

ẢNH HƯỞNG CỦA HÀM LƯỢNG CHẤT DẪN ĐIỆN GRAFITE VÀ AXETYLEN ĐEN ĐẾN KHẢ NĂNG HẤP PHỤ MUỐI CỦA ĐIỆN CỰC CACBON

Đến tòa soạn 10-03-2021

**Nguyễn Thị Thơm, Phạm Thị Năm, Võ Thị Kiều Anh, Nguyễn Thị Thu Trang,
Đinh Thị Mai Thanh, Trần Đại Lâm**

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

Đinh Thị Mai Thanh

Trường Đại học Khoa học và Công nghệ Hà Nội, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Ngô Gia Thế, Trần Trung Tuấn

Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Lê Hải Đăng, Vũ Thị Khuê

Trường Đại học Sư phạm Hà Nội

SUMMARY

EFFECT OF CONDUCTOR AMOUNT OF GRAPHITE AND ACETYLENE BLACK ON ADSORPTION ABILITY OF CARBON ELECTRODE

This study focuses on fabrication of porous carbon electrodes which are used as the electrodes to treat brackish water following Capacitive Deionization technology (CDI). Effect of conductor amount such as graphite or acetylene black on material properties as well as electrochemical behavior of the composite electrodes were investigated. SEM images and results of N_2 adsorption – desorption shows that the composite electrodes have porous structure with many holes. The presence of Gt or AB conductors enhanced the specific capacitance of the composite electrodes. The specific capacitance reached 50.8 F/g and 53.9 F/g with the presence of 5% Gt or AB, which is higher nearly 2 times than that of mAC electrode (27.8 F/g).

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

1. MỞ ĐẦU

Việt Nam được đưa vào 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). 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 để tái sinh nguồn nước ngọt 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 (Reverse Osmosis, RO) [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) [7-11]... 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/m³ [12, 13].

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 ($< 10 \text{ g/L}$) [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. Một vài tiêu chí để lựa chọn vật liệu điện cực cho thiết bị khử mặn CDI như: bề mặt riêng lớn; độ dẫn điện cao; độ bền điện hóa cao trong khoảng pH và điện áp sử dụng; các ion chuyển động nhanh trong mạng lưới lỗ xốp; rẻ, dễ gia công, sửa chữa; tro sinh học đảm bảo hoạt động lâu dài trong nước mặn và nước lợ; sản phẩm tự nhiên, nguồn dồi dào, không phát thải CO_2 ... [13, 14]. Trong số các vật liệu xốp dẫn điện, vật liệu cacbon hoạt tính (AC) đáp ứng đầy đủ các tiêu chí trên. 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^2/g). Nguồn AC khá phong phú, có thể chế tạo từ thực vật, dầu khí, muội than đá và tổng hợp hóa học. Trong nghiên cứu này, điện cực cho thiết bị CDI 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. Để cải thiện độ dẫn cũng như các tính chất điện hóa của vật liệu điện cực, chất dẫn điện grafit (Gt) và acetylene black (AB) đã được thêm vào với các hàm lượng khác nhau (1, 5 và 10%). Polyvinyl alcohol (PVA) với khả năng tan trong nước, tạo màng tốt và có độ ổn định hóa học và nhiệt độ được sử dụng để làm chất kết dính các thành phần AC và Gt hoặc AB trong hệ compozit.

2. THỰC NGHIỆM VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Thiết bị, vật tư

Các dụng cụ, thiết bị sử dụng trong nghiên cứu bao gồm: cối nghiền sứ và cối nghiền mã nã; cân điện tử 5 số AUW 220D (Shimadzu) $\pm 0,01 \text{ mg}$, Nhật Bản; tủ sấy Redline, Đức; máy siêu âm S60H, Elmasonic; máy gạt tạo màng (MSK – AFA – III Automatic Thick Film Coater, Hoa Kỳ); máy khuấy từ gia nhiệt (MSH – 20D, Hàn Quốc);

Các thiết bị sử dụng trong phân tích các tính chất đặc trưng bao gồm: thiết bị đo phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (Nicolet iS10, Thermo Scientific, Mỹ); thiết bị hiển vi điện tử quét Hitachi SU – 8010 (Nhật Bản); thiết bị xác định diện tích bề mặt riêng NOVA (Quantachrome) (Đại học Osaka, Nhật Bản); thiết bị đo góc tiếp xúc với nước Drop master 100 (Đại học Osaka, Nhật Bản); thiết bị đo điện trở suất Loresta-AX MCP-T370 (Mitsubishi Chemical Analytech, Nhật Bản) và thiết bị đo các tính chất điện hóa Biologic VSP 300, Pháp.

