Vietnam Journal of Catalysis and Adsorption
Tạp chí xúc tác và hấp phụ Việt Nam

https://jca.edu.vn

Nghiên cứu khả năng hấp phụ khí thải giao thông của vật liệu được tạo bởi màng lọc bụi ô tô và graphene

Study on the adsorption capacity of traffic exhaust gases by a material composed of car dust filter membranes and graphene

Vũ Thành Công[1,*], Bùi Thị Thu Quỳnh[1]

[1] *Khoa Toán và Khoa học Tự nhiên, Trường Đại học Hải Phòng*
** Email: congvt@dhhp.edu.vn*

ARTICLE INFO

Received: 26/03/2025
Accepted: 30/08/2025
Published: 30/09/2025

Keywords:
Graphene;
hazardous gases;
air filter; automobile

ABSTRACT

Traffic dust is a toxic compound that, when exposed to humans over prolonged periods, can easily cause skin irritation, respiratory issues, headaches, dizziness, fatigue, nausea, and can impair the function of the liver, kidneys, and central nervous system, potentially leading to cancer. Currently, materials (air conditioner filters) primarily serve the purpose of filtering dust of specific sizes. This paper presents the results of a study on the ability of a material, created from car air filter membranes and supplemented with graphene, to adsorb traffic exhaust gases. The results indicate that the material can almost completely prevent traffic dust from entering the car without affecting the airflow inside.

Giới thiệu chung

Trong quá trình hoạt động, các phương tiện giao thông đã thải ra môi trường nhiều khí độc như cacbon oxit, cacbon dioxit, nitơ dioxit và các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi (VOCs).... Tùy theo từng loại động cơ và nhiên liệu mà khối lượng các chất thải độc hại chiếm tỷ lệ khác nhau trong khí xả [2]. Khi hít phải những khí này dễ cảm thấy đau đầu và có thể gây ung thư. Việt Nam có rất nhiều ô tô xe máy đang lưu thông, với nhiều xe đã quá cũ đang tạo ra sự ô nhiễm môi trường nghiêm trọng. Các khí thải động cơ đốt trong này theo đường gió điều hòa vào trong khoang xe ô tô gây cảm giác khó chịu và hại cho sức khỏe con người. Do đó việc nghiên cứu vật liệu có khả năng ngăn cản bụi, các thành phần độc hại của động cơ đốt trong vào khoang xe ô tô là việc làm có ý nghĩa cao.

Graphene là chất có diện tích bề mặt lớn, theo lý thuyết khoảng 2640 cm^2/g, cao hơn nhiều so với than hoạt tính [7,8] vì vậy chúng có khả năng hấp phụ cao, được sử dụng làm nguyên liệu để tổng hợp vật liệu có tính hấp phụ cao [2], có khả năng dẫn điện tốt với mức độ truyền qua cao nên vật liệu này đã được sử dụng làm điện cực trong suốt – một bộ phận thiết yếu trong các thiết bị như màn hình cảm ứng, màn hình tinh thể lỏng, tế bào quang điện, pin mặt trời ... Với diện tích bề mặt lớn, màng graphene có thể được xem là vật liệu tốt cho các loại cảm biến khí, cảm biến sinh học [4,5]. Trong lĩnh vực bán dẫn, graphene còn được sử dụng để chế tạo siêu tụ, các transistor kích thước nano, các linh kiện trong vi mạch tích hợp v.v... [6].

