

TIỀM NĂNG SỬ DỤNG NANO GRAPHENE CẢI THIỆN HIỆU QUẢ LÀM VIỆC TRONG DÂY CHUYỀN TỰ ĐỘNG HÓA SẢN XUẤT Ô TÔ

POTENTIAL OF USING NANO-GRAPHENE TO IMPROVE WORKING EFFICIENCY IN AUTOMATED AUTOMOBILE PRODUCTION LINES

Trần Văn Mạnh

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế – Kỹ thuật Công nghiệp

Email: tvmanh@uneti.edu.vn

TÓM TẮT

Hạt nano graphene (GNPs) đã thu hút sự chú ý đáng kể nhờ vào những tính chất đặc biệt, bao gồm độ bền cơ học cao, khả năng dẫn điện tuyệt vời và diện tích bề mặt lớn. Những tính chất này khiến GNPs trở thành ứng cử viên tiềm năng cho một loạt các ứng dụng, đặc biệt trong các lĩnh vực vật liệu học, cơ khí và cơ điện tử. Trong bài viết này, đưa đến khám phá các phương pháp tổng hợp, tính chất vật lý, và các ứng dụng tiềm năng của GNPs trong việc cải thiện hiệu suất của các hệ thống cơ khí, cảm biến điện tử, và quy trình tự động hóa trong ngành sản xuất ô tô. Bài báo thảo luận về những thách thức trong việc tổng hợp và phân tán GNPs, cùng với tác động của chúng đối với hiệu quả và độ tin cậy của các hệ thống cơ điện tử. Bài viết cũng nêu bật những hướng nghiên cứu tương lai nhằm tối ưu hóa việc sử dụng GNPs trong các ứng dụng công nghiệp.

Từ khóa: Nano graphene; Sản xuất ô tô; Hệ thống cơ điện tử.

ABSTRACT

Graphene nanoparticles (GNPs) have garnered significant attention due to their exceptional properties, including high mechanical strength, excellent electrical conductivity, and large surface area. These characteristics make GNPs promising candidates for a wide range of applications, particularly in materials science, mechanical engineering, and mechatronics. In this paper, we explore synthesis methods, physical properties, and the potential applications of GNPs in enhancing the performance of mechanical systems, electronic sensors, and automation processes in the automotive manufacturing industry. We also discuss the challenges associated with the synthesis and dispersion of GNPs, along with their impact on the efficiency and reliability of mechatronic systems. The article highlights future research directions aimed at optimizing the use of GNPs in industrial applications.

Keywords: Nano graphene; Automobile manufacturing; Mechatronic systems.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong vài thập kỷ gần đây, sự phát triển nhanh chóng của công nghệ nano đã thúc đẩy nghiên cứu và ứng dụng các vật liệu nano trong nhiều lĩnh vực khoa học và kỹ thuật. Trong số các vật liệu này, graphene – một dạng allotrope của carbon có cấu trúc lưới tổ ong hai chiều – đã thu hút sự quan tâm lớn nhờ vào những tính chất vượt trội về cơ học, điện tử, nhiệt học và hóa học. Kể từ khi được tách ra thành công vào năm 2004, graphene và các dẫn xuất của nó, như hạt nano graphene (GNPs), đã mở ra tiềm năng to lớn cho các vật liệu và thiết bị tiên tiến trong các lĩnh vực như điện tử, y sinh, khoa học môi trường và lưu trữ năng lượng.

Graphene là một lớp nguyên tử carbon sắp xếp theo mạng tổ ong hai chiều, với các liên kết sp² bền vững. Cấu trúc này mang lại cho graphene các tính chất vật lý nổi bật như:

- + Hệ số ma sát thấp (~ 0.03) [1], nhờ khả năng trượt dễ dàng giữa các lớp.

- + Độ bền cơ học và khả năng chống mài mòn vượt trội [2].

- + Dẫn nhiệt rất cao (~ 5000 W/mK) [3], giúp giảm hiện tượng quá nhiệt ở vùng ma sát.

- + Tương thích hóa học tốt, đặc biệt khi được biến tính bề mặt để tăng khả năng phân tán trong dầu [4].