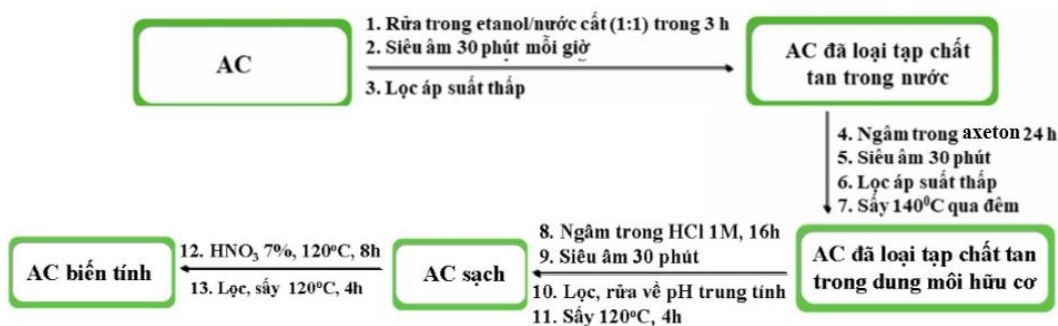
2.2. Hóa chất

Than hoạt tính (Activated cacbon) – Công ty Trabaco, Việt Nam; HNO_3 (65-68%, Trung Quốc); Etanol (99,7%, ChemsolVina); Axeton (99,5%, ChemsolVina); Grafit (Gt); Axetylen đen (AB) (NTherma Corporation, Mỹ); Polyvinylealcol (PVA, $M_w = 130.000$, Sigma Aldrich); Glutaraldehyde 95% (GA, Sigma Aldrich); Tấm grafit (hãng Ceramaterials, Mỹ) có độ tinh khiết 99,9%, chiều dài 50 m, rộng 1 m và chiều dày 150 μm .

2.3. Phương pháp thực nghiệm

2.3.1. Tinh chế và biến tính cacbon hoạt tính gáo dừa

Nguyên liệu than hoạt tính thương mại (AC) còn lẫn rất nhiều các tạp chất như kim loại và các tạp chất tan trong nước và trong dung môi hữu cơ, vì vậy AC được tinh chế và biến tính theo quy trình thể hiện trên hình 1 trước khi đưa vào sử dụng và được ký hiệu là mAC.



Hình 1. Sơ đồ quy trình tinh chế và biến tính than hoạt tính

2.3. Chuẩn bị vật liệu nền

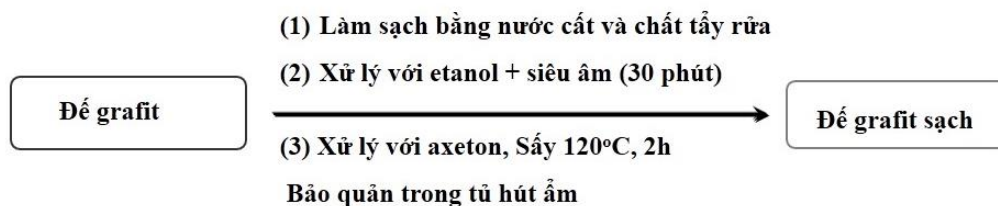
Điện cực grafit thương mại sau khi mua về cần được xử lý bề mặt trước khi chế tạo màng điện cực compozit xốp. Quá trình xử lý màng điện cực được trải qua ba bước bao gồm xử lý với nước cất, xử lý với dung môi etanol và xử lý với dung môi acetone. Điện cực sau khi xử lý được bảo quản trong bình hút ẩm.

Quá trình xử lý với nước cất: điện cực grafit 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.

Quá trình xử lý với etanol tuyệt đối: Điện cực grafit thông thường được chế tạo bằng cách ép bột grafit với một số chất kết dính, quá trình ép

làm điện cực còn một số lỗ rỗng trong cấu trúc và có khả năng hấp phụ các chất vô cơ, hữu cơ trong môi trường, từ đó làm giảm độ dẫn điện của điện cực. Chính vì vậy, điện cực grafit sau khi được tẩy rửa với nước cất được làm sạch với dung môi etanol tuyệt đối, kết hợp đánh siêu âm. Quá trình làm sạch điện cực với dung môi etanol diễn ra trong 30 phút.