Bộ lọc gió điều hòa ô tô có hình dạng một tấm màn lọc gấp khúc (tăng bề mặt lưu thông khí) được tạo nên từ các tấm cotton và khung bao bọc xung quanh. Tấm

https://doi.org/10.62239/jca.2025.059

lọc gió điều hòa ô tô được sử dụng trên các phương tiện ô tô, nhằm đảm bảo không khí sạch bụi cho người lái và hành khách. Bộ lọc gió điều hòa ô tô đều có tác dụng cho không khí đi qua và ngăn cản lại các hạt bụi giữa hệ thống làm mát, sưởi và lỗ thông hơi điều hòa không khí. Một số loại hệ thống lọc có tẩm than hoạt tính có thể khử mùi hôi để không khí trở nên trong lành hơn. Tuy nhiên thực tế cho thấy, các tấm lọc gió điều hòa tẩm than hoạt tính này đều chưa có giấy chứng nhận của cơ quan có thẩm quyền về lọc các khí thải của động cơ đốt trong từ bên ngoài vào trong xe. Trên cơ sở tấm lọc gió điều hòa ô tô chỉ có tác dụng giữ lại bụi, tác giả nghiên cứu quy trình phân tán, kết dính graphene tạo thành vật liệu có khả năng giữ lại bụi và hấp phụ các thành phần của khí thải động cơ đốt trong độc hại mà không ảnh hưởng tới lưu lượng không khí vào trong xe.

Thực nghiệm và phương pháp nghiên cứu

Hóa chất

Hóa chất sử dụng trong nghiên cứu gồm: Graphene đa lớp có xuất xứ Mỹ, được cung cấp cấp bởi ACS Material loại Type C có độ dày 2 – 3mm, hàm lượng carrbon > 99%, độ dẫn điện 500 – 600 S/m, diện tích bề mặt riêng khoảng 700m^2/g. Ethanol, butyl acetate, n-hexane do Zhengzhou Meiya Chemical Products Co., Ltd sản xuất, sản phẩm đạt CAS 123-86-4. Ethylbenzene do The Dow Chemical Company (Mỹ) sản xuất**,** keo silicon được sản xuất bởi Tonsan (Trung Quốc) có độ nhớt 400000 cP, độc cứng 3,5MPa., độ giãn khi kéo dài 500%. Tấm lọc gió điều hòa so DENSO Corporation sản xuất được làm từ polypropylene.

Nghiên cứu phân tán Graphene

Graphene được phân tán bằng siêu âm kết hợp nhúng phủ, đưa vật liệu graphene đa lớp bám dính trên nền tấm lọc gió , tạo ra vật liệu mới có khả năng hấp phụ VOCs . Quy trình chế tạo vật liệu gồm 5 bước như sau: Phân tán graphene trong dung môi phân tán ethanol; butyl acetate ở môi trường siêu âm tần số 60 Hz; Nhúng tấm lọc gió vào hỗn hợp graphene đã phân tán; Sấy vật liệu; Nhúng vật liệu trong dung dịch keo silicon kết dính; Sấy khô vật liệu thành phẩm.

Tỷ lệ graphene/dung môi phân tán được khảo sát ở các tỷ lệ 3; 6; 9; 12; 15 g/L. Thời gian siêu âm 20, 40, 60, 80, 100 và 120 phút. Hiệu quả phân tán được đánh giá thông qua tỷ lệ khối lượng graphene phân tán với khối lượng vật liệu sau phân tán.

Tỷ lệ graphene phân tán/vật liệu được tính theo công thức (1):

$$\%G = \frac{\text{Khối lượng vật liệu sau khi phân tán-khối lượng tấm lọc gió ban đầu}}{\text{Khối lượng vật liệu sau khi phân tán}} \text{ x } 100\% \quad (1)$$