Hạt nano graphene, với diện tích bề mặt lớn, khả năng dẫn điện tốt, tính chất cơ học vượt trội và khả năng tương tác bề mặt linh hoạt, đã trở thành ứng viên lý tưởng cho các vật liệu composite. Tuy nhiên, vẫn còn nhiều thách thức liên quan đến việc tổng hợp, đồng nhất kích thước và phân tán GNPs, cũng như

tương tác của chúng với các môi trường khác nhau. Do đó, việc tổng hợp toàn diện về GNPs – từ phương pháp tổng hợp, đặc điểm cấu trúc, tính chất vật lý-hóa học, đến các ứng dụng tiềm năng – là cần thiết để cung cấp cái nhìn toàn diện và hướng nghiên cứu trong tương lai.

2. ỨNG DỤNG TRONG HỆ THỐNG CƠ KHÍ VÀ CƠ ĐIỆN TỬ

Những đặc tính này giúp graphene giảm tiếp xúc kim loại – kim loại trong quá trình ma sát, tạo ra lớp màng bảo vệ siêu mỏng, đồng thời tăng hiệu quả tản nhiệt và kéo dài tuổi thọ thiết bị cơ khí.

Graphene và GNPs mang lại những cải tiến đáng kể trong hiệu suất của các hệ thống cơ khí và cơ điện tử nhờ vào những tính chất cơ học vượt trội. Những hệ thống này, đặc biệt trong tự động hóa công nghiệp và robot, yêu cầu vật liệu nhẹ nhưng mạnh mẽ, linh hoạt và bền bỉ trong điều kiện vận hành khắc nghiệt. Việc tích hợp GNPs vào vật liệu composite đã cho thấy những cải thiện đáng kể về độ bền cơ học, độ cứng và khả năng chịu đựng mài mòn của chúng, điều này rất quan trọng trong các ứng dụng sản xuất như sản xuất ô tô.

2.1. Tăng cường tính chất cơ học của vật liệu composite

Hạt nano graphene ngày càng được sử dụng để tăng cường tính chất cơ học của các vật liệu composite. Việc đưa GNPs vào trong các vật liệu composite này có độ bền kéo, độ cứng uốn và khả năng chống biến dạng tốt hơn rất nhiều. Ví dụ, một lượng nhỏ GNPs có thể làm tăng độ bền kéo của các vật liệu composite polymer lên đến 30% mà không làm giảm tính linh hoạt của chúng [3, 5]. Những cải tiến này

khuyến các composite tăng cường graphene trở thành lựa chọn lý tưởng cho các bộ phận cấu trúc của máy móc, robot và các bộ phận ô tô.

2.2. Cảm biến và thiết bị cơ điện tử

Với khả năng dẫn điện vượt trội và diện tích bề mặt lớn, GNPs cũng được sử dụng trong việc phát triển các cảm biến nhạy bén. Trong các hệ thống cơ điện tử, cảm biến đóng vai trò quan trọng trong việc giám sát và điều khiển các quy trình sản xuất. Việc tích hợp GNPs vào các đồng hồ đo biến dạng, cảm biến lực và cảm biến nhiệt độ giúp nâng cao độ nhạy và độ chính xác của các thiết bị này, điều này là rất cần thiết để có phản hồi và điều khiển chính xác trong các quy trình sản xuất tự động [6-9]. Chẳng hạn, cảm biến dựa trên GNP có thể phát hiện những thay đổi nhỏ nhất trong căng thẳng cơ học hoặc nhiệt độ, cung cấp dữ liệu quý giá để tối ưu hóa hiệu suất trong các hệ thống tự động.

2.3. Tích hợp trong các hệ thống robot

Việc sử dụng GNPs trong các hệ thống robot đã chứng tỏ tiềm năng giảm trọng lượng các bộ phận quan trọng mà vẫn duy trì độ bền và độ ổn định của chúng. Việc tích hợp composite graphene vào các bộ phận như cánh tay robot, cơ cấu thực hiện và các khớp nối giúp giảm trọng lượng của các bộ phận này, cải thiện độ linh hoạt và tốc độ của các hệ thống robot. Ngoài ra, GNPs còn giúp tăng khả năng chống mài mòn và kéo dài tuổi thọ của các bộ phận chuyển động, làm cho chúng đáng tin cậy hơn và giảm nhu cầu bảo trì thường xuyên trong các dây chuyền sản xuất tự động [8, 9].

