứu này, điện cực composite xốp đã được chế tạo với thành phần chính là cacbon hoạt tính từ than gáo dừa - một phụ phẩm nông nghiệp của các tỉnh miền Nam kết hợp với một lượng rất nhỏ chất dẫn điện ống nano cacbon (CNT 1%). Vật liệu điện cực đã được đánh giá đặc trưng bề mặt bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM), phân tích góc tiếp xúc nước, đo điện trở khối và điện dung của vật liệu. Các nghiên cứu thử nghiệm về khả năng hấp phụ muối của điện cực này cho thấy khả năng ứng dụng của vật liệu điện cực trong thực tiễn.

## 2. THỰC NGHIỆM VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Hóa chất

Than hoạt tính (activated carbon) - Công ty Trabaco, Việt Nam;  $\text{HNO}_3$  (65-68%, Trung Quốc); etanol (99,7%, ChemsolVina); axeton

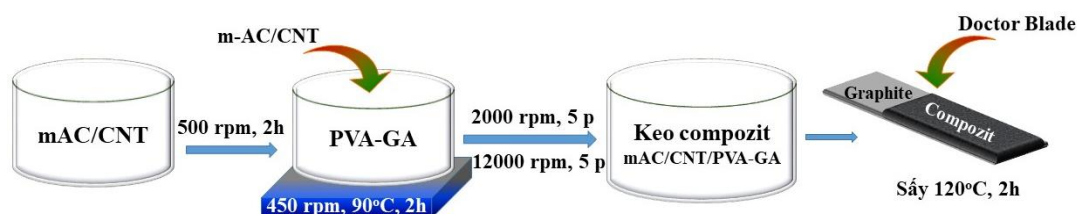
(99,5%, ChemsolVina); ống nano cacbon (CNT); polyvinylalcohol (PVA,  $M_w = 130.000$ , sigma aldrich); glutaraldehyde 95% (GA, sigma aldrich); tấm graphite (hãng Ceramaterials, Mỹ): độ tinh khiết 99,9%, chiều dài 50 m, rộng 1 m và chiều dày 150  $\mu\text{m}$ .

### 2.2. Chuẩn bị vật liệu nền

Điện cực graphite được xử lý bề mặt qua ba bước bao gồm xử lý với nước cất, xử lý với dung môi etanol và xử lý với dung môi acetone. Đầu tiên, điện cực graphite được rửa với nước cất và một số chất tẩy rửa thông thường để làm sạch bề mặt, quá trình tẩy rửa điện cực diễn ra trong thời gian 30 phút ở nhiệt độ phòng. Tiếp đến, điện cực graphite được xử lý với etanol tuyệt đối, kết hợp đánh siêu âm trong thời gian 30 phút. Sau đó, điện cực graphite được rửa lại nhiều lần với dung môi acetone để làm sạch bề mặt cũng như các lỗ trống bên trong điện cực. Cuối cùng sấy điện cực graphite ở  $80^\circ\text{C}$  trong 2 giờ và bảo quản trong bình hút ẩm.

### 2.3. Chế tạo điện cực compozit mAC/CN2T/PVA-GA

Điện cực compozit xốp dẫn điện mAC/CNT/PVA-GA được chế tạo từ cacbon hoạt tính gáo dừa (89%), chất dẫn điện ống nano cacbon (CNT 1%) sử dụng hệ chất kết dính PVA-GA (10%). Điện cực được chế tạo bằng kỹ thuật gạt tạo màng sử dụng dao gạt (doctor blade) như mô tả trên hình 1.



