

# Ảnh hưởng quá trình xử lý nhiệt đến cấu trúc và tính chất composit trên cơ sở bột graphit, sợi cacbon và nhựa phenolic

Vũ Minh Thành<sup>1</sup>, Ngô Minh Tiến<sup>1</sup>, Đoàn Tuấn Anh<sup>1</sup>, Phạm Tuấn Anh<sup>1</sup>,  
Tạ Thị Thuý Hằng<sup>2</sup>, Nguyễn Tuấn Hồng<sup>3</sup>, Đỗ Thị Mai Hương<sup>4</sup>,  
Nguyễn Thế Hữu<sup>5</sup>, Lê Văn Thu<sup>6,\*</sup>

<sup>1</sup>Viện Hóa học-Vật liệu, Viện Khoa học và Công nghệ Quân sự

<sup>2</sup>Khoa Hoá học, Trường Đại học Khoa học, Đại học Thái Nguyên

<sup>3</sup>Trung tâm Phát triển Công nghệ cao, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

<sup>4</sup>Trường Đại học Phòng cháy Chữa cháy, Bộ Công an

<sup>5</sup>Khoa Công nghệ Hoá học, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

<sup>6</sup>Viện Kỹ thuật Hoá học, Sinh học và Tài liệu nghiệp vụ, Bộ Công an

Nhận ngày 06 tháng 6 năm 2016

Chỉnh sửa ngày 14 tháng 7 năm 2016; Chấp nhận đăng ngày 01 tháng 9 năm 2016

**Tóm tắt:** Trong công nghệ chế tạo vật liệu composit cacbon-cacbon, quá trình xử lý nhiệt đóng vai trò rất quan trọng, quyết định đến cấu trúc, sự ổn định tổ chức cũng như khả năng chịu nhiệt của vật liệu. Bài báo này khảo sát ảnh hưởng của quá trình xử lý nhiệt đến cấu trúc và tính chất của composit trên cơ sở bột graphit, sợi cacbon và nhựa phenolic. Các phương pháp nghiên cứu được sử dụng bao gồm nhiễu xạ tia rơnghen (X - ray), kính hiển vi điện tử quét phát xạ trường (FeSEM), xác định cường độ nén, mật độ. Kết quả cho thấy quá trình xử lý nhiệt giúp ổn định tính chất, khắc phục được hiện tượng phá vỡ cấu trúc, tăng tính chất cơ lý của vật liệu composite carbon-carbon. Kết quả xử lý nhiệt tại nhiệt độ 2100°C, môi trường khí argon, thời gian 2h sau 4 chu kỳ cho vật liệu composit cacbon - cacbon có cấu trúc ổn định dạng graphit và tính chất cơ lý tốt: tỷ trọng biểu kiến ( $\rho_{bk}$ ) 1,717 g/cm<sup>3</sup>; độ xốp tổng ( $\epsilon_{tổng}$ ) 23,892%; độ xốp hở ( $\epsilon_{hở}$ ) 6,203%; độ xốp kín ( $\epsilon_{kín}$ ) 17,689%; độ bền nén 39,7 MPa.

**Từ khóa:** Composit cacbon - cacbon, graphit hoá, tính chất composit.

## 1. Đặt vấn đề

Vật liệu composit cacbon-cacbon (CCC) là vật liệu tiên tiến và giữ vai trò then chốt trong cuộc cách mạng về vật liệu mới. Với ưu điểm lớn nhất của CCC là độ bền nhiệt cao đến 2500°C trong môi trường khí trơ và đến 900°C

trong môi trường oxi hóa khi bề mặt được phủ lớp chống oxi hóa, khả năng chịu hóa chất, sốc nhiệt tốt, chịu va đập và độ bền cao... Do đó, vật liệu CCC được các công ty lớn như Kurtoldc (Anh), CEP, Aerospacial, Mexi-ispáno-Bugat (Pháp), Khitco, AVCO (Mỹ) quan tâm nghiên cứu, phục vụ để chế tạo đĩa phanh máy bay, hộp bảo vệ các trang thiết bị đồng vị phóng xạ trên tàu Apollo, chóp và mép biên cánh chịu nhiệt độ cao trên tàu con thoi "Buran" của Nga, chế tạo các

