

## TỔNG HỢP VÀ ĐẶC TRƯNG TÍNH CHẤT CỦA GRAPHENE OXIT (GO) ỨNG DỤNG LÀM PHỤ GIA GIA CƯỜNG CHO NANOCOMPOSITE TRÊN NỀN NHỰA EPOXY

Nhận bài:

15 – 07 – 2019

Chấp nhận đăng:

17 – 09 – 2019

<http://jshe.ued.udn.vn/>

Lê Minh Đức<sup>a</sup>, Đỗ Phú Long<sup>b</sup>, Nguyễn Văn Vượng<sup>c</sup>, Lê Kim Ngọc<sup>c</sup>, Nguyễn Thị Diệu Hằng<sup>c</sup>

**Tóm tắt:** Hệ nanocomposite graphene oxit/epoxy được chế tạo thành công trong nghiên cứu này. Graphene oxit (GO) được chế tạo bằng phương pháp Hummer cải biến từ graphite. Hình ảnh tế vi cho thấy GO đã được phân lớp rõ nét sau khi oxi hóa trong môi trường H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> đậm đặc. Các nhóm chức chứa O được gắn lên GO được thể hiện qua kết quả của phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FTIR). Phổ nhiễu xạ tia X (XRD) cho thấy khoảng cách lớp đã tăng đáng kể sau khi oxi hóa, từ 0,34 nm đến 0,78nm. Các nhóm chức chứa O đã gắn lên và chèn vào các lớp của GO nên tăng khoảng cách này. Các thông tin về diện tích bề mặt riêng, thể tích lỗ xốp, kích thước hạt đã được đo bằng phương pháp BET và cho thấy hạt GO có đường kính mao quản trung bình. Sử dụng GO làm chất độn gia cường cho hệ nanocomposite trên nền epoxy đã cải thiện đáng kể độ bền kéo và uốn so với nền nhựa epoxy không phụ gia. Hàm lượng GO tối ưu đạt ở 0,5% khối lượng cho độ bền kéo, uốn là tốt nhất.

**Từ khóa:** Graphene oxide GO; nanocomposit; epoxy; phương pháp Hummer.

### 1. Mở đầu

Việc sử dụng vật liệu tổ hợp polyme cấu trúc nano được nhiều nhà khoa học, công nghệ nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực khác nhau do những đặc tính cơ học và hóa lí tốt. Tuy vậy, do bản chất cấu trúc này vẫn có nhiều lỗ xốp nên có thể làm giảm các tính chất cơ lí của vật liệu. Các cấu tử ăn mòn mạnh như oxi, nước, các ion gây phá hủy vật liệu (Cl<sup>-</sup>, H<sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) có trong môi trường có thể khuếch tán vào vật liệu, góp phần giảm nhanh tính chất cơ học của nó [1, 2]. Có nhiều cách để cải thiện tính chất cơ lí của vật liệu tổ hợp polymer, sử dụng các chất độn kích thước nano vẫn là hướng đi mới, hiệu quả.

Nanocomposite có thể được chế tạo trên nền kim loại, vô cơ hoặc hữu cơ. Rất gần đây, nanocomposite trên cơ sở mạng lưới polyme epoxy được gia cường bởi nanoclay, ống nano cacbon, sợi nano cacbon, graphene,

hạt vô cơ nano như TiO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub>,... [3, 4, 5]. Graphene được đặc biệt quan tâm do những tính chất ưu việt của chúng, là hướng đi nhiều triển vọng để cải thiện, mở rộng các khả năng ứng dụng của vật liệu nanocomposite [6]. Graphene là loại vật liệu có cấu trúc 2 chiều, trong đó C với lai hóa sp<sup>2</sup> đã tạo nên cấu trúc dạng tổ ong rất bền vững. Nó có những tính chất hết sức đặc biệt như độ bền cơ học cao, độ dẫn điện cao và khả năng che chắn dạng phân tử... Do vậy, loại vật liệu này có nhiều triển vọng ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như composite, điện cực điện hóa, lớp phủ và chất hấp phụ... [7, 8, 9]. Đặc biệt, hướng nghiên cứu mở rộng ứng dụng của graphene làm chất độn gia cường nano được đặc biệt quan tâm [10].