Quá trình xử lý với axeton: sau khi được làm sạch với dung môi etanol tuyệt đối, điện cực được rửa lại nhiều lần với dung môi acetone để làm sạch bề mặt cũng như các lỗ trống bên trong điện cực. Sau đó, điện cực được sấy ở 120°C trong 2 giờ và được bảo quản trong bình hút ẩm. Quy trình làm sạch điện cực grafit được tóm tắt trong Hình 2.



Hình 2. Quy trình làm sạch điện cực grafit

2.4. Chế tạo điện cực compozit

Trong nghiên cứu này, điện cực compozit xốp được chế tạo từ cacbon hoạt tính gáo dừa đã biến tính (mAC) sử dụng hệ chất kết dính PVA-GA và nghiên cứu ảnh hưởng của các chất dẫn điện như grafit (Gt) và axetylen đen (AB) với hàm lượng thay đổi 1, 5 và 10%. Các bước tiến hành thí nghiệm chế tạo điện cực compozit sử dụng các chất dẫn điện Gt hoặc AB được thực hiện tương tự nhau và được mô tả như sau:

Bước 1: Chuẩn bị dung dịch chất kết dính PVA-GA: Chuẩn bị dung dịch PVA 6% bằng cách hòa tan PVA trong nước cất ở nhiệt độ 90°C trong 1 giờ. Dung dịch GA 25% được thêm vào dung dịch PVA 6% với tỷ lệ PVA/GA là 10/0,05 để tạo liên kết chéo với PVA giúp cho điện cực sau khi chế tạo không bị hòa tan trong nước. Tiếp tục khuấy dung dịch ở nhiệt độ 90°C với hệ sinh hàn sử dụng máy khuấy từ gia nhiệt với tốc độ khuấy 450 vòng/phút, khuấy trong thời gian 2 giờ.

Bước 2: Chế tạo hệ keo compozit:

Cân cacbon hoạt tính gáo dừa mAC và chất dẫn điện sử dụng cân phân tích 5 số. Trộn mAC và chất dẫn điện bằng phương pháp nghiền bi với tốc độ 500 vòng/phút trong 2 giờ. Phân tán hỗn hợp mAC và chất dẫn điện Gt hoặc AB trong nước cất với tỷ lệ chất rắn/nước cất = 1/1 sử dụng máy đồng hóa mẫu T25 digital ULTRA-TURRAX với tốc độ 12 000 vòng/phút trong thời gian 5 phút.

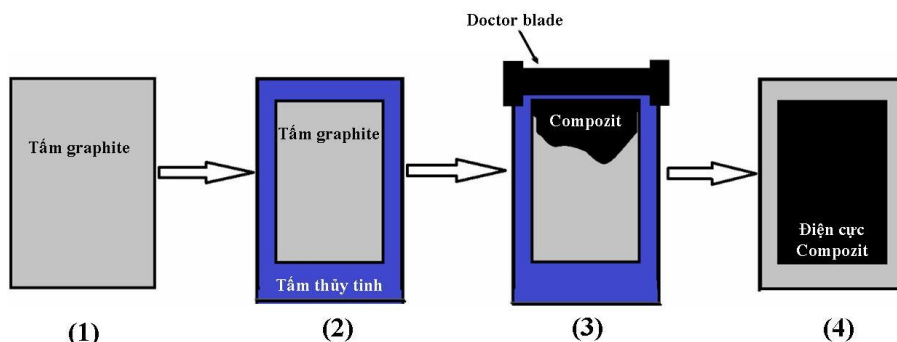
Thêm từ từ hỗn hợp mAC/chất dẫn điện vào dung dịch kết dính PVA-GA ở trên (bước 1), sử dụng máy đồng hóa mẫu T25 digital ULTRA-TURRAX đồng hóa mẫu với tốc độ 2000 vòng/phút trong thời gian 5 phút sau đó tiếp tục đồng hóa mẫu với tốc độ 12 000 vòng/phút trong 5 phút. Lúc này thu được hệ keo compozit mAC/Gt/PVA-GA hoặc mAC/AB/PVA-GA tương ứng.

Bước 3: Chế tạo điện cực compozit.