\* Tác giả liên hệ. ĐT: 84-989099584.  
E-mail: thulv81@yahoo.com

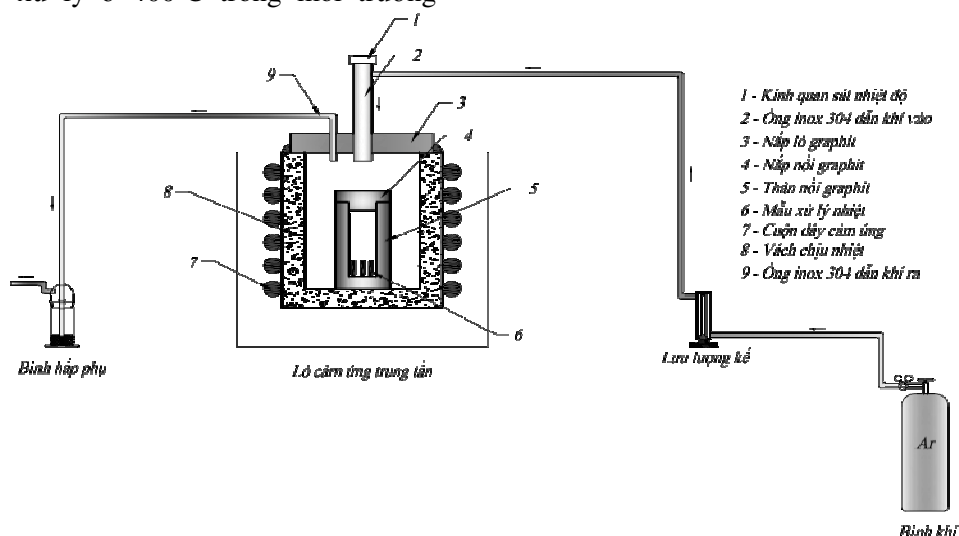
thiết bị cách nhiệt cao cho tàu vũ trụ vận tải "Shuttle" của Mỹ [1-4]. Việc nghiên cứu và chế tạo CCC ở trong nước còn rất hạn chế, các công trình mới chỉ dừng lại ở mức khảo sát và thăm dò. Qua các nghiên cứu khảo sát cho thấy, công nghệ chế tạo CCC rất phức tạp và gồm nhiều quá trình khác nhau. Trong đó, quá trình thẩm carbon ở thể khí (CVI) sau đó xử lý nhiệt (XLN) đóng vai trò quan trọng, quyết định đến cấu trúc và các tính chất của vật liệu compozit [5-8]. XLN giúp cải thiện cấu trúc tinh thể, nâng cao tính chất cơ lý của vật liệu CCC. Trong bài báo này, trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của quá trình xử lý nhiệt đến cấu trúc và tính chất của vật liệu compozit trên cơ sở bột graphit, sợi cacbon và nhựa phenolic.

## 2. Thực nghiệm

Hoá chất để chế tạo phiê vật liệu ban đầu gồm: Sợi cacbon môđun đàn hồi cao mác Culon-500, khối lượng riêng  $1,9\text{g/cm}^3$  (Argon, Nga) được xử lý ở  $400^\circ\text{C}$  trong môi trường

không khí. Bột graphit, kích thước hạt  $<90\mu\text{m}$  (Trung Quốc). Nhựa phenolfomaldehit dạng novolac (PF) (tổng hợp tại Viện Hóa học - Vật liệu/ Viện KHCN QS). Etanol độ tinh khiết  $>99,7\%$  (Trung Quốc). Hexametylen tetramin, độ tinh khiết  $>99\%$  (Xilong, Trung Quốc). Axit stearic (Xilong, Trung Quốc). Khí Ar độ tinh khiết  $>99\%$  (Singapo).

Trộn đều 80g bột graphit và 5g sợi cacbon vào các dung dịch PF có hàm lượng nhựa 15g thu được hỗn hợp G-CF/PF. Hỗn hợp trên để khô tự nhiên trong không khí 24h, sau đó được sấy khô ở  $90^\circ\text{C}$  trong 4h để loại bỏ hết dung môi. Hỗn hợp sau khi sấy được ép tạo hình trên máy ép gia nhiệt với chế độ: nâng nhiệt lên đến  $120^\circ\text{C}$ , ép đẳng nhiệt tại nhiệt độ này trong 30 phút với áp lực ép  $10\text{kgf/cm}^2$ ; sau đó giữ nguyên lực ép nâng nhiệt lên  $165^\circ\text{C}$ , ép đẳng nhiệt tại nhiệt độ này trong 30 phút với áp lực ép  $100\text{kgf/cm}^2$ ; làm nguội tự nhiên theo khuôn ép đến nhiệt độ phòng thu được mẫu compozit G-CF/PF. Các mẫu compozit sau khi ép được cắt thành các mẫu nhỏ có kích thước  $10\times 10\times 10\text{mm}$ .



Hình 1. Sơ đồ thiết bị xử lý nhiệt chế tạo CCC.

Quá trình phân hủy nhiệt các mẫu vật liệu được thực hiện trên thiết bị lò nung kiểu ống (Ba Lan) trong môi trường khí bảo vệ Ar với lưu lượng 20ml/phút. Chế độ phân hủy nhiệt: tốc độ nâng nhiệt  $5^\circ\text{C/phút}$ , nhiệt độ phân hủy  $1000^\circ\text{C}$  trong thời gian 2h.

Quá trình thẩm carbon từ thể khí (CVI) vào vật liệu được thực hiện trên thiết bị lò nung kiểu ống (Ba Lan) tại  $1100^\circ\text{C}$  trong 4h. Hydrocacbon được sử dụng để tạo pirocacbon là  $\text{CH}_4$  với lưu lượng 20ml/phút, khí mang là Ar với lưu lượng 5ml/phút.