Năm 2017, nhóm tác giả N.I.C.Berhanuddin đã chế tạo nanocomposite trên nền nhựa epoxy bằng graphene để cải thiện tính chất cơ học của composite. Graphene được tổng hợp bằng phương pháp gián nở nhiệt và siêu âm. Bề mặt graphene được biến tính bằng methyl diphenyl diisocyanate (MDI). Hàm lượng graphene đạt tối ưu ở 0,5% theo khối lượng trong composite. Cả

<sup>a</sup>Phân viện Khoa học ATVSLĐ và BVMT miền Trung

<sup>b</sup>Trung tâm Kỹ thuật Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng 2

<sup>c</sup>Trường Đại học Bách khoa – Đại học Đà Nẵng

\*Tác giả liên hệ

Lê Minh Đức

Email: leminhduc@vnniosh.vn

modul Young và độ bền kéo đều được cải thiện so với epoxy không có gia cường [11].

Năm 2018, nhóm tác giả F.V.Ferreira đã biến tính graphene oxít bằng hexamethylene-diamine và chế tạo nanocomposite cũng trên nền epoxy. Nhiều phương pháp nghiên cứu đặc trưng vật liệu được áp dụng như FTIR, Phổ Raman, XPS, AFM. Kết quả cho thấy độ cứng tế vi của nanocomposite đã được cải thiện đáng kể [12].

Năm 2017, nhóm tác giả M. G. Sari đã nghiên cứu chế tạo nanocomposite trên nền epoxy với hệ phụ gia gia cường là hạt nano khoáng montmorillonite và graphene oxít để làm màng bảo vệ kim loại. Hệ đã cải thiện đáng kể khả năng chống ăn mòn [13].

Nhựa epoxy tuy khá bền nhưng có tính chất là giòn, do vậy, cần thiết phải sử dụng các phụ gia nano để khắc phục hạn chế này. Không như các loại phụ gia kích thước nano khác, graphene có thể sử dụng làm phụ gia gia cường làm tăng độ bền mà không làm thay đổi giá trị nhiệt chuyển hóa thủy tinh của composite.

Trong nghiên cứu này, graphene oxít - GO được nghiên cứu tổng hợp và khảo sát các đặc trưng tính chất đồng thời việc sử dụng nó làm chất độn nano cho nhựa epoxy cũng được nghiên cứu và khảo sát. Các tính chất cơ học của nanocomposite được đánh giá, so sánh.

## 2. Thục nghiệm

Nhựa Epoxy thương mại EP thuộc loại nhựa Epoxy Bisphenol A xuất xứ từ Trung Quốc. Chất đóng rắn loại DETA (diethylen triamine) được sử dụng với tỉ lệ DETA/Epoxy = 20/100. Các hóa chất khác  $H_2SO_4$  98%,  $NaNO_3$ ,  $KMnO_4$  (Trung Quốc), không phải xử lí gì trước khi dùng. Graphite được cung cấp bởi Aldich-Sigma, có hàm lượng C > 99%, kích thước hạt < 45  $\mu m$ .

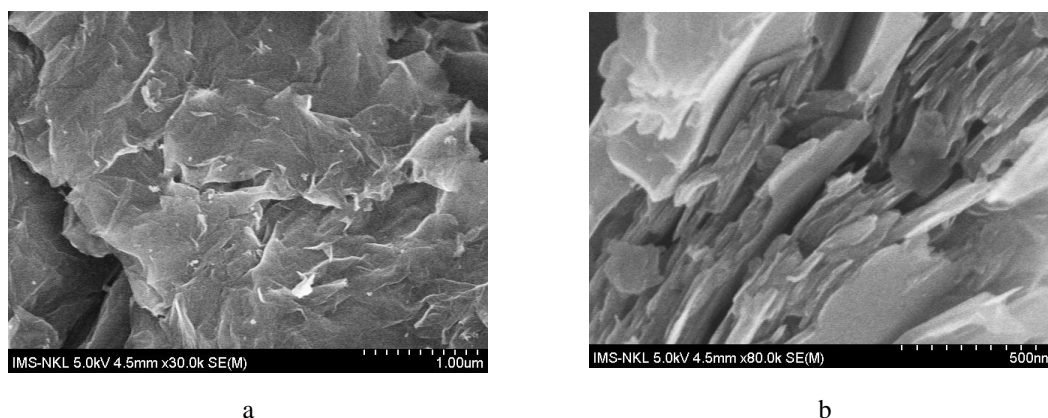
Graphene được tổng hợp từ graphite bằng phương pháp Hummer cải biến theo quy trình như sau: Phân tán bằng máy khuấy từ hỗn hợp gồm 3g graphite, 3g  $NaNO_3$  trong 90 ml axit  $H_2SO_4$  đậm đặc, trong 30 phút.

