

Nghiên cứu chế tạo và đánh giá hiệu quả sử dụng của hệ phụ gia bôi trơn trên cơ sở vật liệu graphen biến tính và nano kim loại

Nguyễn Hữu Vân*, Nguyễn Duy Anh

Viện hóa học vật liệu/Viện Khoa học Công nghệ quân sự.

*Email: vanhd2@gmail.com

Nhận bài: 30/8/2022; Hoàn thiện: 09/11/2022; Chấp nhận đăng: 28/11/2022; Xuất bản: 20/12/2022.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.FEE.2022.285-293>

TÓM TẮT

Chúng tôi báo cáo việc chế tạo hệ phụ gia bôi trơn giảm mài mòn, ma sát cho dầu bôi trơn trên cơ sở vật liệu graphen biến tính và hạt nano Ag biến tính. Việc bổ sung hệ phụ gia bôi trơn vào dầu động cơ không thay đổi các đặc tính của dầu, tăng hiệu quả bôi trơn do sự giảm ma sát và dẫn tới tăng công suất động cơ ~5% và 12,2% với các động cơ thử nghiệm, giảm tiêu hao nhiên liệu đạt ~10%, giảm thiểu khí thải ô nhiễm $C_xH_y \geq 30\%$ và giảm độ khói đạt 57% tùy thuộc vào chế độ làm việc của động cơ. Các phép phân tích vật liệu FTIR, TGA, SEM, TEM cho phép đánh giá hiệu quả của quá trình tổng hợp và biến tính vật liệu graphen oxit, nano Ag. Đặc tính bôi trơn của hệ phụ gia và dầu bổ sung hệ phụ gia được đánh giá qua tiêu chuẩn ASTM D2783. Thử nghiệm trên phương tiện vận tải diesel 1.25 tấn và động cơ diesel 1 xylanh S195 đánh giá hiệu quả tăng công suất động cơ, giảm tiêu hao nhiên liệu và khí thải.

Từ khóa: Graphene; Nano Bạc; Phụ gia bôi trơn.

1. MỞ ĐẦU

Vật liệu graphen có cấu trúc dạng lớp mỏng [1], các lớp này liên kết yếu với nhau bằng lực liên kết Van der Waal dẫn đến chúng có thể dễ dàng trượt trên nhau [2, 3]. Dựa trên đặc tính này mà graphen đã và đang được nghiên cứu ứng dụng làm phụ gia giảm mài mòn, ma sát trong nhằm tăng hiệu quả bôi trơn cho dầu từ đó tăng hiệu suất động cơ, giảm tiêu hao nhiên liệu và giảm khí thải trong quá trình làm việc của phương tiện [3-5]. Tuy nhiên, để cải thiện tính chất này cho dầu bôi trơn, graphene cần phải được phân tán trong môi trường hydrocarbon, đây là thành phần chính của dầu bôi trơn. Có nhiều phương pháp phân tán graphen trong dầu: sử dụng chất hoạt động bề mặt [6], biến tính graphen oxit bằng amin, axit béo [7-9].

Vật liệu kim loại có kích thước nano cũng cung cấp một hiệu ứng lấp đầy độ nhám bề mặt, tạo thành một màng mỏng vật lý trong quá trình ma sát và màng mỏng này không chỉ chịu tải mà còn phân tách bề mặt kim loại. Các hạt nano có thể hoạt động như các lớp đệm, lăn giữa bề mặt ma sát, làm thay đổi từ ma sát trượt đơn thuần giữa hai bề mặt kim loại thành ma sát trượt hỗn hợp. Độ mài mòn của hạt nano cứng có thể có tác dụng đánh bóng bằng cách giảm độ nhám của bề mặt chà xát. Ngoài ra, một số kim loại mềm như Cu, Ag, Sn và Au cũng được sử dụng trên các bề mặt ma sát làm phụ gia bôi trơn hoặc làm màng kim loại mềm để giảm hệ số ma sát do độ bền cắt thấp của chúng.

Sự kết hợp của phụ gia graphene và nano kim loại trong dầu bôi trơn ngoài tính chất giảm mài mòn ma sát thì tính chất dẫn nhiệt của dầu cũng thay đổi theo hướng có lợi, dẫn đến làm giảm nhiệt tại điểm tiếp xúc và điều này góp phần tăng hiệu quả bôi trơn của dầu trong quá trình làm việc.

Bài báo này tập trung vào nghiên cứu chế tạo vật liệu graphene và nano Ag biến tính nhằm tăng khả năng phân tán của vật liệu graphen và nano Ag trong dầu khoáng. Khảo sát khả năng bôi trơn và các tính năng của dầu khi bổ sung phụ gia graphen và nano Ag biến tính. Trên cơ sở đó, thử nghiệm đánh giá hiệu quả của phụ gia trên động cơ của phương tiện vận tải trong phòng thí nghiệm: tăng công suất, giảm tiêu hao nhiên liệu và khí thải.

2. THỰC NGHIỆM

Hóa chất sử dụng: Graphit dạng tấm 99,5%, axit H₂SO₄ 98%, dung dịch HCl 10%, Octyl amin, AgNO₃, Oleyamin, oleic axit, n-Hexan, Axeton, C₂H₅OH. Dầu SN600, dầu Delo gold Ultra 15W-40.

Chế tạo vật liệu graphen biến tính: Sử dụng vật liệu graphen oxit từ quá trình oxy hóa điện hóa [10], và quá trình biến tính bằng octyl amin theo tài liệu [11]. Sản phẩm vật liệu graphen biến tính – GO- C₈H₁₇NH₂.