Khảo sát ảnh hưởng của số chu kỳ CVI-XLN đến cấu trúc và tính chất của mẫu vật liệu được tiến hành XLN trong lò cảm ứng trung tần: nhiệt độ 2100°C, thời gian giữ nhiệt 2h trong môi trường khí Ar (lưu lượng 100ml/phút). Hạ nhiệt độ xuống nhiệt độ phòng tiến hành ngắt khí Ar, lấy mẫu và khảo sát một số tính chất của vật liệu sau XLN.

Cấu trúc bề mặt các mẫu vật liệu được khảo sát bằng thiết bị kính hiển vi điện tử quét phát xạ trường S-4800, Nhật Bản. Thành phần pha, độ hoàn thiện tinh thể của vật liệu trước và sau xử lý nhiệt được khảo sát bằng thiết bị đo nhiễu xạ tia X, PANalytical, Hà Lan. Kích thước bột graphit được xác định bằng máy phân tích cỡ hạt bằng Laser LA-950, hãng HORIBA. Độ xốp hở, độ xốp kín, tỷ trọng biểu kiến của các mẫu vật liệu trước và sau quá trình xử lý nhiệt được xác định bằng phương pháp cân thủy tĩnh

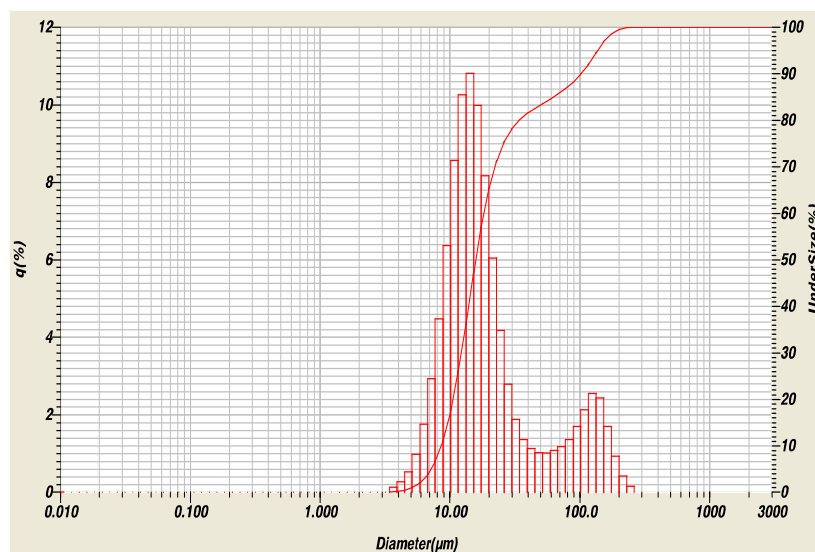
trên thiết bị cân điện tử Shangping JA1203, độ chính xác  $10^{-3}$  g, Trung Quốc. Độ bền nén được xác định trên máy đo cơ lý Tinius Olsen H100KT Hounfield, Anh. Nhiệt độ trong quá trình xử lý nhiệt được kiểm tra bằng thiết bị đo nhiệt độ CHINO IR-AH, Nhật Bản và hoá quang kế cầm tay, Nga.

### 3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

#### 3.1. Khảo sát nguyên liệu ban đầu

##### a. Bột graphit

Bột được nghiền mịn, dùng rây với kích thước mắt lưới 38 $\mu$ m để rây loại bỏ hạt có kích thước lớn. Xác định kích thước bột graphit bằng máy phân tích cỡ hạt được thể hiện trên hình 2.

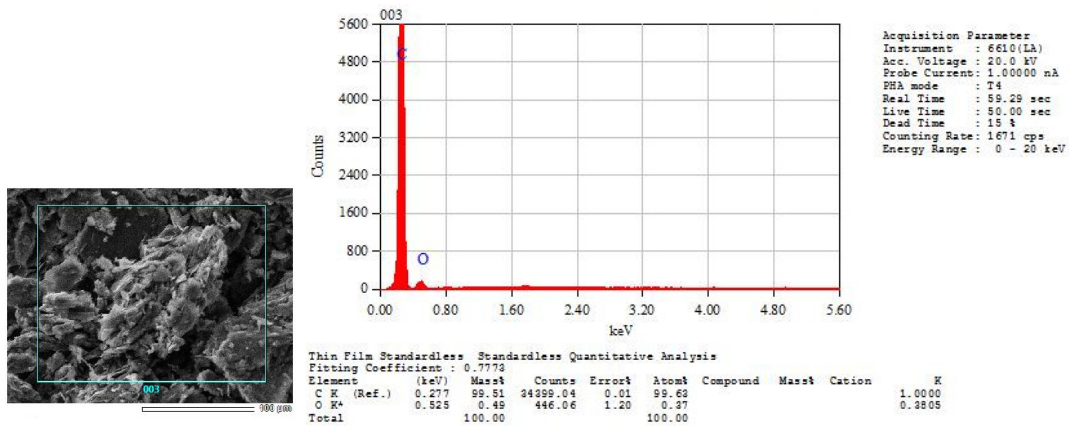


Hình 2. Giản đồ phân tích cỡ hạt của bột graphit.