Hình 1. Sơ đồ chế tạo điện cực compozit mAC/CNT/PVA-GA

Đầu tiên, dung dịch chất kết dính PVA 6% được chuẩn bị bằng cách hòa tan PVA trong

nước cất ở nhiệt độ  $90^\circ\text{C}$  trong 1 giờ. Dung dịch GA 25% được sử dụng để tạo liên kết

chéo với PVA giúp cho điện cực chế tạo được không bị hòa tan trong dung môi nước. Dung dịch này được khuấy với tốc độ 450 vòng/phút, ở nhiệt độ 90°C trong thời gian 2 giờ tạo thành dung dịch kết dính PVA-GA. Tiếp theo, CNT và mAC được trộn với nhau sử dụng máy nghiền bi với tốc độ 500 vòng/phút trong 2 giờ. Phân tán hỗn hợp mAC và CNT trong nước cất với tỷ lệ chất rắn: nước cất = 1:1. Sau đó, thêm từ từ hỗn hợp mAC/CNT vào dung dịch hệ kết dính PVA-GA ở trên khuấy với tốc độ 450 vòng/phút trong 2 giờ ở nhiệt độ 90°C thu được hệ keo compozit mAC/CNT/PVA-GA.

Keo compozit mAC/CNT/PVA-GA được tạo màng trên tấm graphite bằng kỹ thuật gạt tạo màng (slurry casting method) sử dụng doctor blade. Chiều dày của màng compozit được thay đổi trong khoảng 100-500  $\mu\text{m}$  bằng cách điều chỉnh thông số chiều dày trên dao gạt. Chiều dày màng sau khi khô được tiến hành đo lại sử dụng thước panme với giá trị là trung bình của 5 điểm đo.

#### 2.4. Các phương pháp phân tích hình thái và cấu trúc

Hình thái học của các vật liệu được phân tích bằng các phương pháp hiển vi điện tử quét (Scanning Electron Microscope- SEM) trên thiết bị Hitachi SU- 8010 (Nhật Bản).

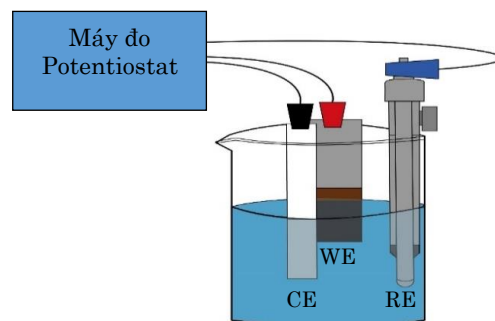
Khả năng thấm ướt của các điện cực compozit được biểu thị bằng góc tiếp xúc với 1  $\mu\text{L}$  nước khử ion trên bề mặt vật liệu sử dụng Drop master 100 (Đại học Osaka, Nhật Bản). Góc tiếp xúc là giá trị trung bình của 5 lần đo.

Điện trở khối của vật liệu compozit được xác định bằng phương pháp 2 mũi dò tại Phòng điện hóa ứng dụng = Viện Hóa học sử dụng kỹ thuật ép viên compozit hình vuông kích thước 1 cm và diện tích mẫu (0,2355  $\text{cm}^2$ ). Độ dẫn điện được chuyển đổi từ điện trở suất với

giá trị trung bình của 5 điểm đo.

#### 2.5. Phương pháp điện hóa

Tính chất điện dung của điện cực compozit được xác định bằng phương pháp quét thế vòng tuần hoàn (Cyclic Voltammetry CV) trên máy đo điện hóa đa năng Autolab 302N và thiết bị biologic VSP 300 sử dụng hệ ba điện cực gồm: điện cực so sánh Ag/AgCl bão hòa, điện cực đối là tấm platinum lưới kích thước 2,5×2,5 cm và điện cực làm việc là điện cực compozit trên đế graphite, dung dịch điện ly NaCl 200 ppm (hình 2).



Hình 2. Hệ đo điện hóa ba điện cực, CE – điện cực đối, WE - điện cực làm việc, RE điện cực so sánh

Các điện cực làm việc có kích thước 2,5×2,5 cm được cố định trên đế thủy tinh, phần graphite không phủ compozit được che bằng băng keo cách điện. Điện cực được ngâm 1 giờ trong NaCl 200 ppm trước khi đo, mỗi lần đo 3 chu kỳ với thế quét từ - 0,5 đến 0,5 V, tốc độ quét thế là 5  $\text{mV s}^{-1}$  tại nhiệt độ phòng. Kết quả đo lần thứ 3 sẽ được sử dụng để xác định điện dung của điện cực. Tính điện dung riêng của điện cực compozit theo công thức:

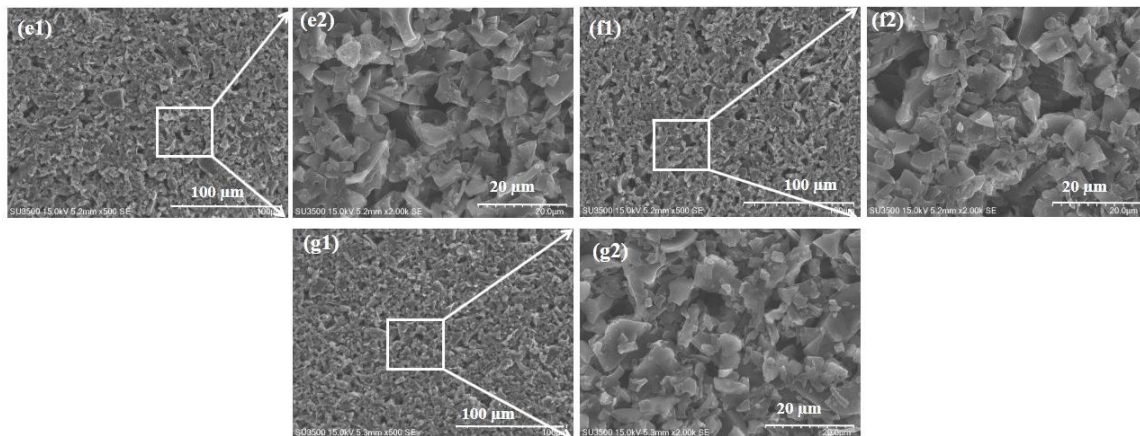
$$C = \frac{\int I \, dE}{2 \, v \, m \, \Delta V} \quad (1)$$

Trong đó, I - dòng điện (A), E - điện thế (V), v(V/s) - tốc độ quét thế; Q - điện tích (C), m (g) - khối lượng compozit,  $\Delta V$  - khoảng thế quét (1 V), I - dòng phóng điện và t(s) - thời gian phóng điện.

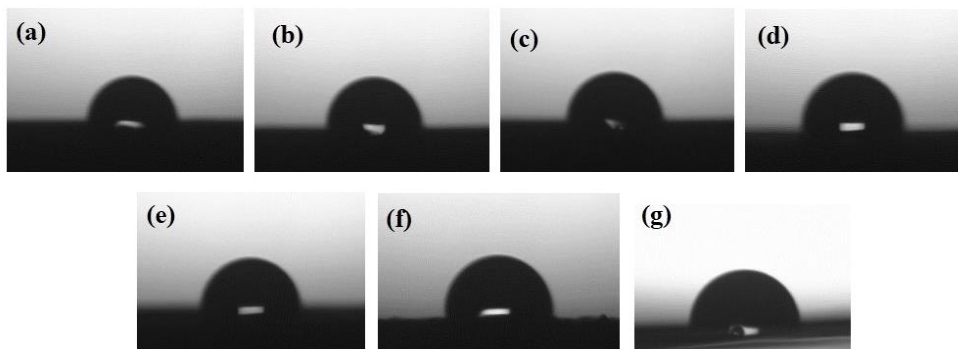
### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Hình 3 thể hiện ảnh SEM của điện cực compozit xốp với độ dày thay đổi từ 100-500  $\mu\text{m}$ . Bề mặt các điện cực đồng đều, các hạt phân bố kích thước micromet. Bề mặt điện cực cho thấy độ xốp cao của các điện cực compozit, đều có sự xuất hiện của các lỗ rỗng

giúp cho các ion có thể dễ dàng đi sâu vào bên trong điện cực từ đó làm gia tăng khả năng hấp phụ ion của điện cực. Khả năng thấm ướt của điện cực được xác định bằng phép đo góc tiếp xúc với nước. Góc tiếp xúc với nước của điện cực khoảng  $80^\circ$  (hình 4).