Chế tạo vật liệu nano Ag biến tính: Quá trình chế tạo nano Ag được nhóm tiến hành qua hai bước. Đầu tiên, muối bạc oleat sẽ được chế tạo từ phản ứng giữa bạc nitrat và natri oleat. Sau đó, bạc oleat sẽ được khử bằng oleylamin để thu được nano Ag biến tính và kiểm soát kích thước các hạt nano Ag), giúp thu được sản phẩm có kích thước đồng đều hơn.

Chế tạo bạc oleat: Đầu tiên, dung dịch natri oleat được chuẩn bị bằng cách thêm 2,8 g (0,01 mol) axit oleic vào 100 mL dung dịch NaOH 0,1 M. Dung dịch này được nâng nhiệt lên 80 °C, khuấy cho đến khi axit oleic tan hết (dung dịch đồng nhất và trong suốt). Sau đó, 100 mL dung dịch AgNO₃ 0,1 M được thêm từ từ vào dung dịch trên dưới tác động của lực khuấy mạnh và duy trì nhiệt độ 80 °C. Sau khi toàn bộ lượng muối bạc nitrat đã được thêm vào, dung dịch tiếp tục được khuấy thêm 10 phút. Kết tủa bạc oleat được tách ra bằng cách lọc, rửa lại 03 lần bằng nước cất và làm khô ở 50 °C trong 4 h.

Chế tạo nano Ag: 0,01 mol bạc oleat chế tạo từ thí nghiệm trước được hòa tan trong 20 mL axit oleic, nâng nhiệt đến 50 °C và khuấy trong 30 phút. Tiếp đó, oleylamin với các tỷ lệ khác nhau (oleylmin/bạc oleat lần lượt là 1:1, 2:1, 3:1, 4:1) được thêm vào và khuấy tiếp trong 30 phút. Hỗn hợp phản ứng sau đó được đưa vào thiết bị vi sóng, gia nhiệt trong 3 phút ở mức năng lượng 800 W.

Sau quá trình gia nhiệt vi sóng, etanol được thêm vào để giảm độ nhớt của dung dịch. Khả năng pha loãng của etanol làm các hạt nano Ag dễ dàng tách ra khỏi dung dịch của axit oleic. Sản phẩm sau đó được thu hồi bằng cách ly tâm, rửa bằng etanol vài lần và cuối cùng là sấy ở 60 °C trong 4 giờ. Sản phẩm nano bạc được phân tán trong dầu gốc SN500. Quy trình chế tạo nano Ag biến tính được tóm tắt như ở sơ đồ hình 1.

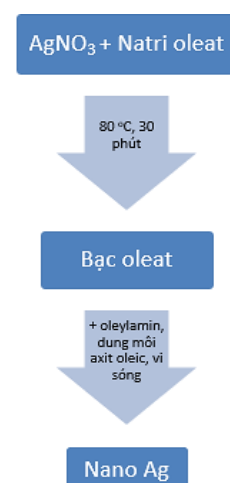
Đặc tính của vật liệu: Cấu trúc pha tinh thể của graphit, graphen oxit, graphen biến tính được xác định bằng phổ nhiễu xạ tia X (Panalytical X'PERT Pro MRD). Cấu trúc hình thái học của vật liệu graphen biến tính, nano Ag biến tính được xác định bằng các phương pháp FESEM (Hitachi S-4800) và TEM (TEM Tecnai G2 20S-TWIN). Đặc trưng của các nhóm chức bằng phương pháp FTIR (Bruker Optics-TENSOR II). Phổ XPS được phân tích trên thiết bị quang phổ điện tử tia X (XPS) với máy dò đa kênh với X-Ray 020 400 μm-FG ON. Xác định độ bền nhiệt của vật liệu bằng phương pháp phân tích nhiệt TGA (NETZSCH STA 409 PC/PG).

Xác định các tính chất của dầu: Xác định các tính chất của dầu: độ nhớt động học ở 40 °C và 100 °C (ASTM D445-11); Xác định khả năng bôi trơn của các mẫu dầu bằng chỉ số “Tải trọng hàn dính” (ASTM D2783-03). Thử nghiệm trên động cơ diezen tại TTNC Động cơ, nhiên liệu và khí thải/Trường Đại học BK Hà nội.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

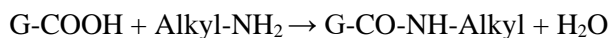
3.1. Vật liệu graphen biến tính

Graphen oxit với các nhóm chức -COOH phản ứng trực tiếp với nhóm -NH₂ trên các phân tử

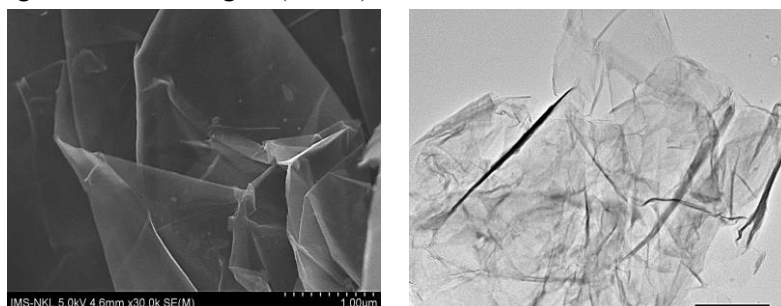


Hình 1. Sơ đồ quy trình chế tạo nano Ag biến tính.

alkyl amin theo phản ứng sau:

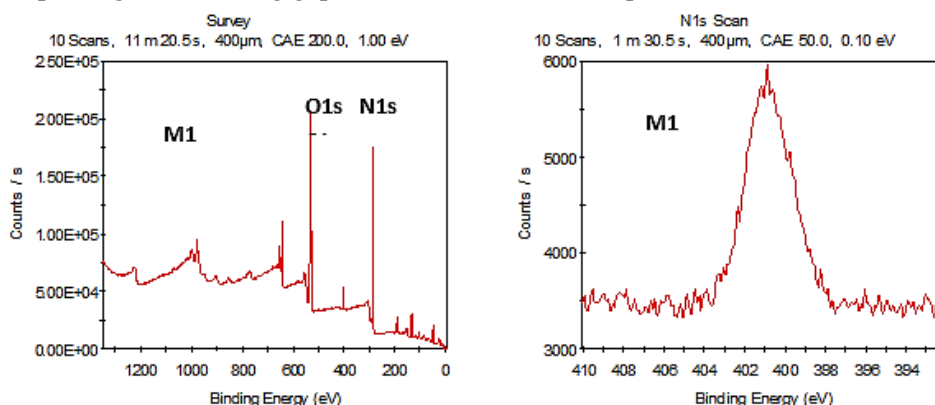


Vật liệu graphene biến tính ($\text{GO-C}_8\text{H}_{17}\text{NH}_2$) sử dụng cho quá trình nghiên cứu thử nghiệm trên động cơ sau khi tổng hợp theo được: phân tích cấu trúc hình thái học TEM, SEM (hình 2), phân tích XPS xác định thành phần N trong mẫu vật liệu, (hình 3), đánh giá khả năng phân tán trong dầu khoáng SN 600 đạt 8,9 g/lít (hình 7).

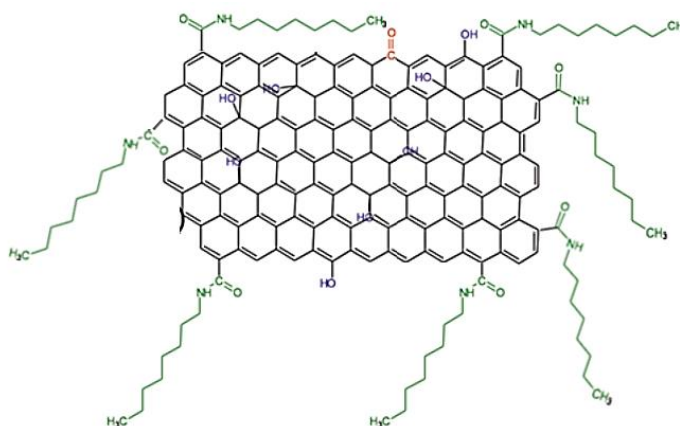


Hình 2. Ảnh chụp TEM và SEM của mẫu $\text{GO-C}_8\text{H}_{17}\text{NH}_2$.

Hình ảnh SEM của $\text{GO-C}_8\text{H}_{17}\text{NH}_2$ được tìm thấy có dạng lớp mỏng với những nếp nhăn và nhiều khu vực gấp (hình 2a). Điều này được giải thích là do việc gắn thêm các nhóm Alkyl lên GO đã làm mở rộng khoảng cách giữa các lớp của GO. Ở độ phân giải cao ảnh chụp TEM (hình 2b), các lớp mỏng với các vùng gấp của GO-Amin đã được quan sát rõ hơn.



Hình 3. Phổ phân tích nguyên tố XPS và phổ N1s của mẫu $\text{GO-C}_8\text{H}_{17}\text{NH}_2$.



Hình 4. Cấu trúc phân bố nhóm chức alkyl trên $\text{GO-C}_8\text{H}_{17}\text{NH}_2$.

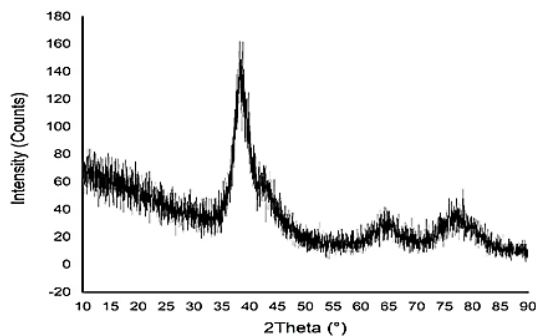
Sự hiện diện của nhóm amit trong graphen biến tính đã được khẳng định bởi sự xuất hiện trên phổ XPS N1s tại ~ 400 eV như trong hình 3. Phổ phân tích nguyên tố trên hình 3 của mẫu thể hiện sự có mặt của Nitơ trên sản phẩm graphen biến tính do đó các thành phần nitơ trong GO-C₈H₁₇NH₂ khẳng định việc kết hợp graphen oxit với phân tử amin.

Hình 4 thể hiện sự có mặt của các chuỗi alkyl dài từ phân tử alkyl amin, tại các cạnh của GO-C₈H₁₇NH₂, điều này tạo điều kiện cho sự phân tán ổn định của phụ gia trong dầu khoáng. Điều này hoàn toàn khác biệt so với vật liệu graphen oxit không thể phân tán được trong dầu khoáng.