Keo compozit thu được ở bước 2 được sử dụng để tạo màng trên nền là các tấm grafit bằng kỹ

thuật gạt tạo màng (slurry casting method) sử dụng doctor blade. Quy trình chế tạo màng điện cực được thể hiện trên hình 3 gồm 4 bước: (1) chuẩn bị bộ gắp dòng (tấm grafit); (2) Cố định tấm grafit lên tấm thủy tinh; (3) Sử dụng

doctor blade gạt tạo màng compozit trên tấm grafit; (4) Sấy ở nhiệt độ 120°C thu được điện cực compozit. Tỷ lệ thành phần các chất trong hệ compozit được thể hiện trên bảng 1 và bảng 2.



Hình 3. Các bước tạo màng compozit trên đế grafit bằng phương pháp gạt tạo màng sử dụng doctor blade

Bảng 1. Thành phần vật liệu điện cực compozit mAC/Gt/PVA-GA

Kí hiệu mẫu	AC (g)	Gt (g)	PVA (g)	GA (g)
mAC/Gt 1%	44,550	0,450	4,400	0,600
mAC/Gt 5%	42,750	2,250	4,400	0,600
mAC/Gt 10%	40,500	4,500	4,400	0,600

Bảng 2. Thành phần vật liệu điện cực compozit mAC/AB/PVA-GA

Kí hiệu mẫu	AC (g)	AB (g)	PVA (g)	GA (g)
mAC/AB 1%	44,550	0,450	4,400	0,600
mAC/AB 5%	42,750	2,250	4,400	0,600
mAC/AB 10%	40,500	4,500	4,400	0,600

2.5. Các phương pháp phân tích

Để xác định các nhóm chức đặc trưng của các vật liệu điện cực mAC/Gt/PVA-GA và mAC/AB/PVA-GA đã sử dụng phương pháp phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (Nicolet iS10, Thermo Scientific, Mỹ), sử dụng kỹ thuật ép viên KBr trong khoảng số sóng 4000 - 400 cm^{-1} , độ phân giải 8 cm^{-1} với 64 lần quét. Hình thái học của các vật liệu điện cực được phân tích bằng các phương pháp hiển vi điện tử quét (Scanning Electron Microscope- SEM) trên thiết bị Hitachi SU – 8010 (Nhật Bản). Diện tích bề mặt riêng của compozit mAC/Gt/PVA-GA và mAC/AB/PVA-GA được xác định dựa bằng phương pháp đo đẳng nhiệt hấp phụ-khử hấp phụ khí N_2 ở 77K trên thiết bị NOVA (Quantachrome) (Đại học Osaka, Nhật Bản).

Khả năng thấm ướt của các điện cực compozit được biểu thị bằng góc tiếp xúc với 1 μL 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 suất của vật liệu điện cực compozit được xác định bằng phương pháp 4 mũi dò trên thiết bị Loresta-AX MCP-T370 (Mitsubishi Chemical Analytech, Nhật Bản). Độ dẫn điện được tính quy đổi từ giá trị điện trở suất với giá trị trung bình của 5 điểm đo.

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 biologic VSP 300 sử dụng hệ ba điện cực gồm: điện cực so sánh Ag/AgCl bão hòa, điện cực đối là lưới platinum kích thước 3 × 2,5 cm và điện cực làm việc là điện cực compozit trên đế graphite, dung dịch điện ly NaCl 2000 ppm. Các điện cực làm việc có kích thước 2,5 × 2,5 cm, phần

grafit không phủ compozit được che bằng bằng keo cách điện. Điện cực được ngâm 1 giờ trong NaCl 2000 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 20 mV s⁻¹ ở 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:

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

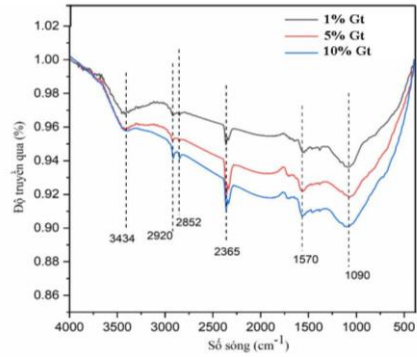
$$C = \frac{I t}{m \Delta V} = Q/\Delta V \quad (2)$$

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, ΔV - khoảng thế quét (1 V), I - dòng phóng điện và t(s) - thời gian phóng điện.