Hỗn hợp luôn được giữ ở 5°C. Thêm từ từ 9g  $KMnO_4$  vào hỗn hợp, duy trì nhiệt độ này và khuấy đều trong 2 giờ. Hỗn hợp dần chuyển sang màu nâu đậm. Sau đó thêm dần nước cất, giữ nhiệt độ ở 50°C, tiếp tục khuấy trộn trong 1 giờ. Thêm 400ml  $H_2O_2$  30% để oxi hóa lượng  $KMnO_4$  dư thừa sau phản ứng. Hỗn hợp được lọc, rửa nhiều lần bằng nước cất trên máy lọc chân không cho đến khi nước rửa đạt pH=7. Mang GO đi sấy ở 50 °C ta thu được sản phẩm GO dạng bột.

Một số tính chất của mẫu GO được xác định bằng các phương pháp: chụp ảnh bằng kính hiển vi điện tử quét SEM (HITACHI-4800 FESEM, Viện Kỹ thuật Nhiệt đới, Hà Nội); Phổ hồng ngoại biến đổi Fourier FTIR (STA6000, Perkin Elmer, Mỹ, tại Trường Đại học Bách khoa, ĐH Đà Nẵng); Phổ nhiễu xạ tia X XRD (SmartLab, Gigaku, Nhật Bản, tại Trường Đại học Bách khoa, ĐH Đà Nẵng); Đo diện tích bề mặt riêng bằng phương pháp BET (trên máy ASAP-2020, Micromeritics, Mỹ, tại Trường ĐH Bách khoa, ĐH Đà Nẵng); Đánh giá độ phân tán của GO bằng chụp ảnh kính hiển vi quang học (kính OLYMPUS CX31 - Nhật Bản, tại Trường ĐH Bách khoa, ĐH Đà Nẵng).

Mẫu nanocomposite được chế tạo như sau: cân 80g nhựa epoxy cho vào cốc thủy tinh. Thêm vào cốc thủy tinh này với các hàm lượng GO khác nhau từ 0,3%, 0,5% và 0,7% theo khối lượng so với nhựa epoxy (sai số 0,01 g). Hỗn hợp nhựa và GO được khuấy trộn đồng đều bằng máy siêu âm trong thời gian 30 phút ở biên độ 40%. Thêm chất đóng rắn với tỉ lệ 20% so với lượng nhựa epoxy, đổ khuôn, tạo mẫu. Mẫu được lưu ở nhiệt độ phòng trong vòng 24 giờ, tiếp đến sấy ở 70°C trong 5 giờ để mẫu đóng rắn hoàn toàn. Sau khi sấy xong, mẫu được để nguội ở nhiệt độ phòng rồi tháo ra khỏi khuôn.

Các tính chất cơ học của nanocomposite được khảo sát bao gồm: Độ bền uốn theo tiêu chuẩn ISO 178, độ bền kéo theo tiêu chuẩn ISO 527-1. Các phép đo được thực hiện trên thiết bị INSTRON 5582 của Mỹ, tại Phòng Thử nghiệm Cơ lí - Trung tâm Kỹ thuật Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng 2 (QUATEST 2).



Hình 1. Ảnh chụp SEM của GO (a) và graphite (b)

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Cấu trúc tế vi của graphene

Kết quả chụp ảnh SEM của GO và graphite được thể hiện ở Hình 1.

Từ kết quả chụp SEM, có thể nhận thấy bề mặt của GO (Hình 1a) bị tách lớp rõ ràng, các tấm graphene cũng đã được nhận diện qua các nếp gấp, vùng tối sáng. GO vẫn còn cấu trúc lớp nhưng bề mặt có sự bong tróc, nhám hơn. So sánh ảnh SEM của graphite (Hình 1b), các lớp của graphite ban đầu dày, sít chặt và láng bóng hơn.

#### 3.2. Kết quả đo diện tích bề mặt riêng bằng phương pháp BET

Kết quả đo BET của các mẫu GO và graphite thể hiện ở Bảng 1 và 2.