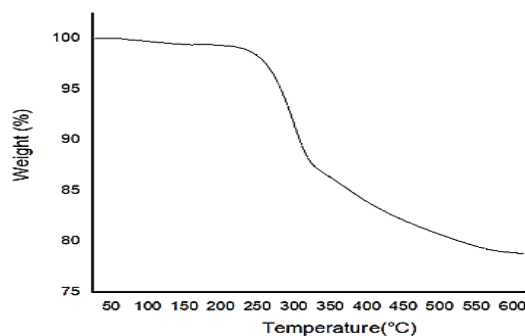
3.2. Vật liệu nano Ag biến tính

Nano bạc được chế tạo bằng phản ứng khử của muối bạc với amin, trong trường hợp này là oleylamin trong dung môi là axit oleic. Trong quá trình này, axit oleic đóng ba vai trò quan trọng là làm dung môi, cũng như chất kiểm soát kích thước hạt và chất biến tính bề mặt.

Để xác định thành phần pha của sản phẩm, sản phẩm với tỷ lệ oleylamin/bạc oleat = 2:1 được lấy làm đại diện và phân tích nhiễu xạ tia X (hình 5). Từ giản đồ nhiễu xạ, có thể thấy các đỉnh đặc trưng của hạt nano bạc kim loại ở các góc 2θ lần lượt là 38.1°, 44.3°, 64.4°, 77.4°, tương ứng với các mặt (111), (200), (220), (311). Các tín hiệu nhiễu trên giản đồ XRD là do thành phần hữu cơ biến tính từ oleic axit.



Hình 5. Giản đồ XRD của các hạt nano Ag với tỷ lệ oleylamin/bạc oleat = 2:1.

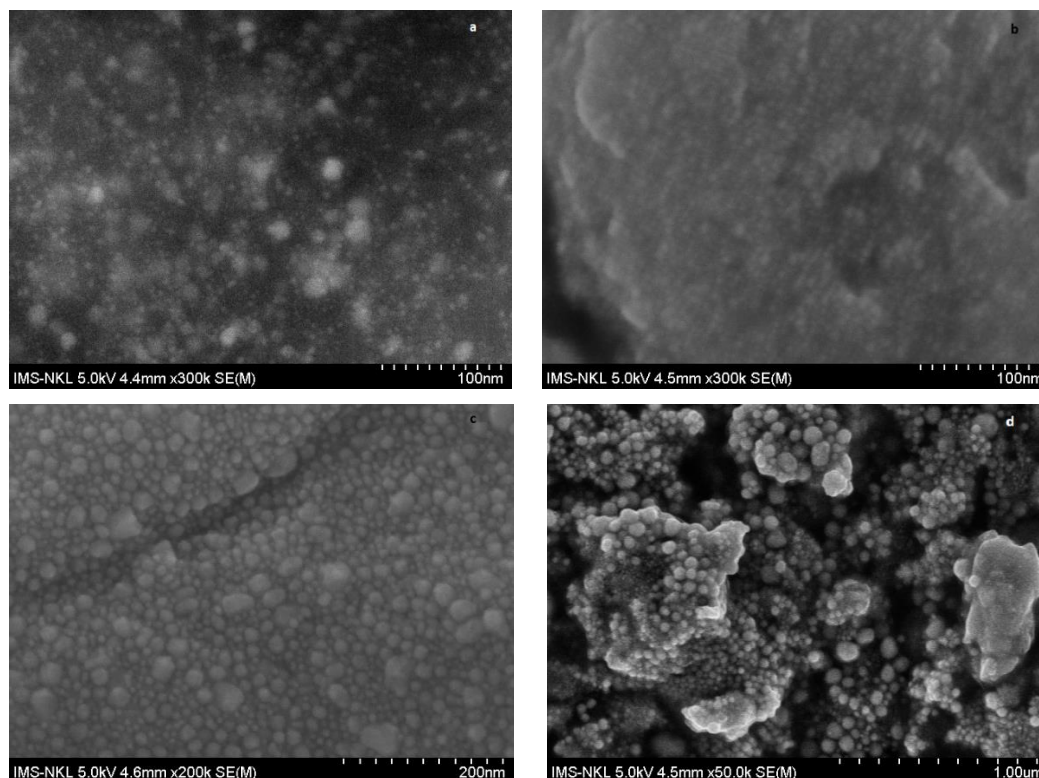


Hình 6. Phân tích nhiệt trọng lượng mẫu nano Ag với tỷ lệ oleylamin/bạc oleat = 2:1.

Một đặc điểm khác dễ nhận thấy từ giản đồ XRD là các đỉnh có chân rất rộng, độ rộng nửa chân đỉnh FWHM ~ 5°, làm cho các đỉnh tại 38.1° và 44.3° bị chồng lên nhau. Độ rộng chân đỉnh lớn cũng chỉ ra rằng tinh thể có kích thước rất nhỏ (nano). Sử dụng công thức Debye Scherrer đối với đỉnh có cường độ cao nhất là 31.8°, kích thước tinh thể trung bình tính toán được là 3 nm. Kết quả trên minh chứng rằng ở nhiệt độ cao, oleylamin có thể khử muối bạc thành bạc kim loại.