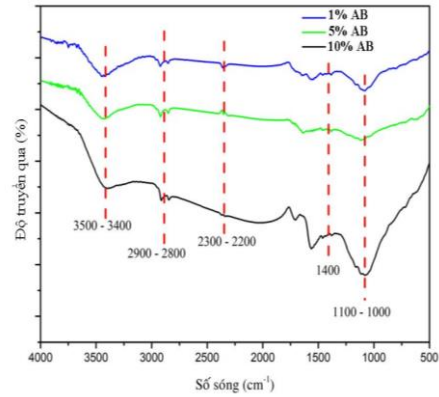
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Kết quả phân tích FT-IR vật liệu compozit mAC/Gt/PVA-GA và mAC/AB/PVA-GA được trình bày trong hình 4 và hình 5. Trên các phổ đều quan sát thấy pic ở khoảng 3400-3500 cm⁻¹ đặc trưng cho dao động của nhóm hydroxyl (-OH) trên bề mặt của than hoạt tính và nhóm -OH trong PVA. Các pic hấp phụ tại số sóng khoảng 2800-2900 cm⁻¹ thể hiện sự xuất hiện của nhóm -CH₃, -CH₂, -CH vẫn còn tồn tại trong các mẫu điện cực và cũng có thể là nhóm -OH trong PVA. Dao động biến dạng của C-O tại 1090 cm⁻¹ và dao động nhỏ trong phạm vi 1330-1420 cm⁻¹ đặc trưng cho nhóm -OH. Đỉnh 1570 cm⁻¹ được cho là dao động của nhóm cacbonyl liên hợp và dao động biến dạng của C=C.

Như vậy, điện cực được tạo thành vẫn giữ nguyên được các nhóm chức chứa oxy quan trọng, bên cạnh đó các nhóm chức -OH đặc trưng của than hoạt tính đã được giảm xuống đáng kể, do đó tăng khả năng hấp phụ các ion.

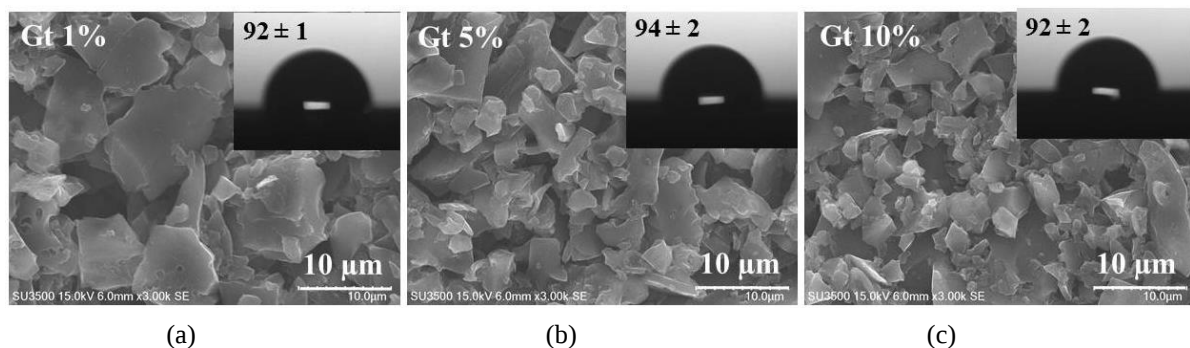


Hình 4. Phổ FT-IR của mAC/Gt/PVA-GA với hàm lượng Gt khác nhau: 1%, 5% và 10%

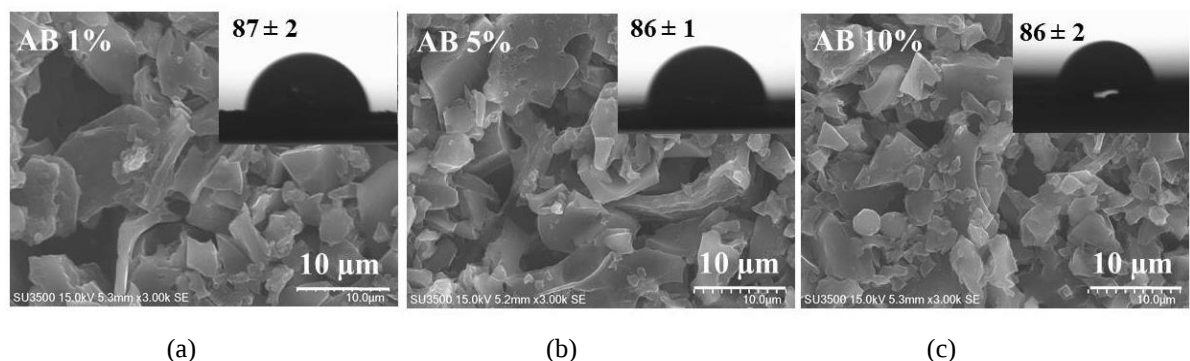


Hình 5. Phổ FT-IR của compozit mAC/AB/PVA-GA với hàm lượng AB khác nhau: 1%, 5% và 10%