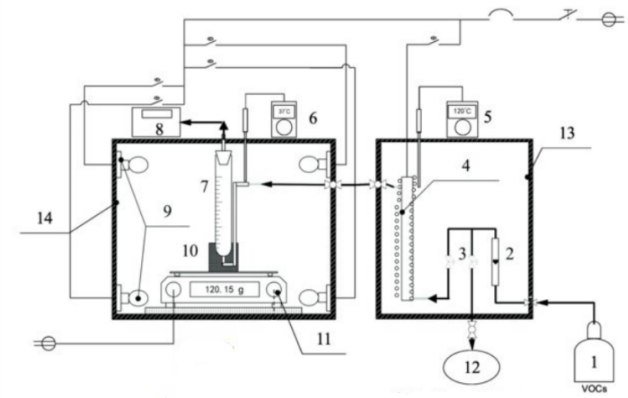
Nghiên cứu dung lượng hấp phụ cực đại

Dung lượng hấp phụ cực đại đối với các VOCs trong nội dung nghiên cứu này là n-hexane và ethyl benzene được xác định bằng cách thổi VOCs vào cột chứa vật liệu hấp phụ đã mang graphene (khối lượng m1) có gắn cân điện tử đến khi khối lượng không đổi (khối lượng m2). Dung lượng hấp phụ cực đại (Q) của vật liệu được tính bằng công thức (2):

$$Q = (m2 - m1)/m1. \quad (g/g) \qquad (2)$$

Nghiên cứu hiệu suất hấp phụ.

Hiệu suất hấp phụ của vật liệu trong phòng thí nghiệm được khảo sát trên hệ thống mô hình hấp phụ được thiết kế như sau:



Hình 1. Sơ đồ mô hình hấp phụ hơi VOCs trong phòng thí nghiệm

Các hấp phụ n – hexane và ethylbenzene trong máy tạo khí (1) và nitơ với độ tinh khiết 99,999%, được sử dụng làm khí mang. Tốc độ dòng chảy của dòng khí được điều khiển bởi một van (3) và được đo bằng đồng hồ đo lưu lượng (2). Nồng độ ban đầu của các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi được kiểm soát ở mức 500 mg/m3. Sợi carbon hồng ngoại và ống xoắn ốc thạch anh (4) được sử dụng để gia nhiệt hấp phụ. Nhiệt độ không khí bên trong buồng được đo bằng nhiệt kế kỹ thuật số (5). Vật liệu hấp phụ được để trong buồng (7) và cân kỹ thuật số (11). Hỗn hợp khí được đưa vào dưới cùng của cột và chảy ngược lên qua lớp cố định vật liệu hấp phụ. Nhiệt độ của khí trong buồng được đo bằng nhiệt kế kỹ thuật số (6). Cân kỹ thuật số (11) được sử dụng để đo lượng VOCs bị hấp phụ dựa trên sự gia tăng của trọng lượng . Nồng độ đầu ra của VOCs được đo bằng máy phân tích VOCs (PGM-7300, RAE Systems) (số 8). Thiết bị được lắp trong một vỏ bọc có ống Teflon (14), được sử dụng để cách nhiệt.

https://doi.org/10.62239/jca.2025.059

Bình (1) chứa n – hexane và ethylbenzene, sử dụng lưu lượng kế 2 để kiểm soát lưu lượng dòng ,khí đi vào cột hấp phụ ở các lưu lượng lần lượt là 1, 2, 3, 4 và 5 l/s. Đo lượng VOCs bị hấp phụ bằng cân kỹ thuật số 6 và đo lượng VOCs bị thoát ra qua máy phân tích VOCs 8. Hiệu suất hấp phụ được tính bằng công thức (3):

$$\text{Hiệu suất hấp phụ} = \frac{\text{Lượng VOCs bị hấp phụ}}{\text{Lượng VOCs được đưa vào ban đầu}} \text{ X } 100\% \quad (3)$$

Nghiên cứu lưu lượng gió qua tấm hấp phụ

Đo lưu lượng gió thổi vào trong xe ô tô được so sánh trong 2 trường hợp: Sử dụng tấm lọc gió nguyên bản chưa mang graphene và khi sử dụng tấm lọc gió đã mang graphene.