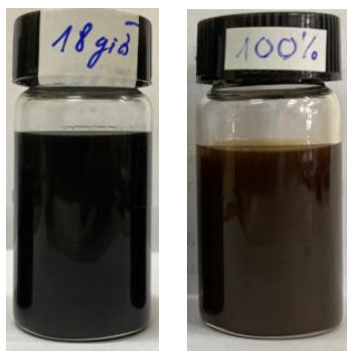
Mẫu nano Ag ở điều kiện tối ưu được phân tích nhiệt trọng lượng (hình 6), với kết quả thể hiện ở hình 6. Ở khoảng nhiệt độ thấp, dưới 250 °C, sự thay đổi về khối lượng là không đáng kể. Việc khối lượng mẫu gần như không thay đổi trong khoảng dưới 100 °C (khoảng bay hơi của nước) cho thấy mẫu gần như không chứa ẩm, chứng minh tính kỵ nước của vật liệu. Trong khi đó, ở nhiệt độ cao hơn, các hạt nano biến tính bằng axit oleic có khối lượng giảm mạnh. Nguyên nhân chính của sự sụt giảm khối lượng là quá trình nhiệt phân của các nhóm oleat gắn trên nano Ag ở nhiệt độ cao. Từ giản đồ có thể thấy tại 300 °C bắt đầu xảy ra sự phân hủy nhiệt của nhóm ankyl. Ở trên 600 °C, khối lượng mẫu ngừng giảm, cho thấy nhóm oleat đã bị nhiệt phân hoàn toàn. Khối lượng cuối cùng của mẫu là 78,8% so với ban đầu, do đó, tính được lượng nhóm oleat gắn trên các hạt nano Ag chiếm khoảng 21% khối lượng của sản phẩm.

Do độ đồng đều của các hạt có ảnh hưởng rất lớn tới tính chất của vật liệu, đặc biệt là các vật liệu nano, hình thái học cũng như kích thước của các hạt nano Ag cần phải được nghiên cứu chi tiết. Bằng việc thay đổi tỷ lệ chất khử, nano Ag tổng hợp từ các nồng độ oleylamin khác nhau được chụp bằng hiển vi điện tử quét SEM (hình 7).



Hình 7. Ảnh SEM của AgNPs ở các tỷ lệ oleylamin/bạc oleate: (a) 1:1, (b) 2:1, (c) 3:1, (d) 4:1.

Khi sử dụng tỷ lệ bằng nhau của bạc oleat và oleylmin, muối bạc bị khử tuy nhiên không hoàn toàn, điều này có thể nhận thấy trên hình 7a. Kết quả SEM cho thấy sản phẩm không đồng nhất về cả kích thước và thành phần (một số hạt sáng hơn các hạt khác trên ảnh, đây có thể là các hạt bạc do bạc dẫn điện nên hiện rõ hơn trên ảnh SEM), chỉ ra rằng bạc oleat chưa phản ứng hết. Mẫu trong đó lượng oleylamin gấp đôi muối bạc cho kết quả tốt nhất (hình 7b). Có thể thấy nano Ag tạo thành đồng nhất về hình dạng và kích thước, với độ phân bố cỡ hạt rất hẹp trong khoảng 3 - 4 nm. Điều này đồng thuận với kết quả kích thước hạt trung bình tính toán được từ giản đồ nhiễu xạ tia X. Có thể thấy là ngoài tác dụng làm dung môi, axit oleic đã làm tốt vai trò là chất kiểm soát kích thước hạt. Các hạt tạo thành với tỷ lệ chất khử cao hơn thì không đồng nhất (hình 7c, d). Tỷ lệ oleylamin sử dụng càng nhiều thì sự không đồng nhất của các hạt nano Ag tạo thành càng rõ ràng. Khi lượng chất khử tăng lên, các hạt có kích thước tăng dần cũng như độ phân bố cỡ hạt càng lớn.



Hình 8. Ảnh chụp mẫu phân tán graphene biến tính trong dầu SN600 và nano Ag biến tính trong dầu SN600.

3.3. Đánh giá hiệu quả bôi trơn của phụ gia graphen, nano Ag biến tính

Đánh giá ảnh hưởng của phụ gia graphen biến tính amin đến hiệu quả giảm mài mòn khi phân tán trong dầu SN600. Các mẫu dầu pha phụ gia với hàm lượng khác nhau, sau đó, tiến hành xác định tải trọng hàn dính theo tiêu chuẩn ASTM D 2783-03(09). Các mẫu phụ gia phân tán tốt trong dầu gốc. Kết quả được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Tải trọng hàn dính của mẫu dầu SN600 có pha phụ gia GO- C₈H₁₇NH₂.

TT	Ký hiệu mẫu	Hàm lượng phụ gia, g/l	Tải trọng hàn dính, Kg	Hiệu quả giảm mài mòn, %
1	SN 600	0.0	160	-
2	V-05	0.1	165	3.12
3	V-06	0.15	174	8.75
4	V-07	0.20	182	13.75
5	V-08	0.25	186	16.25
6	V-09	0.30	183	14.37

Hiệu quả giảm mài mòn của dầu có pha phụ gia được thể hiện bằng giá trị tải trọng hàn dính tăng lên so với mẫu dầu không có pha phụ gia. Từ bảng 1 nhận thấy, sự tăng dần tải trọng hàn dính của các mẫu dầu khi tăng hàm lượng phụ gia GO- C₈H₁₇NH₂ phân tán trong dầu gốc SN600 và đạt giá trị cực đại tại hàm lượng phụ gia 0.25 g/lít. Điều này được giải thích là do các phần tử GO- C₈H₁₇NH₂ che phủ lên trên phần bề mặt kim loại ma sát dẫn đến tránh tiếp xúc trực tiếp giữa hai bề mặt kim loại với nhau và các cấu trúc lớp liên kết yếu của GO- C₈H₁₇NH₂ trượt trên nhau dẫn đến giảm mài mòn, ma sát. Ngoài ra, nguồn cung cấp liên tục của những nanosheets trên bề mặt tiếp xúc, do sự phân tán ổn định của GO- C₈H₁₇NH₂ trong dầu bôi trơn, tránh được tiếp xúc trực tiếp giữa các bề mặt kim loại cũng góp phần cải thiện các tính chất giảm mài mòn, ma sát. Điều này giải thích do khi tăng nồng độ quá mức giới hạn dẫn đến sự co cụm và mất đi cấu trúc dạng lớp của phụ gia GO- C₈H₁₇NH₂, và mức độ co cụm này cũng dẫn đến sự tách pha của phụ gia trong dầu vì thế làm giảm khả năng chống mài mòn (tải trọng hàn dính giảm) của phụ gia.