Ảnh SEM và kết quả đo góc tiếp xúc với nước của các mẫu điện cực compozit được chế tạo với hàm lượng chất dẫn Gt hoặc AB khác nhau: 1%, 5% và 10% được trình bày trong hình 6 và hình 7. Nhìn chung, các mẫu điện cực chế tạo được có độ thấm ướt tốt với nước, góc tiếp xúc với nước khoảng 85° và 90° tương ứng với điện cực mAC/AB/PVA-GA và mAC/Gt/PVA-GA. Ảnh SEM choquan sát thấy điện cực compozit chế tạo được có cấu trúc xốp với nhiều lỗ rỗng. Thể tích các lỗ xốp giảm với sự tăng hàm lượng Gt hoặc AB. Điều này được giải thích do các chất dẫn điện Gt hoặc AB có kích thước nhỏ, nó sẽ điền vào các lỗ rỗng được tạo ra bởi các hạt mAC. Từ kết quả này có thể dự đoán sự có mặt của Gt hoặc AB với hàm lượng lớn làm giảm độ xốp của màng, chúng có thể làm giảm sự xâm nhập của các ion vào sâu bên trong màng, làm giảm khả năng hấp phụ ion của điện cực.



Hình 6. Ảnh SEM và góc tiếp xúc với nước của vật liệu điện cực compozit mAC/Gt/PVA-GA với hàm lượng Gt thay đổi 1% (a), 5% (b) và 10% (c)



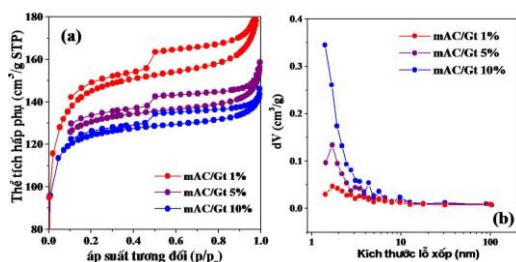
Hình 7. Ảnh SEM và góc tiếp xúc với nước của vật liệu điện cực compozit mAC/AB/PVA-GA với hàm lượng AB thay đổi 1% (a), 5% (b) và 10% (c)

Kết quả phân tích độ xốp và điện trở khối của các vật liệu compozit mAC/Gt/PVA-GA và mAC/AB/PVA-GA được biểu diễn trong Bảng 3 và trên hình 8 và hình 9. Đối với cả hai loại vật liệu compozit có thể thấy khi hàm lượng chất dẫn Gt hoặc AB tăng từ 1% lên đến 10%, điện trở khối của màng giảm, đồng thời diện tích bề mặt

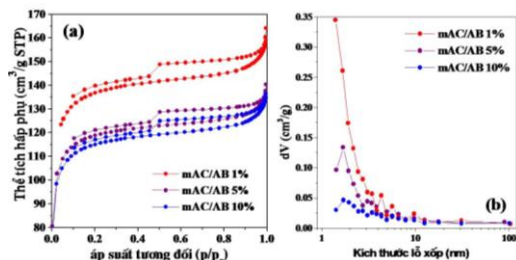
riêng theo BET và kích thước lỗ xốp trung bình cũng giảm. Nguyên nhân do Gt hoặc AB đã điền vào các lỗ xốp giữa các hạt mAC. Từ kết quả về giá trị điện trở khối đó được có thể thấy sự có mặt của chất dẫn điện Gt và AB đã cải thiện độ dẫn của vật liệu điện cực compozit xốp.

Bảng 3. Diện tích bề mặt riêng BET, kích thước lỗ xốp trung bình và điện trở khối của compozit mAC/Gt/PVA-GA và mAC/AB/PVA-GA

Mẫu	Diện tích bề mặt riêng BET (m ² /g)	Kích thước lỗ xốp trung bình (nm)	Điện trở khối (mΩ.cm)
mAC/Gt 1%	499	4,3	23,5
mAC/Gt 5%	464	3,6	21,2
mAC/Gt 10%	396	3,4	20,1
mAC/AB 1%	364	3,5	26,5
mAC/AB 5%	334	3,4	24,7
mAC/AB 10%	209	3,1	17,5