Bảng 1. Kết quả đo BET của vật liệu GO

Thông số	GO
Diện tích bề mặt ( $m^2/g$ )	72,9367
Thể tích vi mao quản ( $cm^3/g$ )	0,061949
Kích thước hạt trung bình ( $A^\circ$ )	817,437
Kích thước các lỗ xốp TB ( $A^\circ$ )	33,7597

Bảng 2. Kết quả đo BET của vật liệu graphite

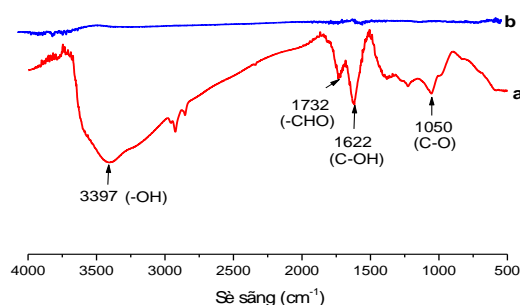
Thông số	Graphite
Diện tích bề mặt ( $m^2/g$ )	19,9226
Thể tích vi mao quản ( $cm^3/g$ )	0,09284
Kích thước hạt trung bình ( $A^\circ$ )	2972,110
Kích thước các lỗ xốp TB ( $A^\circ$ )	183,9693

Kết quả ở Bảng 1, 2 cho thấy: diện tích bề mặt riêng của vật liệu graphen oxit đạt được là 72,9367  $m^2/g$ . So với graphite ban đầu từ  $\sim 20 m^2/g$ , graphen oxit thu được có giá trị diện tích bề mặt riêng lớn hơn nhiều. GO có cấu trúc nano với kích thước hạt trung bình khá nhỏ 817,437  $A^\circ$ , nhỏ hơn khá nhiều so với hạt graphite. Vật liệu có độ xốp cao, kích thước các lỗ xốp trung bình chỉ khoảng 33,7597  $A^\circ$ . Kích thước lỗ xốp trung bình cũng nhỏ hơn nhiều so với hạt graphite.

Như vậy, bằng quá trình oxi hóa hóa học trong môi trường  $H_2SO_4$  với  $KMnO_4$  làm chất oxi hóa, các lớp graphite được bóc tách ra, tạo ra nhiều không gian xốp với độ xốp khá cao so với graphite.

#### 3.3. Phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FTIR) của graphene oxit (GO)

Kết quả phổ hồng ngoại FTIR của GO sau khi tổng hợp được thể hiện ở Hình 2.

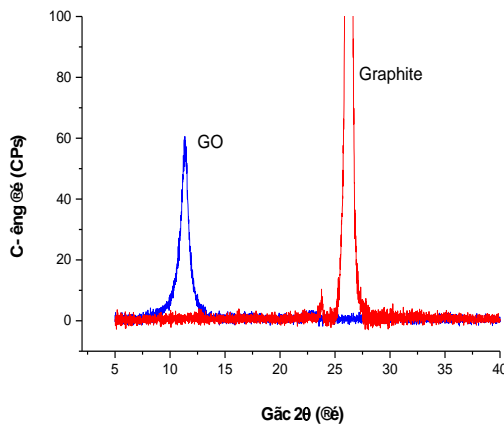


Hình 2. Kết quả phổ hồng ngoại của GO (a) và của graphite (b)

Qua quá trình oxi hóa, các nhóm chức như epoxy, -OH, -COOH được gắn vào cấu trúc của GO. Kết quả phổ FTIR ở Hình 2a cho thấy, pic ở số sóng  $3397\text{cm}^{-1}$  đặc trưng cho dao động của nhóm -OH trong GO và của nước hấp phụ, tạo liên kết hydro giữa các lớp graphite. Đây cũng có thể là liên kết giữa nhóm -OH của GO với nước hấp thụ, hoặc giữa các nhóm -OH của GO với nhau. Các pic ở số sóng  $1732\text{ cm}^{-1}$  là đặc trưng cho nhóm cacbonyl của andehyde hoặc axit hoặc cetone. Pic ở số sóng  $1622\text{ cm}^{-1}$ ,  $1050\text{ cm}^{-1}$  tương ứng với dao động C-OH của nhóm hydroxyl và C-O của epoxy.

Hình 2b là phổ FTIR của graphite nguyên chất. Có thể thấy không xuất hiện bất cứ pic nào trong dải số sóng đó. Như vậy, oxi hóa hóa học graphite đã gắn thành công các nhóm chức chứa O lên cấu trúc của GO.