Để đánh giá ảnh hưởng của phụ gia nano Ag biến tính đến khả năng bôi trơn của hỗn hợp phân tán graphen biến tính trong dầu gốc khoáng. Tiến hành việc bổ sung phụ gia nano Ag biến tính vào hỗn hợp dầu phân tán graphen biến tính với hàm lượng 0.25 g/lít, đây là giá trị hàm lượng tối ưu đã được khảo sát ở trên và sau đó tiến hành đo tải trọng hàn dính của mẫu dầu + phụ gia.

Bảng 2. Tải trọng hàn dính của mẫu dầu SN600 có pha phụ gia GO-C₈H₁₇NH₂ và nano Ag biến tính.

TT	Ký hiệu mẫu	Hàm lượng phụ gia nano Ag, g/l	Tải trọng hàn dính, Kg	Hiệu quả giảm mài mòn, %
1	15W40	0.0	210	-
2	V-G-C8-Ag-1	0.01	233	10.95
3	V-G-C8-Ag-2	0.02	240	14.28
4	V-G-C8-Ag-3	0.03	240	14.28

Từ kết quả thử tải trọng hàn dính trong bảng 2 nhận thấy: khi bổ sung phụ gia nano Ag biến tính vào hỗn hợp mẫu dầu SN600/ GO-C₈H₁₇NH₂ 0.25 g/lít làm thay đổi tải trọng hàn dính của mẫu dầu hỗn hợp. Tuy nhiên, với hàm lượng 0.0 và 0.01, 0.02 và 0.03 giá trị tải trọng hàn dính không đổi. Hiệu quả giảm mài mòn đạt 14.28% với hàm lượng nano Ag 0.02 g/lít. Điều này có thể giải thích do: hạt nano Ag biến tính phân tán trong dầu và xen giữa các tấm graphene phân lớp, cấu trúc nhiều lớp của graphen này đảm bảo hiệu quả bôi trơn. Cơ chế bôi trơn chứng minh rằng sự bôi trơn gây ra bởi cấu trúc lớp của graphen biến tính, và sự chuyển từ ma sát trượt sang ma sát lăn do sự có mặt của nano Ag và hiệu ứng tự sửa chữa do các hạt nano Ag đóng góp hiệu quả vào hiệu suất bôi trơn của hệ phụ gia (Ag + GO-C₈H₁₇NH₂).

3.4. Thử nghiệm động cơ

Từ thành phần của hệ phụ gia bôi trơn PG-I (Graphen biến tính 0,25 g/l + Nano Ag biến tính 0.02 g/l), pha vào dầu bôi trơn Caltex Delo Gold Utral 15W-40 và tiến hành phân tích các chỉ tiêu của dầu trước và sau khi thêm hệ phụ gia. Đo đặc phân tích mẫu tại Phòng thử nghiệm quốc gia về dầu mỡ bôi trơn Vilas 292. Kết quả được thể hiện trong bảng 3.

Bảng 3. Tính chất của dầu Caltex Delo Gold Utral 15W-40 trước và sau khi thêm phụ gia.

STT	Tên chỉ tiêu	Phương pháp ASTM D	Đơn vị tính	Gold Utral 15W-40	Gold Utral 15W-40 + PG-I
1	Cảm quan	Nhìn bằng mắt thường	-	Vàng, trong đồng nhất	Tối màu, đồng nhất
2	Khối lượng riêng ở 20°C	1298-12b	Kg/lít	0,8735	0,8741
3	Độ nhớt động học ở 40°C	445-19	cSt	116,12	117,82
4	Độ nhớt động học ở 100°C	445-19	cSt	14,77	14,87
5	Chỉ số độ nhớt	2270-10	-	131	130
6	Ăn mòn tấm đồng	130-19	-	1b	1b
7	Trị số kiềm tổng	2896-15	mgKO H/g	9,98	-
8	Nhiệt độ chớp cháy cốc kín	93-16	°C	240	235
9	Tính chống kẹt xước	4172-12	Mm	0,5	0,35
10	Tải trọng hàn dính	2783-11	N	2100	2400

Qua bảng 3 nhận thấy, các chỉ tiêu của dầu sau khi pha thêm hệ phụ gia thay đổi không đáng kể so với mẫu dầu không pha hệ phụ gia. Các giá trị độ nhớt, chỉ số độ nhớt và ăn mòn tấm đồng không đổi. Giá trị nhiệt độ chớp cháy cốc kín giảm 5 °C (2% giá trị). Tuy nhiên, 2 chỉ tiêu đặc trưng cho hiệu quả bôi trơn của dầu khi bổ sung phụ gia là tính chống kẹt xước giảm 30% và tải trọng hàn dính tăng 14,28%. Điều này được giải thích là do hiệu quả giảm mài mòn ma sát từ sự kết hợp của graphen biến tính và nano Ag biến tính khi bổ sung vào dầu bôi trơn.

a) Thử nghiệm trên xe Hyundai New Porter 150

Thử nghiệm trên xe động cơ diezen Hyundai New Porter 150, đã vận hành 2366 km. Thử nghiệm đo HC, độ khói, tiêu hao nhiên liệu tại chế độ không tải theo tiêu chuẩn: TCVN 6204:2008. Kết quả thử nghiệm được thể hiện trong bảng 4, 5 và 6 với 2 mẫu dầu không pha phụ gia (NB) và dầu có bổ sung phụ gia (PG).