Kết quả cho thấy hạt graphit có kích thước phân bố trong khoảng từ 4÷200 $\mu$ m, đường kính hạt trung bình và số lượng hạt nhiều nhất được xác định khoảng 15,8 $\mu$ m, số lượng hạt có kích thước nhỏ hơn 30 $\mu$ m chiếm khoảng 80%. Sự

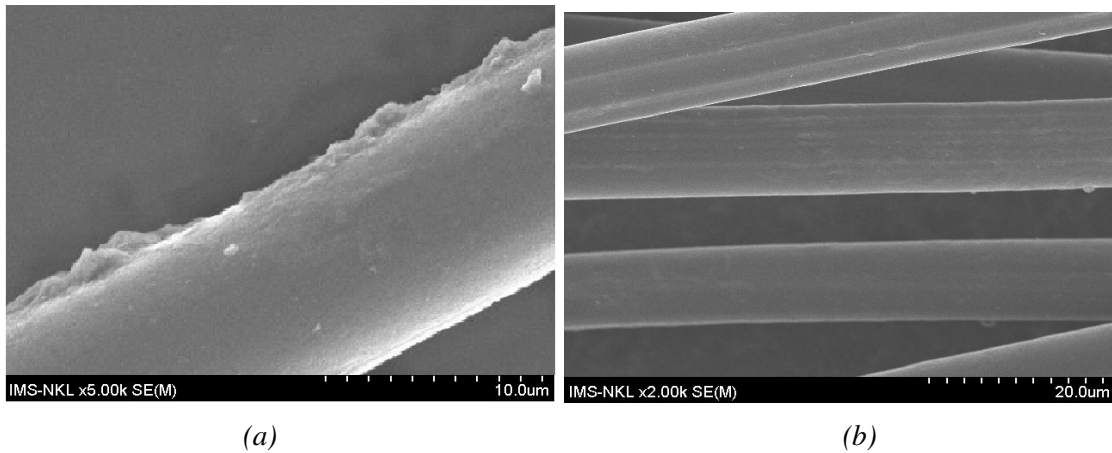
phân bố không theo quy luật của cỡ hạt có kích thước trên 30 $\mu$ m có thể giải thích là do sự kết tụ của các hạt graphit có kích thước nhỏ hơn.

Tiến hành phân tích thành phần hoá học được trình bày trên hình 3.



Hình 3. Phân tích bằng ảnh phổ SEM-EDX thành phần bột graphit.

Kết quả phân tích cho thấy thành phần hoá học của mẫu chủ yếu cacbon, hàm lượng đạt 99,51% về khối lượng, còn lại là oxi, điều này cho thấy độ tinh khiết của hạt graphit rất cao. Do vậy bột graphit sau khi được tuyển chọn hoàn toàn có thể sử dụng để làm chất độn để chế tạo composit cacbon - cacbon.



Hình 4. Ảnh FeSEM bề mặt sợi cacbon chưa xử lý nhiệt (a) và đã xử lý nhiệt ở 400°C (b).

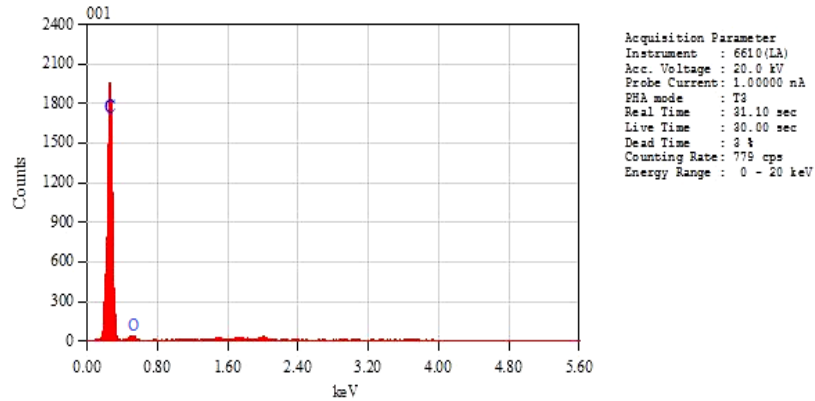
### b. Sợi cacbon

Mẫu sợi cacbon sau khi được xử lý nhiệt tại 400°C, tiến hành chụp ảnh FeSEM (hình 4) và phân tích EDX để xác định thành phần hóa học (hình 5).

Kết quả phân tích FeSEM bề mặt sợi cacbon hình 4 cho thấy, mẫu sợi cacbon sau khi xử lý tại 400°C trong không khí có các rỗ xốp kích thước khoảng 0,1÷0,2µm phân bố đều trên bề mặt. Điều

này giúp cho sợi có khả năng bám dính tốt với nền nhựa phenol khi chế tạo composit.