3. CẢI THIẾN HIỆU QUẢ LÀM VIỆC CỦA HỆ THỐNG CƠ ĐIỆN TỬ TRONG DÂY CHUYỀN TỰ ĐỘNG HÓA SẢN XUẤT Ô TÔ

Trong ngành sản xuất ô tô, tự động hóa đóng vai trò quan trọng trong việc tối ưu hóa quy trình sản xuất, giảm chi phí và nâng cao chất lượng sản phẩm, với hình ảnh được giới thiệu trên Hình 1. Các hệ thống cơ điện tử trong các dây chuyền sản xuất ô tô đòi hỏi độ chính xác cao, khả năng vận hành ổn định và khả năng chịu tải trong môi trường làm việc khắc nghiệt [10]. Việc sử dụng GNPs trong các hệ thống này, với vai trò là phụ gia bôi trơn nhờ vào các đặc tính ma sát vượt trội và tính chất hóa – lý độc đáo, đã chứng minh hiệu quả trong việc cải thiện hiệu suất và hiệu quả làm việc.

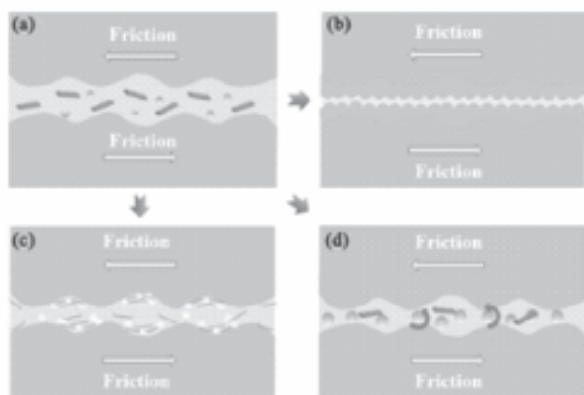


Hình 1. Thành phần tay máy robot đóng vai trò tự động hóa trong dây chuyền sản xuất lắp ráp ô tô

3.1. Tăng cường khả năng chịu tải và chống mài mòn

Vật liệu Graphene có thể được sử dụng để cải thiện khả năng chịu tải và chống mài mòn của các bộ phận cơ khí như bạc đạn, trục và bánh răng, những bộ phận quan trọng trong ngành sản xuất ô tô [11, 12]. Các nghiên cứu cho thấy GNPs có thể cải thiện các tính chất cơ học của vật liệu composite, giúp chúng chịu

được mức độ căng thẳng cao mà không bị biến dạng. Điều này giúp giảm thiểu thời gian bảo trì và kéo dài tuổi thọ của các bộ phận cơ khí trong các hệ thống tự động [2, 5, 13]. Nano graphene làm chất phụ gia trong quá trình bôi trơn, đóng vai trò giảm ma sát, được giới thiệu trên Hình 2.



Hình 2. Sơ đồ minh họa cơ chế bôi trơn của các chất phụ gia nano graphene: (a) Trạng thái ban đầu; (b) Hình thành màng dầu bôi trơn; (c) Tự bổ sung sửa chữa bề mặt ma sát; (d) Tạo ma sát sẵn với các bi lăn giữa hai bề mặt [14].

Jin và cộng sự [15] đã tổng hợp thành công nanocomposite Mn_3O_4 /graphene (Mn_3O_4/G) bằng phương pháp thủy nhiệt, sau đó phân tán chúng trong mỡ lithium L-XBCEA0 thông qua khuấy từ, cán ba trục và rung siêu âm. Kết quả thử nghiệm ma sát cho thấy chỉ với lượng nhỏ phụ gia nanocomposite, hệ số ma sát của mỡ bôi trơn đã giảm đáng kể. Trong một nghiên cứu khác, Wang và cộng sự [16] chế tạo nano graphene bằng kỹ thuật vi nhũ tương kết hợp với phương pháp siêu âm, sau đó trộn vào dầu tổng hợp để làm phụ gia bôi trơn. Kết quả cho thấy hiệu suất bôi trơn của dầu nền được cải thiện rõ rệt, đặc biệt ở điều kiện nhiệt độ cao, nhờ hiệu ứng cộng hưởng giữa graphene và hợp chất kim loại. Tương tự, Sun và cộng sự [17] đã tổng hợp nano graphene oxide/ Fe_3O_4 bằng kỹ thuật nhiệt dung môi. Khi

được sử dụng làm phụ gia bôi trơn, vật liệu này thể hiện khả năng phân tán ổn định cao trong môi trường nước, đồng thời cải thiện đáng kể các đặc tính ma sát-giảm hệ số ma sát và đường kính vết mài mòn lần lượt 33,6% và 32,3% so với dầu gốc.