Hình 3. Ảnh SEM của điện cực compozit dày 100  $\mu\text{m}$  (a1, a2), 150  $\mu\text{m}$  (b1, b2), 200  $\mu\text{m}$  (c1, c2), 250  $\mu\text{m}$  (d1, d2), 300  $\mu\text{m}$  (e1, e2), 400  $\mu\text{m}$  (f1, f2) và 500  $\mu\text{m}$  (g1, g2)



Hình 4. Góc tiếp xúc với nước của điện cực compozit dày 100  $\mu\text{m}$  (a), 150  $\mu\text{m}$  (b), 200  $\mu\text{m}$  (c), 250  $\mu\text{m}$  (d), 300  $\mu\text{m}$  (e), 400  $\mu\text{m}$  (f) và 500  $\mu\text{m}$  (g)

Kết quả phân tích ảnh hưởng của chiều dày màng compozit đến điện trở khối của điện cực được đánh giá bằng phương pháp bốn đầu dò và thể hiện trong bảng 1. Kết quả cho thấy màng compozit càng dày có điện trở càng lớn, điều này hoàn toàn phù hợp vì khi màng compozit càng dày thì sự hỗ trợ điện từ cực góp graphite càng giảm. Các kết quả này phù hợp với đặc trưng dẫn điện của vật liệu compozit trên cơ sở vật liệu cacbon hoạt tính.

Kết quả điện dung riêng theo khối lượng của các điện cực compozit chế tạo với các độ dày màng khác nhau (bảng 1) cho thấy giá trị điện dung tăng dần khi độ dày điện cực tăng từ 100  $\mu\text{m}$  đến 200  $\mu\text{m}$ , tiếp tục tăng chiều dày màng compozit thì giá trị điện dung giảm. Giá trị điện dung tốt nhất đạt được với điện cực compozit chế tạo ở độ dày 200  $\mu\text{m}$ . Kết quả này phù hợp với kết quả về giá trị điện trở khối của điện cực.



**Bảng 1. Điện trở khối và điện dung của điện cực chế tạo với chiều dày màng khác nhau**

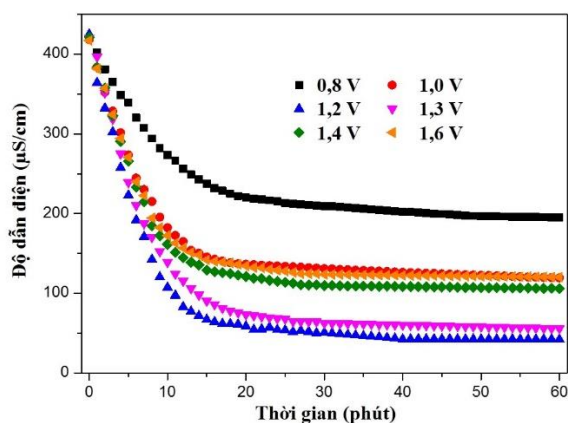
Độ dày màng điện cực ( $\mu\text{m}$ )	Điện trở khối ( $\text{m}\Omega.\text{cm}$ )	Điện dung theo khối lượng ( $\text{F/g}$ )
$100 \pm 7$	$10,2 \pm 0,2$	75,2
$150 \pm 5$	$11,6 \pm 0,4$	98,1
$200 \pm 10$	$14,5 \pm 0,2$	120,5
$250 \pm 7$	$32,3 \pm 0,5$	102,5
$300 \pm 5$	$84,9 \pm 0,7$	95,7
$400 \pm 7$	$102,3 \pm 0,4$	88,2
$500 \pm 10$	$110,7 \pm 0,7$	82,3