Hình 2. Tấm lọc gió chưa mang và có mang graphene

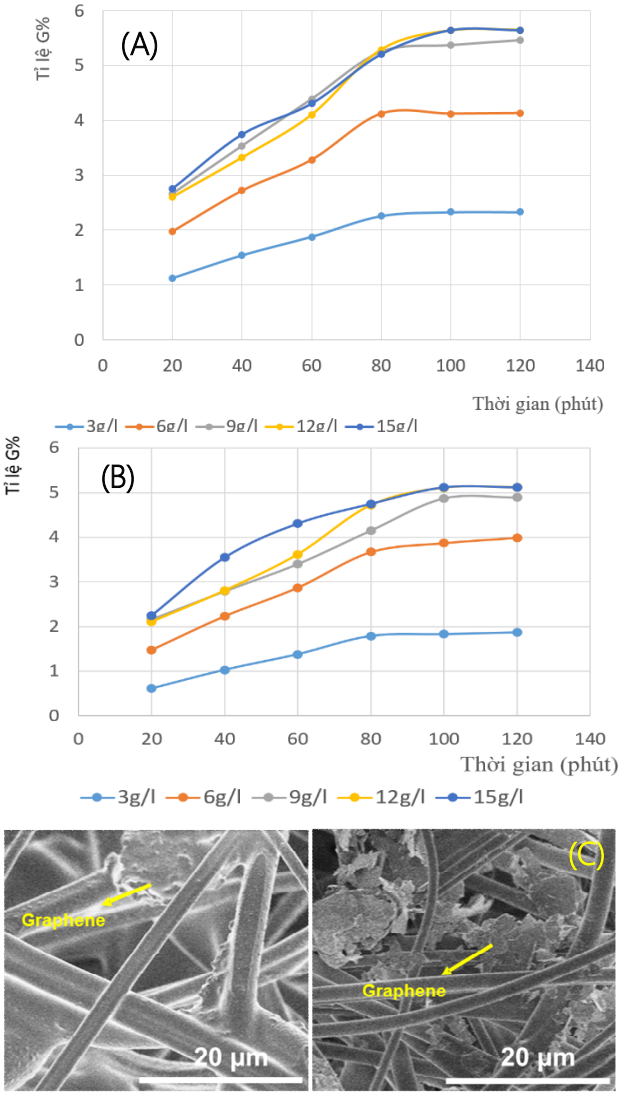
Máy đo tốc độ gió Anemometer (Úc), được đặt ở khoảng cách cố định trước cửa gió điều hòa ô tô. Bật tốc độ quạt thay đổi từ 1 đến 5, đo và so sánh tốc độ gió trong hai trường hợp trên.

Kết quả và thảo luận

Nghiên cứu dung môi phân tán tối ưu

Cân chính xác những lượng 6; 12; 18; 24, 30 g graphene cho vào 2 bình, một bình đựng ethanol 2000 ml, bình 2 cũng đựng butyl acetate 2000 ml, 2 tấm lọc gió được nhúng ngập vào 2 bình cùng sử dụng tần số siêu âm 60 Hz. Sau các khoảng thời gian 20, 40, 60, 80,100 và 120 phút, lấy các tấm lọc gió, sấy khô hoàn toàn, cân lại khối lượng và tính toán lượng graphene phân tán trong tấm lọc gió. Kết quả tỷ lệ khối lượng graphene phân tán/khối lượng tấm lọc gió đã phân tán graphene tính theo % được thể hiện ở hình 3A và hình 3B.

Kết quả cho thấy hiệu quả phân tán graphene theo thời gian phân tán ở các tỷ lệ khác nhau, ở thời gian 100 phút siêu âm, tỷ lệ graphene 12g/L ethanol, lượng graphene được phân tán đạt tối ưu, cao nhất với tỷ lệ khối lượng graphene trên tổng khối lượng vật liệu sau phân tán đạt 5,64%. Đối với butyl acetate cũng cho thấy ở các tỷ lệ graphene/butyl acetate thấp hơn 12g/L, tỷ lệ phân tán của graphene thấp và đạt cao nhất ở tỷ lệ 12g/L butyl acetate và thời gian siêu âm 100 phút, graphene có khả năng phân tán cao nhất, đạt tỷ lệ 5.12%.