### 3.4. Phổ nhiễu xạ tia X (XRD) của graphene



Hình 3. Kết quả đo XRD của graphite, GO

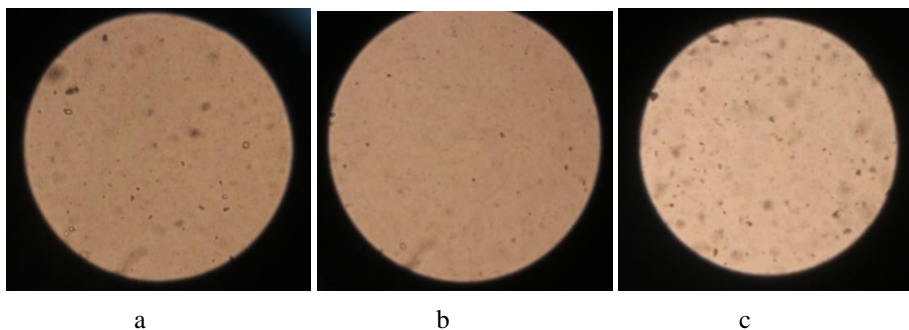
Kết quả trên Hình 3 cho thấy đã có sự dịch chuyển pic về góc  $2\theta$  nhỏ hơn của dạng GO. GO cho pic ở  $11^\circ$  tương ứng với khoảng cách  $d=0,78\text{ nm}$  - lớn hơn so với graphite. Graphite có pic nhọn ở góc  $2\theta$   $26^\circ$ , tương ứng với khoảng cách lớp  $0,34\text{ nm}$ .

Điều này có thể được giải thích bằng sự hình thành các nhóm phân cực epoxy, -OH, -COOH đồng thời với sự có mặt của nước ở giữa các lớp GO trong quá trình phản ứng đã làm cho khoảng cách lớp trong GO tăng lên, lớn hơn so với ban đầu của graphite.

### 3.5. Đánh giá độ phân tán của GO trong nanocomposite

Hỗn hợp nhựa epoxy và GO được phân tán bằng máy khuấy siêu âm trong thời gian 30 phút. Sau phân tán, dùng cọ quét một lớp mỏng trên tấm lam kính thí nghiệm. Mẫu được đóng rắn ở điều kiện phòng trong 24 giờ. Phân bố các hạt GO được đánh giá bằng quan sát trên kính hiển vi quang học. Kết quả thu được thể hiện ở Hình 4.

Kết quả cho thấy với hàm lượng GO bằng 0,5% thì cho sự phân bố tốt nhất, không xuất hiện kết tụ, bề mặt khá bằng phẳng. Khi hàm lượng GO tăng lên 0,7%, nhiều khối kết tụ xuất hiện, GO đã không phân tán tốt trong nền epoxy. Lí do ở đây có thể là do lượng GO quá lớn, nhựa epoxy không đủ để bao bọc tất cả các hạt GO. Bọt khí có thể xuất hiện ở đây do độ nhớt hỗn hợp tăng dần, ngăn cản khả năng phân tán của GO [14]. Với hàm lượng GO 0,3%, sự phân tán GO cũng không được tốt, vẫn có một vài điểm kết tụ của GO. Nguyên nhân có thể do lượng GO không đủ lớn để truyền ứng suất trong quá trình khuấy nên không hỗ trợ cho sự phân tán tốt hơn.

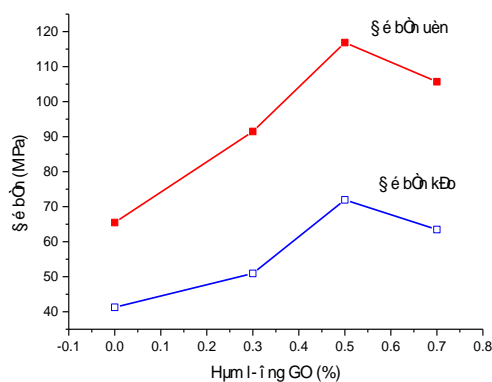


Hình 4. Ảnh chụp dưới kính hiển vi quang học của nanocomposite với độ phóng đại 1.000 lần.

Hàm lượng GO trong nanocomposite lần lượt (a) 0,3%, (b) 0,5% và (c) 0,7%

### 3.6. Tính chất cơ học của nanocomposite với các hàm lượng GO khác nhau

Kết quả khảo sát độ bền cơ học của vật liệu nanocomposite được thể hiện ở Hình 5.