### Đặc trưng quá trình hấp phụ muối

Vật liệu điện cực mAC/CNT/PVA-GA (89/1/10) với chiều dày màng 200  $\mu\text{m}$  được sử dụng để nghiên cứu khả năng hấp phụ muối ở các giá trị điện thế áp đặt khác nhau: 0,8 V; 1,0 V; 1,2 V; 1,3 V; 1,4 V và 1,6 V với hai chế độ vận hành là chế độ tuần hoàn và chế độ liên tục. Đồ thị biến đổi độ dẫn điện riêng theo thời gian của cặp điện cực khi áp các điện thế khác nhau trong thời gian 60 phút theo chế độ tuần hoàn được trình bày trong hình 3.3. Khi điện thế được áp đặt vào giữa hai điện cực, độ dẫn điện giảm liên tục cho thấy quá trình điện hấp phụ ion  $\text{Na}^+$  và  $\text{Cl}^-$  diễn ra trên hai bề mặt điện cực. Độ dẫn đạt giá trị bão hòa và giữ không đổi sau khoảng 20 phút. Khi tăng thế áp đặt, độ dẫn tại thế 1,2 V và 1,3 V cho hiệu quả khử mặn cao nhất, giá trị độ dẫn giảm từ 410  $\mu\text{S/cm}$  xuống dưới 70  $\mu\text{S/cm}$ . Tại các thế 1,0 V; 1,4 V và 1,6 V; giá trị độ dẫn chỉ đạt  $\sim 130 \mu\text{S/cm}$ . Điều này cho thấy thế áp đặt tại 1,2 V và 1,3 V cho hiệu quả khử mặn cao nhất đối với hệ vật liệu điện cực đã chế tạo.

Hình 5 biểu diễn đồ thị biến đổi độ dẫn điện riêng theo thời gian của stack hoạt động ở chế

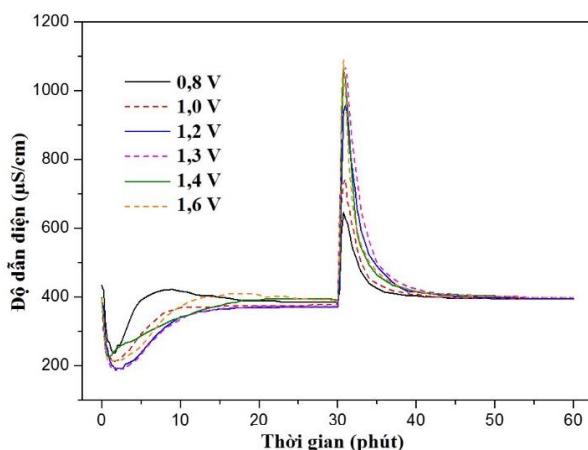
độ liên tục khi áp các điện thế khác nhau từ 0,8-1,6 V. Đồ thị độ dẫn riêng theo thời gian tại tất cả các giá trị thế áp đặt đều giảm đến một giá trị cực tiểu. Khả năng duy trì độ dẫn tại giá trị cực tiểu sẽ biểu diễn cho động học hấp phụ nhanh của vật liệu. Với độ dẫn đầu vào 200 ppm (417  $\mu\text{S/cm}$ ), hai giá trị thế áp đặt 1,2 V và 1,3 V duy trì được giá trị độ dẫn cực tiểu  $\sim 200 \mu\text{S/cm}$  trong khoảng 3 phút; trong khi đó, giá trị thế 0,8 V chỉ duy trì giá trị độ dẫn cực tiểu ở 242  $\mu\text{S/cm}$  dưới một phút. Sau khoảng 30 phút, quá trình hấp phụ muối trên điện cực bão hòa, độ dẫn tăng dần và quay trở về giá trị độ dẫn ban đầu và quá trình tái sinh điện cực được thực hiện bằng cách đảo cực chiều điện thế. Giá trị độ dẫn tăng mạnh trong 2-3 phút đầu tiên do các ion trên bề mặt điện cực được giải hấp ra khỏi điện cực, sau đó độ dẫn giảm dần. Có thể thấy, giá trị độ dẫn trong quá trình tái sinh ở thế 1,2 V và 1,3 V đạt giá trị cao, điều này cho thấy thế 1,2 và 1,3 V có độ hấp phụ muối cao nhất. Sau gần 10 phút, giá trị độ dẫn đã quay lại gần giá trị độ dẫn ban đầu, cho thấy quá trình tái sinh của điện cực diễn ra nhanh.