Hình 3. Đồ thị biểu diễn tỷ lệ G% theo thời gian khi dung môi là (A) ethanol và (B) butyl acetate. (C) Ảnh SEM của vật liệu chế tạo thử nghiệm

Quan sát trên ảnh SEM hình 3C, có thể thấy rằng graphene được phân tán vào lõi trong của vật liệu phân tán tương đối đồng đều. Vật liệu phân tán graphene trong cả 2 môi trường ở tỷ lệ 12g/L, tần số siêu âm 60 Hz, thời gian 100 phút cũng được sử dụng để nghiên cứu tiếp theo.

Dung lượng hấp phụ cực đại của các mẫu vật liệu

Các mẫu vật liệu khảo sát ở cả 2 môi trường phân tán: ethanol, butyl acetate ở các tỷ lệ 3g/L, 6g/L, 12g/L, sau khi được kết dính bằng keo silicone được tiến hành thí

https://doi.org/10.62239/jca.2025.059

nghiệm xác định dung lượng hấp phụ cực đại. Kết quả dung lượng hấp phụ cực đại của từng mẫu vật liệu đối với n-hexane, ethylbenzene được thể hiện trên bảng 1:

Bảng 1. Dung lượng hấp cực đại của 2 mẫu vật liệu khi sử dụng dung môi n-hexane, ethylbenzene (g/g)

Môi trường phân tán	Q đối với chất bị hấp phụ n – hexane ở các tỷ lệ graphener/dung môi khác nhau			Q đối với chất bị hấp phụ ethylbenzene ở các tỷ lệ graphener/dung môi khác nhau		
	3g/L	6g/L	12g/L	3g/L	6g/L	12g/L
Ethanol	2,96	6,78	6,91	2,67	6,48	6,99
Butyl acetate	1,82	4,82	5,87	1,61	3,95	5,71

Từ các kết quả trên, có thể nhận thấy dung lượng hấp phụ cực đại các VOCs phụ thuộc vào tỷ lệ khối lượng graphene được phân tán. Tỷ lệ này càng cao thì dung lượng hấp phụ cực đại các VOCs càng cao. Vật liệu được phân tán trong điều kiện này cũng cho dung lượng hấp phụ cực đại với các VOCs cao nhất đạt 6,99 g/g vật liệu, ở tỷ lệ phân tán graphener/dung là 12g/L . Giá trị cao nhất đạt được ở dung phân tán là ethanol. Vì vậy, vật liệu phân tán graphener trong môi trường ethanol được sử dụng khảo trong thí nghiệm tiếp theo.

Hiệu suất hấp phụ VOCs của vật liệu

Vật liệu được chọn để nghiên cứu hiệu suất hấp phụ là vật liệu được phân tán graphene bằng dung môi ethanol tỷ lệ phân tán graphener/dung là 12g/L . Quá trình nghiên cứu được trình bày tại mục 2.4. Kết quả được ghi trong bảng 2.

Bảng 2. Hiệu suất hấp phụ ethylbenzene với lưu lượng khí khác nhau

Tốc độ gió (l/s)	Vật liệu hấp phụ trên cơ sở graphene		
	Lượng ethylbenzene bị hấp phụ (mg)	Lượng ethylbenzene thoát ra khỏi cột hấp phụ (mg)	Hiệu suất hấp phụ (%)
1	30	0	100
2	60	0	100
3	90	0	100
4	120	0	100
5	150	0	100

Qua kết quả trên cho thấy: Vật liệu có khả năng hấp phụ với hiệu suất 100% dù tốc độ dòng khí tương đối lớn (5l/s). Điều này cho thấy vật liệu có khả năng ứng dụng vào lọc gió điều hòa ô tô để hấp phụ VOCs.

Nghiên cứu lưu lượng gió qua tấm hấp phụ

Quá trình nghiên cứu đươc tiến hành như trình bày tại mục 2.5. Tốc độ quạt gió trong xe được bật từ bé nhất đến to nhất (từ cấp 1 đến cấp độ 5) trong cả 2 trường hợp khi sử dụng tấp lọc gió nguyên bản và khi thay bằng tấm đã phủ graphene. Kết quả được trình bày trong bảng 3.