**Hình 5.** Ảnh hưởng của hàm lượng GO đến độ bền uốn và kéo của vật liệu nanocomposite

Kết quả ở Hình 5, cho thấy độ bền uốn tăng khi tăng hàm lượng GO từ 0% đến 0,5%, tuy nhiên khi tăng hàm lượng GO lên 0,7% thì độ bền uốn lại giảm xuống. Đạt giá trị cao nhất tương ứng với hàm lượng 0,5%. Độ bền kéo của nanocomposite cũng biến đổi tương tự (Hình 5), tăng khi tăng hàm lượng GO từ 0% đến 0,5%, giảm khi hàm lượng GO đạt 0,7%. Giá trị độ bền uốn và kéo cao nhất tương ứng với hàm lượng GO trong nanocomposite đạt 0,5%.

Trong mẫu GO có sự xuất hiện của các nhóm hydroxyl, carbonxyl và nhóm epoxy. Các nhóm này tạo thành các điểm hoạt hóa để liên kết với các phân tử nhóm chức của các phân tử epoxy, giúp cho cấu trúc nanocomposite có độ sít chặt, kết bó chặt chẽ, có khả năng chống lại ứng suất tác dụng. Do vậy độ bền cơ học của vật liệu nanocomposite được cải thiện khi có mặt của GO.

Mặt khác trong khối epoxy nguyên chất, giữa các cấu trúc thường tồn tại những điểm cấu trúc rỗng (khuyết tật). Ở những điểm rỗng này, các đoạn mạch phân tử có độ linh động lớn và lực tác dụng tương hỗ giữa các phân tử rất nhỏ. Dưới tác dụng lực cơ học, thì ứng suất xuất hiện trong khối polyme không đồng đều nên polyme sẽ bị phá hủy với giá trị lực không lớn lắm.

Khi được điền đầy bằng GO hoặc mạch đại phân tử epoxy chèn vào giữa các lớp GO, độ bền liên kết giữa mạch đại phân tử epoxy với các lớp GO được tăng lên.

Tuy nhiên, với 0,7% khối lượng GO thì sẽ tồn tại các hạt GO dư. Lúc này, trong hệ sẽ hình thành pha riêng biệt, phá vỡ cấu trúc đồng nhất của hệ GO/epoxy. Dưới tác dụng của ngoại lực, ứng suất sẽ phân bố không đều trong khối vật liệu làm cho độ bền của mẫu giảm. Đồng thời, khi trong mẫu nanocomposite có chứa hàm lượng GO lớn (0,7%) thì sẽ gây khó khăn cho quá trình đồng nhất mẫu do độ nhớt tăng cao trong thời gian ngắn và bọt khí xuất hiện nhiều trong sản phẩm. Đây chính là nguyên nhân khiến độ bền của mẫu giảm. Kết quả này cũng khá tương đồng với kết quả đánh giá độ phân tán của GO ở Hình 4.

### 4. Kết luận

Nanocomposite trên nền nhựa epoxy với chất độn gia cường là graphene oxit (GO) đã được chế tạo thành công. GO được tổng hợp từ graphite bằng phương pháp hóa học. Thông qua các kết quả phổ IR và phổ XRD, có thể khẳng định rằng GO đã được tổng hợp thành công với các nhóm chức đặc trưng được gắn lên cấu trúc của nó. Các nhóm chức chứa O này đã tạo nhiều thuận lợi cho việc liên kết với nhựa epoxy làm nền. Tính chất cơ học như độ bền uốn, độ bền kéo của vật liệu nanocomposite được cải thiện rõ rệt so với nhựa epoxy không có chất độn. Hàm lượng GO 0,5% theo khối lượng là tối ưu với loại chất độn nano này.

### Lời cảm ơn

Nhóm đề tài cảm ơn sự hỗ trợ kinh phí của Tổng Liên đoàn Lao động Việt Nam thông qua đề tài cấp TLD mã số CTTĐ-2019/02/TLĐ.

### Tài liệu tham khảo

- [1] S. Pourhashem, M. R. Vaezi, A. Rashidi, and M. R. Bagherzadeh (2017). Exploring corrosion protection properties of solvent based epoxy-graphene oxide nanocomposite coatings on mild steel. *Corros. Sci.*, 115, 78-92.
- [2] V. Q. Trung, P. Van Hoan, D. Q. Phung, L. M. Duc, and L. T. Hang (2014). Double corrosion protection mechanism of molybdate-doped polypyrrole/montmorillonite nanocomposites. *J. Exp. Nanosci.*, 9, 3, 282-292.