**Hình 5. Đồ thị biến đổi độ dẫn điện riêng theo thời gian của điện cực hoạt động ở chế độ**

Độ hấp phụ muối của điện cực composit tại các giá trị thế 0,8-1,6 V theo hai chế độ tuần hoàn và liên tục được trình bày trong hình 5. Ở cả hai chế độ hoạt động, giá trị độ hấp phụ

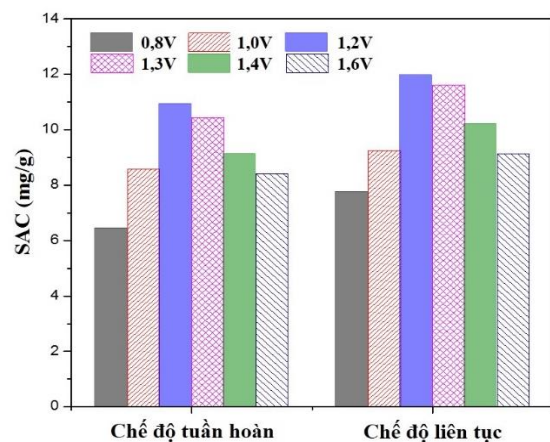
muối cực đại (SAC) đạt giá trị cao nhất tại điện thế áp đặt 1,2 V và 1,3 V. Giá trị SAC tại điện thế áp đặt 1,4 V và 1,6 V không mang lại hiệu quả đáng kể do quá trình điện phân nước có khả năng diễn ra đồng thời (khi thế lớn hơn 1,23 V). Giá trị SAC đạt được trong chế độ hoạt động tuần hoàn theo thế áp đặt lần lượt 6,44 mg/g (0,8 V), 8,58 mg/g (1,0 V), 10,93 mg/g (1,2 V), 10,45 mg/g (1,3 V), 9,13 mg/g (1,4 V) và 8,41 mg/g (1,6 V). Giá trị SAC đạt được trong chế độ hoạt động liên tục với các giá trị thế áp đặt lần lượt 7,75 mg/g (0,8 V), 9,25 mg/g (1,0 V), 11,97 mg/g (1,2 V), 11,61 mg/g (1,3 V), 10,21 mg/g (1,4 V) và 9,13 mg/g (1,6 V). Từ các kết quả nghiên cứu cho phép lựa chọn điện thế áp đặt 1,2 V là phù hợp cho giá trị điện dung cao đồng thời không xảy ra quá trình điện phân nước.



Hình 6. Đồ thị biến đổi độ dẫn điện riêng theo thời gian của stack hoạt động ở chế độ liên tục khi áp các điện thế khác nhau

Giá trị SAC cao nhất cho cả hai chế độ hoạt động đạt được tại 1,2 V: 10,93 mg/g cho chế độ hoạt động tuần hoàn và 11,97 mg/g cho chế độ hoạt động liên tục. Kết quả này cho thấy điện cực compozit chế tạo trong nghiên cứu này AC/CNTs 1% có độ hấp phụ muối cao và tương đương với các kết quả đã được

công bố trên thế giới khi sử dụng các loại điện cực từ nguồn gốc sinh khối khác.



Hình 7. Độ hấp phụ muối của điện cực compozit tại các giá trị thế 0,8-1,6 V với hai chế độ tuần hoàn và liên tục

#### 4. KẾT LUẬN

Điện cực compozit xốp trên cơ sở cacbon hoạt tính từ than gáo dừa kết hợp với chất dẫn điện ống nano cacbon CNS đã được chế tạo thành công sử dụng hệ chất kết dính PVA-GA. Chiều dày màng compozit là một thông số ảnh hưởng lớn đến điện trở khối của vật liệu điện cực compozit. Chiều dày màng tăng, sự hỗ trợ điện từ cực góp graphit giảm, dẫn đến điện trở khối của vật liệu điện cực tăng, giảm điện dung riêng của vật liệu. Nghiên cứu ảnh hưởng của điện thế áp đặt đến điện dung hấp phụ của vật liệu cho thấy giá trị độ hấp phụ muối cực đại SAC đạt cao nhất tại điện thế 1,2 V và 1,3 V. Giá trị SAC đạt được tại điện thế áp đặt 1,2 V là 10,93 mg/g và 11,97 mg/g cho chế độ hoạt động tuần hoàn và chế độ hoạt động liên tục.