Kết quả phân tích thành phần hóa học của sợi cho thấy, khi sợi được xử lý nhiệt tại 400°C thì ngoài lượng cacbon, mẫu sợi còn xuất hiện hàm lượng oxi có giá trị là 0,80%. Điều này cho thấy, quá trình oxi hoá bề mặt mẫu đã xảy ra khi tiến hành xử lý nhiệt trong môi trường không khí.

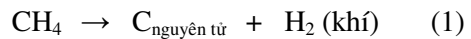


Hình 5. Phổ EDX phân tích thành phần hóa học bề mặt của sợi cacbon được xử lý ở 400°C.

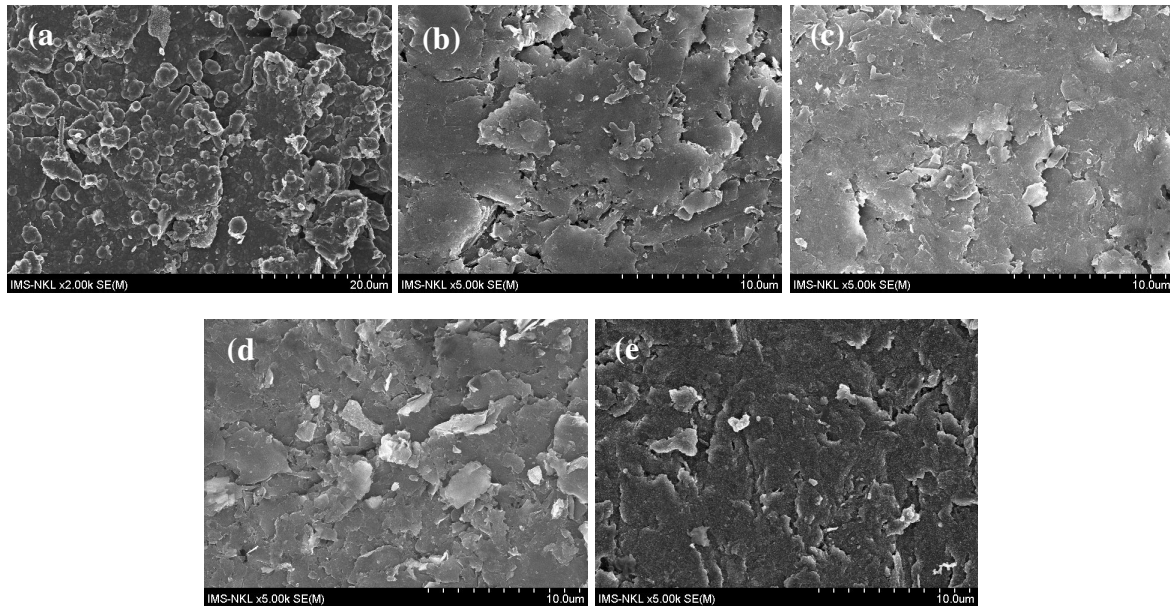
3.2. Khảo sát ảnh hưởng của quá trình xử lý nhiệt đến cấu trúc của vật liệu

Vật liệu compozit G-CF/PF trước và sau khi được XLN ở các chu kỳ khác nhau được tiến hành CVI. Quá trình CVI có tác dụng điền cacbon vào các lỗ xốp, khí CH<sub>4</sub> phân hủy tại 1100°C trong 4 giờ tạo nên các nguyên tử cacbon, các nguyên tử cacbon thâm vào bên trong cũng

như phủ trên bề mặt mẫu compozit, lúc này cacbon tồn tại chủ yếu ở dạng vô định hình.



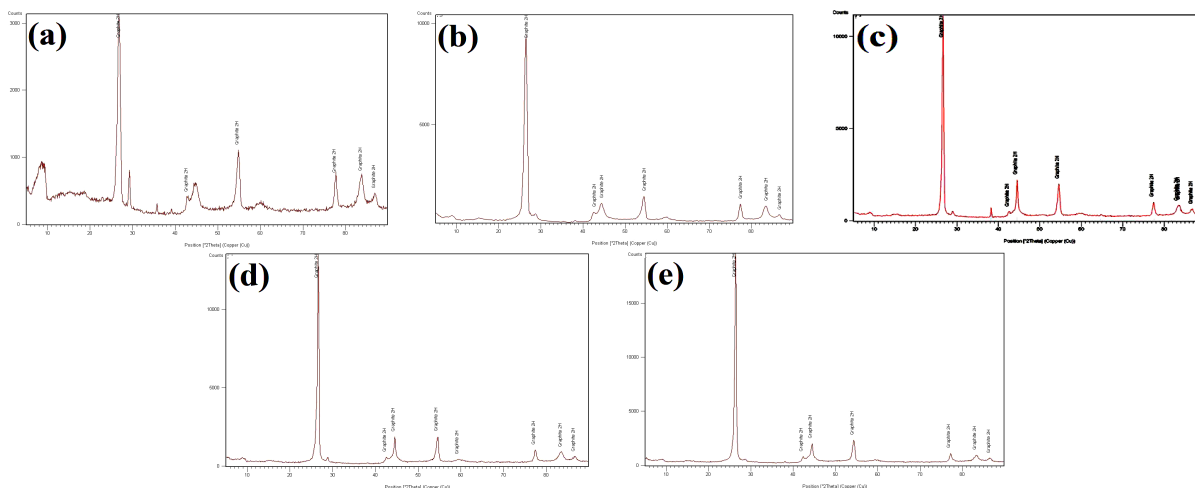
Sau CVI tiến hành XLN ở nhiệt độ 2100°C trong 2h, môi trường khí Ar với các chu kỳ lặp lại. Kết quả chụp ảnh FeSEM bề mặt mẫu sau xử lý nhiệt được trình bày trên hình 6.