- [3] T. D. Ngo, M. T. Ton-That, S. V. Hoa, and K. C. Cole (2009). Effect of temperature, duration and speed of pre-mixing on the dispersion of clay/epoxy nanocomposites. *Compos. Sci. Technol.*, 69, 11-12, 1831-1840.
- [4] D. Işin, N. Kayaman-Apohan, and A. Güngör (2009). Preparation and characterization of UV-curable epoxy/silica nanocomposite coatings. *Prog. Org. Coatings*, 65, 4, 477-483.
- [5] J. Yu and H. Yu (2006). Facile synthesis and characterization of novel nanocomposites of titanate nanotubes and rutile nanocrystals. *Mater. Chem. Phys.*, 100, 2-3, 507-512.
- [6] P. Malik and P. Jain (2018). Influence of Surface modified Graphene Oxide on Mechanical and Thermal Properties of Epoxy Resin. *Oriental Journal of Chemistry*, 34, 3, 1597-1603.
- [7] P. Russo, A. Hu, and G. Compagnini (2013). Synthesis, Properties and Potential Applications of Porous Graphene: A Review. *Nano-Micro Lett.*, 5, 4, 260-273.
- [8] S. S. Meshkat, O. Tavakoli, A. Rashidi, and M. D. Esrafilı (2018). Adsorptive mercaptan removal of liquid phase using nanoporous graphene: Equilibrium, kinetic study and DFT calculations. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 165, June, 533-539.
- [9] R. Ding, Y. Zheng, H. Yu, W. Li, X. Wang, and T. Gui (2018). Study of water permeation dynamics and anti-corrosion mechanism of graphene/zinc coatings. *J. Alloys Compd.*, 748, 481-495.
- [10] A. T. Smith, A. Marie, S. Zeng, B. Liu, and L. Sun (2019). Nano Materials Science Synthesis, properties, and applications of graphene oxide/reduced graphene oxide and their nanocomposites. *Nano Mater. Sci.*, 1, 1, 31-47.
- [11] L. Ramos-galicia, A. Laura, and R. Fuentes- (2017). Enhancement of mechanical properties of epoxy / graphene nanocomposite Enhancement of mechanical properties of epoxy / graphene nanocomposite., *Journal of Physics: Conf.* 914, 012036.
- [12] F. V. Ferreira et al. (2018). Functionalized graphene oxide as reinforcement in epoxy based nanocomposites. *Surfaces and Interfaces*, 10, 100-109.
- [13] M. Ganjaee Sari, M. Shamshiri, and B. Ramezanzadeh (2017). Fabricating an epoxy composite coating with enhanced corrosion resistance through impregnation of functionalized graphene oxide-co-montmorillonite Nanoplatelet. *Corros. Sci.*, 129, March, 38-53.
- [14] Lê Minh Đức, Mai Thị Phương Chi, Vũ Quốc Trung (2013). Chế tạo và khảo sát tính chất của nanocompozit clay-epoxy. *Tạp chí Hóa học, Viện Hàn lâm và Khoa học CN Việt Nam*, T1.51 (1), 66-70.

## SYNTHESIS AND PROPERTIES OF GRAPHENE OXIDE (GO)

### THE APPLICATION AND USE OF GRAPHENE OXIDE

#### IN STRENGTHENING NANOCOMPOSITE ON THE FOUNDATION OF EPOXY

**Abstract:** Nanocomposite graphene oxide/epoxy was fabricated successfully in this research. Graphene oxide (GO) has been synthesised by using modified Hummer method. SEM picture showed that GO had been exfoliated clearly after chemical oxidation in concentrated H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> acid. The oxygen functional groups that could be seen on the FTIR spectra, were attached onto GO surface. XRD spectroscopy showed that the space among the layers of GO increased from 0.34 nm to 0.78 nm after oxidation, which can be explained by the insert of oxygen functional group. BET results provided information of specified surface areas, porous volume and particle diameter of the product. GO has a medium porous diameter. It is also shown that the mechanical properties of the fabricated product improved significantly with the use of GO as compared to neat epoxy nanocomposite. The optimum amount of GO in GO/epoxy was 0.5% of weight.

**Key words:** graphene oxide GO; nanocomposite; epoxy; Hummer method.