#### 5. LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam thông qua đề tài mã số ĐLTE 00.04/21-22.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] X. Gao, A. Omosebi, J. Landon, K. Liu, "Enhanced Salt Removal in an Inverted Capacitive Deionization Cell

- Using Amine Modified Microporous Carbon Cathodes”, Environ. Sci. Technol. 49, 10920–10926 (2015).
- [2] A. Subramani, J. G. Jacangelo, “Emerging desalination technologies for water treatment: A critical review”, Water Res. 75, 164–187 (2015).
- [3] S.W. Sharshir, N. Yang, G. Peng, A.E. Kabeel, “Factors affecting solar stills productivity and improvement techniques: A detailed review”, Applied Thermal Engineering 100, (2016).
- [4] A.A. Karaghoul, L.L. Kazmerski, “Energy consumption and water production cost of conventional and renewable-energy-powered desalination processes”, Renew. Sustain. Energy Rev. 24, 343–356 (2013).
- [5] L. Henthorne, B. Boysen, “State-of-the-art of reverse osmosis desalination pretreatment”, Desalination 356, 129–139 (2015).
- [6] S. Burn, M. Hoang, D. Zarzo, F. Olewniak, E. Campos, B. Bolto, O. Barron, “Desalination techniques - A review of the opportunities for desalination in agriculture”, Desalination 364, 2–16 (2015).
- [7] M.A. Anderson, A.L. Cudero, J. Palma, “Capacitive deionization as an electrochemical means of saving energy and delivering clean water. Comparison to present desalination practices: Will it compete?”, Electrochim. Acta 55, 3845–3856 (2010).
- [8] J.W. Blair, G.W. Murphy, “Electrochemical Demineralization of Water with Porous Electrodes of Large Surface Area, Advances in Chemistry”, American Chemical Society: Washington, DC, 206–223 (1960).
- [9] A.M. Johnson, J. Newman, “Desalting by Means of Porous Carbon Electrodes”, J. Electrochem. Soc. 118, 510 (2007).
- [10] J.C. Farmer, D.V. Fix, G.V. Mack, R.W. Pekala, J.F. Poco, “Capacitive Deionization of NaCl and NaNO<sub>3</sub> Solutions with Carbon Aerogel Electrodes”, J. Electrochem. Soc. V. Gutmann E. Vychera, Inorg. Nucl. Chem. Lett. J. Electroanal. Chem., 143, 159–169 (1996).
- [11] Y. Oren, “Capacitive deionization (CDI) for desalination and water treatment - past, present and future (a review)”, Desalination 228, 10–29 (2008).
- [12] X. Xu, L. Pan, Y. Liu, T. Lu, Z. Sun, D.H.C. Chua, “Facile synthesis of novel graphene sponge for high performance capacitive deionization”, Sci. Rep. 5, 1–9 (2015).
- [13] J.H. Choi, “Fabrication of a carbon electrode using activated carbon powder and application to the capacitive deionization process”, Sep. Purif. Technol. 70, 362–366 (2010).
- [14] H. Li, L. Pan, C. Nie, Y. Liu, Z. Sun, “Reduced graphene oxide and activated carbon composites for capacitive deionization”, J Mater Chem. 22, 15556–61 (2012).
- [15] H. Li, L. Zou, K. Pan, Z. Sun, “Novel Graphene-Like electrodes for capacitive deionization”, Environ. Sci. Technol. 44, 22, 8692-8697 (2010).
- [16] X. Liu, T. Chen, W. Qiao, Z. Wang, L. Yu, “Fabrication of graphene/ activated carbon nanofiber composites for high performance capacitive deionization”, Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, 72:213–9 (2017).
- [17] L.G. Chong, P.A. Chen, J.Y. Huang, H.L. Huang, H.P. Wang, “Capacitive deionization of a RO brackish water by AC/graphene composite electrodes”, Chemosphere, 191:296–301 (2018).

---

*Thông tin liên hệ:* **Nguyễn Thị Thơm**

Điện thoại: 0973197326 Email:ntthom@itt.vast.vn; nguyenthomsp@gmail.com

Viện Kỹ thuật nhiệt đới, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.