Hình 6. Ảnh cấu trúc bề mặt (FeSEM) của các mẫu CCC sau CVI chu kỳ 1 (a) và sau CVI-XLN 1(b), 2(c), 3(d), 4(e) chu kỳ.

Kết quả hình ảnh cho thấy, mẫu sau khi CVI chưa được xử lý nhiệt lần 1 (hình 6a) có bề mặt phẳng, không có vết nứt do các hạt cacbon lắng đọng trên bề mặt (phản ứng 1). Sau XLN ở chu kỳ 1 (hình 6b) đã có sự thay đổi đáng kể so với mẫu chưa được XLN (hình 6a), trên bề mặt vật liệu đã xuất hiện những vết nứt vỡ lớn. Điều này là do khi XLN ở nhiệt độ cao diễn ra quá trình chuyển cấu trúc vật liệu dẫn đến hiện tượng co kéo vật liệu gây nứt và có dấu hiệu bong vỡ bề mặt. Tiếp tục CVI-XLN sau chu kỳ 2 (hình 6c) cho thấy, bề mặt vật liệu vẫn xuất hiện vết nứt, tuy nhiên chiều rộng vết nứt và lượng vết nứt đã giảm đáng kể, điều này chứng tỏ vật liệu đã dần ổn định sau CVI-XLN ở chu kỳ 2. Tăng số chu kỳ CVI-XLN lên 3 chu kỳ (hình 6d) bề mặt mẫu đã có sự thay đổi rõ rệt. Các lỗ xốp nhỏ dần, hiện tượng bong tróc, vỡ

bề mặt đã giảm rất lớn, bề mặt đồng đều và đánh chắc hơn. Khi nâng quá trình CVI-XLN lên 4 chu kỳ (hình 6e) bề mặt mẫu phẳng, đồng đều và đánh chắc. Điều này có thể do sau quá trình XLN các nguyên tử cacbon này được chuyển pha tạo nên bề mặt đánh chắc, ổn định tổ chức. Bên cạnh đó, sau 4 chu kỳ XLN cấu trúc vật liệu đã ổn định, không còn hiện tượng co kéo gây biến dạng cấu trúc vật liệu. Như vậy, cần tiến hành CVI-XLN đến chu kỳ 4 để đảm bảo được quá trình chuyển pha, ổn định tổ chức và khắc phục được hiện tượng phá vỡ cấu trúc vật liệu. Để hiểu rõ hơn ảnh hưởng của quá trình XLN đến cấu trúc của vật liệu, tiến hành phân tích nhiễu xạ tia X mẫu sau CVI chu kỳ 1 và sau khi XLN từ chu kỳ 1 đến 4. Kết quả phân tích được thể hiện trên hình 7.



Hình 7. Giản đồ nhiễu xạ tia X của mẫu CCC sau CVI chu kỳ 1 (a) và sau CVI-XLN 1(b), 2(c), 3(d), 4(e) chu kỳ.

Kết quả ảnh nhiễu xạ Ronghen cho thấy, mẫu trước và sau khi XLN đều xuất hiện các pic đặc trưng giống nhau của cacbon dạng tinh thể, không xuất hiện pic của các nguyên tố khác. Tuy nhiên, mẫu sau khi được XLN tại chu kỳ 1 (hình 7b) có cường độ pic lớn hơn rất nhiều so với mẫu chưa được XLN (hình 7a). Tiếp tục tăng số chu kỳ CVI-XLN cho thấy, chiều rộng của pic hẹp hơn, cường độ cao hơn và các đỉnh pic rõ nét hơn, góc  $2\theta$  có sự dịch chuyển. Điều này cho thấy, khi tăng số chu kỳ

CVI-XLN thì độ trật tự hóa và ổn định tổ chức của CCC tăng, nhưng mức độ tăng không giống nhau, giảm dần khi số chu kỳ tăng. Kết quả này cũng phù hợp và chứng minh cho kết quả chụp ảnh FeSEM cấu trúc của vật liệu.

Như vậy, mẫu XLN tại chu kỳ 4 cho cấu trúc ổn định, độ trật tự và độ chuyển pha sang tinh thể tốt hơn làm tăng khả năng liên kết của các cấu tử trong vật liệu composit carbon-cacbon.