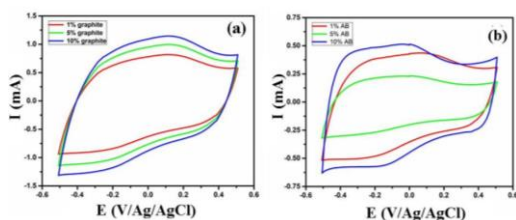


Hình 8. Đồ thị đẳng nhiệt hấp phụ (a) và phân bố lỗ xốp (b) của composít mAC/Gt với hàm lượng Gt khác nhau 1%, 5% và 10%



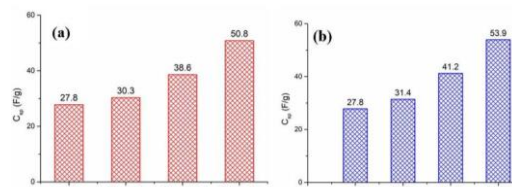
Hình 9. Đồ thị đẳng nhiệt hấp phụ và phân bố lỗ xốp của composít mAC/AB với hàm lượng AB khác nhau

Tính chất điện hóa của các vật liệu điện cực chế tạo sử dụng chất dẫn Gt hoặc Ab với hàm lượng khác nhau hàm lượng khác nhau được nghiên cứu sử dụng phương pháp quét thế tuần hoàn trong khoảng điện thế $-0,5V \div 0,5V$, trong dung dịch NaCl 2000 ppm với tốc độ quét 20 mV/s. Đường CV thể hiện quá trình điện hấp phụ muối của các điện cực composít là quá trình không Faraday (Hình 10). Các ion được di chuyển đến vùng xung quanh điện cực và hấp phụ lên bề mặt điện cực cacbon bằng tương tác tĩnh điện hình thành lớp điện kép, các lỗ rỗng có thể hoạt động như các khoang chứa các ion hấp phụ [15-17]. Kết quả được quan sát với sự tăng diện tích đường CV khi tăng hàm lượng Gt hoặc AB trong composít dẫn đến thúc đẩy quá trình lưu trữ và giải phóng điện tích.



Hình 10. Đường cong CV của điện cực mAC/Gt/PVA-GA (a) và mAC/AB/PVA-GA (b) trong NaCl 2000 ppm, khoảng thế $-0,5 \div 0,5 V$, tốc độ quét 20 mV/s

Hình 11 thể hiện điện dung riêng của điện cực mAC và điện cực composít mAC/Gt/PVA-GA và mAC/AB/PVA-GA. Kết quả phân tích cho thấy điện cực mAC có điện dung khoảng 27,8 F/g, có thể nguyên nhân là do độ dẫn điện thấp của điện cực mAC. Sự có mặt của chất dẫn điện Gt hoặc AB trong composít đã cải thiện đáng kể điện dung của điện cực. Điện dung tăng lên khi hàm lượng Gt và AB tăng. Giá trị điện dung lần lượt là 30,3 F/g, 38,6 F/g và 50,8 F/g tương ứng với điện cực composít chứa Gt 1%, 5% và 10%. Điện dung của điện cực composít mAC/AB/PVA-GA với hàm lượng AB 1%, 5% và 10% lần lượt là 31,4 F/g, 41,2 F/g và 53,9 F/g. Với cùng hàm lượng phối trộn, điện dung riêng của hệ composít sử dụng AB cao hơn sử dụng Gt. Kết quả này cho thấy Gt và AB đóng vai trò là chất tăng cường điện dung bởi khả năng dẫn điện tốt của chúng. Chúng có thể đóng vai trò là cầu nối điện tử giữa các hạt mAC, tạo điều kiện thuận lợi cho việc chuyển điện tử trong mạng cacbon [67-70], tăng cường tích điện ở vùng thế âm và không làm thay đổi cơ chế tích điện của AC.