Bảng 4. Kết quả thử nghiệm tại vị trí 100% tay ga.

Chế độ đo		Vị Trí: 100% tay ga												
STT	Tốc độ km/h	Tốc độ vg/ph	Ne kW B	Ne kW PG	% Tăng	Ge g/kWh NB	Ge g/kWh PG	% Giảm	HC ppm Vol NB	HC ppm Vol PG	% Giảm	Độ khói % NB	Độ khói % PG	% Giảm
1	50	1200	24.27	24.41	0.58	288.4	280.5	2.7	4	2	50	96.2	85.5	11.12
2	60	1500	28.31	29.8	5.26	313.8	279.7	10.8	4	2	50	82.4	75.8	8.01
3	70	1700	35.03	35.52	1.40	276.8	266.8	3.6	4	2	50	95.1	84.9	10.73
4	80	1950	40.16	40.62	1.15	278.3	271.6	2.4	4	3	25	100	86.5	13.50
5	90	2200	45.22	45.54	0.71	277.3	272.6	1.7	4	3	25	100	92.1	7.90

Từ kết quả trong bảng 1 nhận thấy khi sử dụng dầu có bổ sung phụ gia bôi trơn PG-I, ở chế độ 100% tay ga: công suất động cơ tăng lớn nhất 5,2% tại tốc độ 1500 vg/ph và độ giảm mức tiêu hao nhiên liệu cũng đạt giá trị lớn nhất 10,8% tại tốc độ này. Giảm hàm lượng HC trong khí thải đạt 50% và độ khói giảm từ 7.9% đến 13,5% Điều này có thể giải thích là do khi bổ sung thêm phụ gia vào dầu đã cải thiện hiệu quả bôi trơn của dầu dẫn đến tăng công suất và giảm mức tiêu hao nhiên liệu.

Bảng 5. Kết quả thử nghiệm tại chế độ không tải.

Chế độ đo		Không tải								
TT	Tốc độ không tải động cơ (vòng/phút)	G _{nl} (g/h) NB	G _{nl} (g/h) PG	% Giảm	HC (ppmVol) NB	HC (ppmVol) PG	% Giảm	Độ khói (%) NB	Độ khói (%) PG	% Giảm
1	750	635.04	544.32	14.29	2	0	100	0.7	0.3	57.14

Trong chế độ thử nghiệm không tải tại tốc độ 750 vòng/phút thì tiêu hao nhiên liệu giảm 14,29%, hàm lượng HC trong khí thải giảm 100% và độ khói giảm 57,14%.

Bảng 6. Kết quả thử nghiệm tại tại tốc độ đạt mô men lớn nhất 80 (km/h).

Chế độ đo			Vị Trí: Tốc độ đạt mô men lớn nhất 80 (km/h)									
STT	Tải %	Ne (kW)	Lực phanh (N)	G _{nl} (g/h) NB	G _{nl} (g/h) PG	% Giảm	HC (ppmVol) NB	HC (ppmVol) PG	% Giảm	Độ khói (OPAC) NB	Độ khói (OPAC) PG	% Giảm
1	15	6.36	290	611.36	605.27	1.00	0	0	0	0.9	0.7	22.22
2	25	10.1	450	475.12	464.99	2.13	0	0	0	1.5	1.2	20.00
3	50	20.1	920	345.03	332.30	3.69	0	0	0	3.4	2.6	23.53
4	70	31.2	1370	287.33	283.43	1.36	4	3	25	1.3	1.3	0.00

Trong chế độ thử nghiệm tại tốc độ đạt mô men lớn nhất 80 km/h, thay đổi tải khác nhau cũng nhận thấy sự thay đổi giảm tiêu hao nhiên liệu trong khoảng 1% đến 3%, giảm độ khói đạt giá trị lớn nhất 23,53% tại vị trí 50% tải.

Từ các kết quả trên nhận thấy hiệu quả của việc sử dụng phụ gia khi bổ sung vào dầu bôi trơn đã tăng công suất, giảm tiêu hao nhiên liệu và giảm thiểu các thành phần HC, độ khói trong khí thải động cơ.

b) Thử nghiệm trên động cơ diesel một xy lanh S195

Bảng 7 chỉ ra kết quả thử nghiệm đối với động cơ diesel một xy lanh S195 sử dụng dầu bôi trơn thương mại và dầu bôi trơn pha phụ gia PG-I.

Bảng 7. Kết quả thử nghiệm tại 100% tay ga trên động cơ diesel một xy lanh S195.

STT	Tốc độ (vg/ph)	Ne (kW) NB	Ne (kW) PG	% Tăng	G _{nl} (g/kWh) NB	G _{nl} (g/kWh) PG	% Giảm
1	1200	7.29	7.93	8.78	412.18	398.02	3.44
2	1400	8.25	9.26	12.24	404.95	384.54	5.04
3	1700	9.8	10.46	6.73	415.10	395.51	4.72
4	2000	10.67	11.56	8.34	421.39	401.40	4.74

Từ kết quả trong bảng 7 nhận thấy khi sử dụng dầu có bổ sung phụ gia bôi trơn PG-I, ở chế độ 100% tay ga: công suất động cơ tăng lớn nhất 12,2% tại tốc độ 1400 vg/ph và độ giảm mức tiêu hao nhiên liệu cũng đạt giá trị lớn nhất 5,04 % tại tốc độ này. Điều này có thể giải thích là do khi bổ sung thêm phụ gia vào dầu đã cải thiện hiệu quả bôi trơn của dầu dẫn đến tăng công suất và giảm mức tiêu hao nhiên liệu.