Bảng 1. Kết quả xác định một số tính chất cơ, lý của mẫu CCC trước và sau XLN

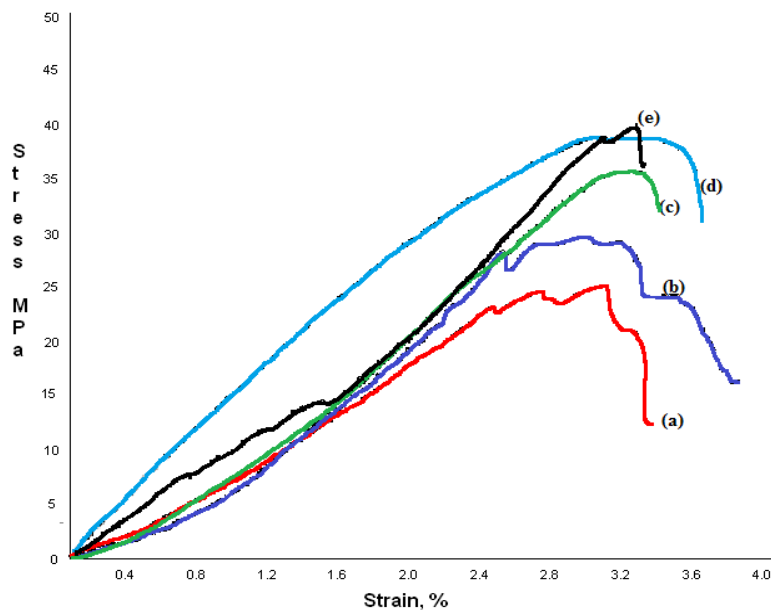
Mẫu CCC	Kết quả đo				
	$\rho_{bk}$ , (g/cm <sup>3</sup> )	$\epsilon_{tổng}$ , (%)	$\epsilon_{hở}$ , (%)	$\epsilon_{kín}$ , (%)	$\sigma_B$ , (MPa)
Sau CVI chu kỳ 1	1,627	27,881	2,251	25,630	24,9
CVI-XLN 1	1,582	29,876	6,623	23,253	29,6
CVI-XLN 2	1,673	25,842	6,587	19,255	35,7
CVI-XLN 3	1,702	24,557	6,314	18,243	38,6
CVI-XLN 4	1,717	23,892	6,203	17,689	39,7

### 3.3. Khảo sát ảnh hưởng của quá trình xử lý nhiệt đến tính chất của vật liệu

Các mẫu composit G-CF/PF trước và sau khi XLN được tiến hành đo độ xốp, tỷ trọng biểu kiến, độ bền nén. Kết quả đo được trình bày trên bảng 1.

Kết quả cho thấy, mẫu sau CVI-XLN 1 có tỷ trọng biểu kiến của vật liệu giảm 2,77%, độ

xốp tổng tăng so với mẫu sau CVI 1. Độ xốp kín của vật liệu giảm, trong khi độ xốp hở tăng từ 2,251% lên 6,623%. Với độ xốp hở 6,623% có thể tăng tỷ trọng của vật liệu bằng cách tiếp tục tiến hành CVI theo phản ứng 1. Đặc biệt, khi XLN độ bền nén của vật liệu carbon-carbon tăng lên rất nhiều từ 24,9 Mpa lên 29,6 Mpa (hình 8). Do đó, quá trình XLN đóng vai trò rất quan trọng đến độ bền của composit.



Hình 8. Giảm độ thử nén các mẫu CCC sau CVI chu kỳ 1 (a) và sau CVI-XLN 1(b), 2(c), 3(d), 4(e) chu kỳ.

Qua bảng 1 cũng cho thấy, sau mỗi chu kỳ xử lý nhiệt các tính chất của vật liệu composit tăng. Tỷ trọng, độ bền nén của vật liệu tăng, độ xốp giảm. Nhưng mức độ thay đổi này không giống nhau, giảm dần sau mỗi chu kỳ. Sau chu kỳ 2, tỷ trọng của vật liệu tăng 5,75%, độ xốp tổng giảm 13,50%, độ bền nén tăng mạnh 20,61% so với mẫu XLN chu kỳ 1; sau chu kỳ 3, tỷ trọng của vật liệu tăng 1,73%, độ xốp tổng

giảm 4,97%, độ bền nén tăng 8,12% so với XLN chu kỳ 2; nhưng sau chu kỳ 4, tỷ trọng của vật liệu tăng không đáng kể 0,88%, độ xốp tổng giảm rất ít 2,71%, độ bền nén chỉ tăng 2,85% so với chu kỳ 3. Điều này được giải thích rằng, khi các lỗ xốp có khuynh hướng nhỏ dần hoặc bịt kín lại thì các nguyên tử carbon sinh ra trong quá trình CVI (phản ứng 1) không thể xâm nhập được vào các lỗ xốp kín, chỉ tham

gia điền vào các lỗ xốp hở trên bề mặt. Như vậy, hiệu quả của quá trình CVI-XLN cũng giảm dần khi tăng số chu kỳ xử lý nhiệt và lựa chọn CVI-XLN đến chu kỳ 4 là phù hợp.