Hình 11. Điện dung của điện cực mAC/Gt/PVA-GA (a) và mAC/AB/PVA-GA (b) trong NaCl 2000 ppm, khoảng thế $-0,5 \div 0,5 V$ với tốc độ quét 20 mV/s

4. KẾT LUẬN

Điện cực composít xốp trên cơ sở cacbon hoạt tính từ than gáo dừa kết hợp với chất dẫn điện grafit và acetylene black đã được chế tạo thành công sử dụng hệ chất kết dính PVA-GA. Sự có mặt của chất dẫn điện Gt và AB đã làm giảm điện trở khối của vật liệu dẫn đến tăng cường điện dung riêng cho điện cực composít. Sự có mặt của chất dẫn điện Gt và AB trong thành phần composít mặc dù làm giảm độ xốp của vật liệu nhưng đã làm tăng giá trị điện dung so với điện cực không chứa chất dẫn điện. Kết quả này hứa hẹn về khả năng hấp phụ muối tốt của điện

cực ứng dụng cho công nghệ khử mặn CDI.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ phát triển khoa học và công nghệ quốc gia (NAFOSTED) thông qua đề tài mã số 104.06- 2019.325 và 104 .03-2018.344. Các tác giả cũng xin trân trọng cảm ơn 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. Hermann W. Pohland, Seawater desalination by reverse osmosis, *Endeavour*, **4(4)**, 141-147, (1980).
2. Dan Li and Huanting Wang, Recent developments in reverse osmosis desalination membranes, *Journal of Materials Chemistry*, **20**, 4551-4566, (2010).
3. Alfonso Rodríguez-Calvo, Gloria Andrea Silva-Castro, Francisco Osorio, Jesús González-López and Concepción Calvo, Reverse osmosis seawater desalination: current status of membrane systems, *Desalination and Water Treatment*, **56(4)**, DOI: 10.1080/19443994.2014.942378, (2015).
4. Vassilis Belessiotis, Soteris Kalogirou, Emmy Delyannis, Chapter 6- Indirect solar desalination (MSF, MED, MVC, TVC), *Thermal Solar Desalination*, 283-326, (2016).
5. Johnson AM, Venolia AW, Wilbourne RG, Newman J, Wong CM, Gilliam WS, et al. The electrosorb process for desalting water, Washington, U.S. Dept. of the Interior, (1970).
6. Saeed Azimibavil, AliJafarian Dehkordi, Dynamic simulation of a multi-effect distillation (MED) process, *Desalination*, **392**, 91-101, (2016).
7. Johnson AM, Newman J. Desalting by means of porous carbon electrodes. *J. Electrochem. Soc.*, **118**, 510–517, (1971).
8. Oren Y, Soffer A. Electrochemical parametric pumping. *J. Electrochem. Soc.*, **125**, 869–875, (1978).
9. Mohsan Akhter, Ghulam Habib and Sana Ullah Qamar, Application of Electrodialysis in Waste Water Treatment and Impact of Fouling on Process Performance, *Journal of Membrane*

oJ Science & Technology, DOI: 10.4172/2155-9589.1000182, (2018).

10. J.M. Ortiz, J.A. Sotoca, E. Expósito, F. Gallud, V. García-García, V. Montiel, A. Aldaz, Brackish water desalination by electrodialysis: batch recirculation operation modeling, *Journal of Membrane Science*, **252**, 65-75, (2005).
11. Kevin Tkacz, Samuel T. E. Nitz, William White, Shane Ardo, Investigating Saltwater Desalination by Electrodialysis and Curriculum Extensions To Introduce Students to the Chemical Physics of Polymeric Ion-Exchange Membranes, *J. Chem. Educ.*, **94(11)**, 1733-1737, (2017).
12. Gao, X., Omosebi, A., Landon, J. & Liu, K. Enhanced Salt Removal in an Inverted Capacitive Deionization Cell Using Amine Modified Microporous Carbon Cathodes, *Environ. Sci. Technol.*, **49**, 10920–10926, (2015).
13. Subramani, A., Jacangelo, J. G. Emerging desalination technologies for water treatment: A critical review, *Water Res.*, **75**, 164–187, (2015).
14. Al-Karaghoul, A. & Kazmerski, L. L. Energy consumption and water production cost of conventional and renewable-energy-powered desalination processes, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, **24**, 343–356, (2013).
15. E. Avraham, M. Noked, Y. Bouhadana, A. Soffer, D. Aurbach, Limitations of charge efficiency in capacitive deionization processes III: The behavior of surface oxidized activated carbon electrodes, *Electrochimica Acta.*, **56**, 441–447, (2010).
16. X. Gao, S. Porada, A. Omosebi, K.-L. Liu, P.M. Biesheuvel, J. Landon, Complementary surface charge for enhanced capacitive deionization, *Water Research* **92**, 275–282, (2016).
17. B.M. Asquith, J. Meier-Haack, B.P. Ladewig, Poly (arylene ether sulfone) copolymers as binders for capacitive deionization activated carbon electrodes, *Chemical Engineering Research and Design* **104**, 81–91, (2015).