4. KẾT LUẬN

Đã chế tạo vật liệu graphen biến tính dạng lớp và nano Ag biến tính có kích thước 3-4 nm có khả năng phân tán trong dầu khoáng. Thiết lập tỷ lệ hệ phụ gia (Graphen biến tính 0,25g/l + Nano Ag biến tính 0.02 g/l) cho hiệu quả bôi trơn tăng tải trọng hàn dính lên 14,28%, bán kính kẹt xước giảm 30% so với dầu thương mại Dello gold ultra 15W-40.

Kết quả thử nghiệm trên động cơ trong phòng thí nghiệm nhận thấy hiệu quả của việc sử dụng dầu bôi trơn động cơ khi bổ sung thêm phụ gia bôi trơn PG-I:

- Thử nghiệm trên xe động cơ diesel đã vận hành 2366 km: Công suất tăng đạt đến 5,2%, mức độ tiêu hao nhiên liệu giảm đến 14% đối với động cơ diesel, mức độ giảm HC đạt 50%, độ khói $\geq 25\%$ tùy vào chế độ làm việc của động cơ.

- Thử nghiệm trên động cơ diesel 1 xy lanh S195: công suất tăng 12.2% mức độ tiêu hao nhiên liệu giảm đạt 5% tùy thuộc vào chế độ làm việc của động cơ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. A. K. Geim and K. S. Novoselov, "The rise of graphene", Nat. Mater., **6**, 183–191 (2007).
- [2]. S. Choudhary, H. P. Mungse, O. P. Khatri, "Dispersion of alkylated graphene in organic solvents and its potential for lubrication applications", J. Mater. Chem., **22**, 21032–21039 (2012).
- [3]. T. Filletter, J. L. McChesney, A. Bostwick, E. Rotenberg, K. V. Emtsev, T. Seyller, K. Horn, R. Bennewitz, "Friction and Dissipation in Epitaxial Graphene Films", Phys. Rev. Lett., **102**, 086102 (2009).
- [4]. D. Berman, A. Erdemir, A. V. Sumant, "Reduced Wear and Friction Enabled by Graphene Layers on Sliding Steel Surfaces in Dry Nitrogen". Carbon, **54**, 454–459 (2013).
- [5]. H. P. Mungse, O. P. Khatri. "Chemically Functionalized Reduced Graphene Oxide as a Novel Material for Reduction of Friction and Wear". J. Phys. Chem. C, **118** (26), 14394–14402 (2014).
- [6]. H. D. Huang, J.P. Tu, L. P. Gan, C. Z. Li, "An investigation on tribological properties of graphite nanosheets as oil additive", Wear, **261**, 140–144, (2006).
- [7]. W. Zhang, M. Zhou, H. Zhu, Y. Tian, K. Wang, J. Wei, F. Ji, X. Li, Z. Li, P. Zhang, D. Wu, "Tribological properties of oleic acid-modified graphene as lubricant oil additives", J. Phys. D: Appl. Phys. **44**, 205303 (2011).
- [8]. T. Chen, Y. Xia, Zh. Jia, Zh. Liu, H. Zhang, "Synthesis, Characterization, and Tribological Behavior of Oleic Acid Capped Graphene Oxide", Journal of Nanomaterials, Article ID 654145 (2014).
- [9]. S. J. Hana, H. I. Leea, H. M. Jeonga, B. K. Kimb, A. V. Raghuc, K. R. Reddyd, "Graphene Modified Lipophilically by Stearic Acid and its Composite with Low Density Polyethylene", J. Macromolecular Science B: Physics, **53**(7), (2014).
- [10]. Nguyễn Hữu Vân, Trần Văn Hiền, Hà Quốc Bảng, Nguyễn Mạnh Tường, "Phụ gia alkyl graphen cho dầu bôi trơn", Tạp chí hóa học, 53(e1)93-98, (2015).
- [11]. Nguyễn Hữu Vân, Hà Quốc Bảng, Nguyễn Duy Anh, Nguyễn Công Thắng, Trần Văn Hiền, "Tổng hợp graphen oxit bằng phương pháp điện hóa", Tạp chí hóa học, 58(5E12), 162-166, (2020).

ABSTRACT

Study on fabrication and effectiveness evaluation of modified graphene and metals nanoparticles lubricating additive system

In this paper, we report the fabrication of an anti-wear, anti-friction lubricating additive system based on modified graphene and modified Ag nanoparticles. The addition of the lubricating additive system to engine oil does not change the characteristics of the oil, but increases lubricating efficiency due to reduced friction, and leads to an increase in engine power ~5% and 12.2% with tested engine, reducing fuel consumption by ~10%, reducing C_xH_y pollutant emissions by $\geq 30\%$ and reducing smoke by 57% depending on the working mode of the engine. The effectiveness of the synthesis and modification process of graphene and Ag nanoparticles were analyzed by FTIR, TGA, SEM, and TEM. The lubricating properties of the additive system and oil were evaluated according to the ASTM D2783 standard. The effectiveness of engine power increase, fuel consumption, and emissions reduction was evaluated by Tested on 1.25-ton diesel transport vehicles and S195 single-cylinder diesel engines.

Keywords: Graphene; Nano silver; Lubricant additives.