#### 4. Kết luận

Qua nghiên cứu cho thấy, xử lý nhiệt đóng vai trò quan trọng trong công nghệ chế tạo vật liệu CCC. Quá trình CVI-XLN giúp cho vật liệu CCC ổn định cấu trúc, khắc phục được hiện tượng phá vỡ cấu trúc vật liệu, tăng tính chất cơ lý. Ngoài ra, khi tăng số chu kỳ CVI-XLN thì chất lượng của compozit tăng, nhưng mức độ tăng khác nhau và giảm dần khi tăng số chu kỳ. Tiến hành XLN tại nhiệt độ 2100°C, trong môi trường khí argon, thời gian 2h sau 4 chu kỳ cho vật liệu CCC có cấu trúc ổn định dạng graphit và tính chất cơ lý tốt: tỷ trọng biểu kiến ( $\rho_{bk}$ ) 1,717 g/cm<sup>3</sup>; độ xốp tổng ( $\epsilon_{tổng}$ ) 23,892%; độ xốp hở ( $\epsilon_{hở}$ ) 6,203%; độ xốp kín ( $\epsilon_{kín}$ ) 17,689%; độ nén nén 39,7 MPa.

#### Tài liệu tham khảo

[1] Nguyễn Hoa Thịnh, Nguyễn Đình Đức, Vật liệu composite - Cơ học và công nghệ, NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2001.

- [2] E. A. Thornton, Thermal structures for aerospace applications, AIAA Education Series, J. S. Przemieniecki Ed, Air Force Institute of Technology, Wright-Paterson Air Force Base, Ohio, USA, 1996.
- [3] A. Curry, Donald M. Carbon-Carbon Materials Development and Flight Certification Experience From Space Shuttle. Oxidation-Resistant Carbon Carbon Composite for Hypersonic Vehicle Applications, Howard G. Maahs, ed., NASA CP-2051, 1988, pp. 29-50.
- [4] Hua Yuan, Chengguo Wang, Shan Zhang, Xue Lin, Effect of surface modification on carbon fiber and its reinforced phenolic matrix composite, Applied Surface Science 259 (2012) 288.
- [5] D. B. Fischbach, The Kinetics and Mechanism of Graphitization in Chemistry and Physics of Carbon. Vol. 7. edited by p. L. Walker, Jr., 1. Marcel Dekker, New York, (1971).
- [6] J. B. Donnet, T. K. Wang, Z. M. Shen, Atomic scale STM study of pitch-based carbon fibers: influence of mesophase content and the heat treatment temperature, Carbon 34 (1996) 1413.
- [7] Venkat Rao M., Mahajan P., Mittal R.K., Effect of architecture on mechanical properties of carbon/carbon composites, Composite Structures 83 (2), (2008).
- [8] Zhishuang Dai, Baoyan Zhang, Fenghui Shi, Min Li, Zuoguang Zhang, Yizhuo Gu, Effect of heat treatment on carbon fiber surface properties and fibers/epoxy interfacial adhesion, Applied Surface Science 257, pp. 8457-8461, (2011).

## Effect of Heat Treatment Process to Structure and Properties of Graphite Powder - Carbon Fiber - Phenolic Resin Composite

Vu Minh Thanh<sup>1</sup>, Ngo Minh Tien<sup>1</sup>, Doan Tuan Anh<sup>1</sup>, Pham Tuan Anh<sup>1</sup>,  
Ta Thi Thuy Hang<sup>2</sup>, Nguyen Tuan Hong<sup>3</sup>, Do Thi Mai Huong<sup>4</sup>,  
Nguyen The Huu<sup>5</sup>, Le Van Thu<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Institute of Material Chemistry, Vietnam Academy of Military Science and Technology

<sup>2</sup>Faculty of Chemistry, Thainguyen University of Science, Vietnam

<sup>3</sup>Center for High Technology Development, Vietnam Academy of Science and Technology

<sup>4</sup>University of Fire Prevention and Extinguishment, Ministry of Public Security

<sup>5</sup>Faculty of Chemical Technology, Hanoi University of Industry, Vietnam

<sup>6</sup>Institute of Chemistry-Biology and Professional Documents, Ministry of Public Security, Vietnam

**Abstract:** In this paper, we studied the effects of the heat-treatment process to the structure and properties of composite based on graphite powder, carbon fiber and phenolic resin. The research methodology was used such as X - Ray diffraction, field emission scanning electron microscopy



(FESEM), determination of the compressive strength, density. The results showed that the heat-treatment process for C-C composite material improved stable structure, enhanced the mechanical properties of material. After the heat-treatment process: heat-treatment temperature at 2100°C under argon environment for 2 hours, after 4 cycles, the CCC material reaches: Apparent density 1.717g/cm<sup>3</sup>; total porosity 23.892%; open porosity 6.203%; closed porosity 17.689%; compressive strength 39.7MPa.

*Keywords:* Carbon-carbon composite, graphitization, composite properties.