Bảng 3: Tốc độ gió khi sử dụng tấm lọc nguyên bản và tấm có phủ graphene

Cấp độ bật gió	1	2	3	4	5
Tấm lọc gió nguyên bản	1,8 m/s	2,9 m/s	3,8 m/s	4,5 m/s	5,2 m/s
Tấm lọc gió phủ graphene	1,8 m/s	3 m/s	3,8 m/s	4,3 m/s	5,2 m/s

Từ kết quả bảng trên cho thấy: với dải tốc độ quạt thay đổi từ 1 đến 5 thì tốc độ gió gần như không có sự thay đổi khi so sánh 2 trường hợp với nhau. Điều đó, chứng tỏ tấm lọc gió mang graphene được kết dính bằng keo không ảnh hướng tới lưu lượng khí vào trong xe ô tô.

Kết luận

Khi sử dụng tấm lọc gió điều hòa ô tô chỉ có khả năng lọc bụi, mang thêm graphene trong điều kiện tối ưu, thì ngoài khả năng lọc bụi, tấp lọc gió còn có khả năng hấp phụ những VOCs có trong khí thải của động cơ đốt trong. Kết quả cũng cho thấy khi mang graphene, tấm lọc gió không ảnh hưởng tới lưu lượng không khí vào trong xe ô tô. Khảo sát tại Công ty oto Quốc tế VSIP Địa chỉ tại số 68 Đường Máng Nước, Tân Dương, Thuỷ Nguyên, Hải Phòng có sử dụng sản phẩm lắp cho khách hàng, cho thấy tất cả các khách hàng sử dụng sản phẩm đều hài lòng và có cảm quan tốt với không khí trong ô tô khi xe đi sau những xe thải khói đen cũng như đi vào ven kênh có nguồn nước ô nhiễm.

Việc nghiên cứu hấp phụ các khí thải khác của động cơ đốt trong, ảnh hưởng của các khí khác nhau tới dung lượng hấp phụ cực đại cũng như khả năng giải hấp phụ, tái sử dụng vật liệu sẽ được trình bày ở bài báo tiếp theo.

https://doi.org/10.62239/jca.2025.059

Tài liệu tham khảo

1. V. V. Sơn, Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Xác định thành phần khí thải phát tán vào môi trường của động cơ oto, Trường Đại học Giao thông Vận tải, Hà Nội (2014).
2. H. Q. Ánh, Luận án Tiến sĩ, Nghiên cứu tổng hợp và đặc trưng vật liệu mới cấu trúc nano trên cơ sở graphen ứng dụng trong xử lí môi trường, Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Hà Nội (2016).
3. V. Chabot, D. Higgins, A. Yu, X. Xiao, Z. Chen, J. Zhang, Energy Environ. Sci., 7(5) (2014) 1564–1596. https://doi.org/10.1039/c3ee43385d
4. Y. B. Tan, J.-M. Lee, J. Mater. Chem. A, 1(47) (2013) 14814–14843. https://doi.org/10.1039/c3ta12193c
5. K. Pan, Y. Wang, S. Wang, H. Liu, Q. Zhang, L. Zhao, Y. Guo, G. Cui, Nat. Commun., 9(1) (2018) 5197. https://doi.org/10.1038/s41467-018-07632-w
6. Q. Zhang, Z. Xu, B. Lu, Energy Storage Mater., 4 (2016) 84–91. https://doi.org/10.1016/j.ensm.2016.03.005
7. M. H. Emon, M. S. Hossain, A. Rahman, M. A. Kader, Appl. Sci., 15(8) (2025) 4145. https://doi.org/10.3390/app15084145
8. M. D. Stoller, S. Park, Y. Zhu, J. An, R. S. Ruoff, Nano Lett., 8(10) (2008) 3498–3502. https://doi.org/10.1021/nl802558y