Gần đây, Miao và cộng sự [18] là nhóm nghiên cứu đầu tiên chế tạo màng nano graphene oxide/ Ti_3C_2 bằng phương pháp lắng điện di trên nền silicon. Kết quả thử nghiệm ma sát cho thấy, dưới điện áp 35 V, màng phủ này giúp giảm hệ số ma sát tới 76%, đồng thời tăng khả năng chống mài mòn nhờ vào hiệu ứng cộng hưởng giữa ô xít graphene và Ti_3C_2 .

3.2. Cẩn biến cho giám sát chính xác

Việc tích hợp GNPs vào các cảm biến dùng để giám sát biến dạng cơ học, nhiệt độ và áp suất trong các hệ thống tự động hóa sản xuất ô tô giúp nâng cao độ chính xác và độ bền của các cảm biến này. Cảm biến dựa trên GNP có thể hoạt động ổn định trong môi trường có nhiệt độ cao, rung động và các yếu tố cơ học khác, từ đó cung cấp dữ liệu chính xác cho việc điều khiển các quy trình sản xuất. Điều này giúp nâng cao hiệu quả, giảm thiểu lỗi và cải thiện chất lượng sản phẩm trong các dây chuyền sản xuất [6, 19, 20].

3.3. Giảm trọng lượng và tăng tính linh hoạt

Trong ngành sản xuất ô tô, việc giảm trọng lượng của các bộ phận robot, băng tải và các bộ phận cơ khí khác là rất quan trọng để cải thiện tính linh hoạt và hiệu quả năng lượng. Việc sử dụng GNPs trong sản xuất các bộ phận này giúp giảm trọng lượng mà vẫn duy trì được độ bền và độ cứng cần thiết. Điều này không chỉ cải thiện hiệu suất của các hệ thống robot mà còn giúp tiết kiệm năng lượng, vì các hệ

thông nhẹ tiêu thụ ít năng lượng hơn trong quá trình hoạt động [6, 12].

4. KẾT LUẬN

Hạt nano graphene (GNPs) đã chứng minh tiềm năng to lớn trong việc cải thiện hiệu suất của các hệ thống cơ điện tử, đặc biệt trong ngành tự động hóa sản xuất ô tô. Những tính chất vượt trội về cơ học, điện tử và nhiệt học của GNPs khiến chúng trở thành vật liệu lý tưởng cho các ứng dụng trong vật liệu composite, cảm biến và các hệ thống thực hiện. GNPs giúp cải thiện hiệu quả, độ tin cậy và tuổi thọ của các bộ phận cơ khí, đồng thời giảm trọng lượng và nâng cao độ chính xác của các quy trình tự động. Tuy nhiên, việc tổng hợp và phân tán GNPs vẫn còn một số thách thức cần được giải quyết để việc ứng dụng chúng rộng rãi hơn trong công nghiệp.

5. HƯỚNG NGHIÊN CỨU TƯƠNG LAI

Các nghiên cứu tương lai về GNPs nên tập trung vào một số hướng chính sau:

+ Cải thiện phương pháp tổng hợp và phân tán GNPs: Cần phát triển các phương pháp tổng hợp hiệu quả hơn và có thể mở rộng quy mô để kiểm soát kích thước và phân tán đồng đều của GNPs trong các vật liệu composite. Điều này sẽ giúp tăng cường các tính chất của vật liệu.

+ Tối ưu hóa ứng dụng trong sản xuất ô tô và hệ thống cơ điện tử: Các nghiên cứu sâu hơn về việc tích hợp GNPs vào các cảm biến và hệ thống robot trong tự động hóa sản xuất ô tô là cần thiết để nâng cao hiệu quả và giảm chi phí vận hành.

+ Tăng cường khả năng tái chế và bền

vững: Cần nghiên cứu các phương pháp tái chế GNPs trong các ứng dụng công nghiệp để giảm thiểu chi phí và tác động môi trường.

+ Hệ thống năng lượng: GNPs có thể được nghiên cứu thêm trong các hệ thống năng lượng hiệu suất cao như pin lithium-ion, siêu tụ điện và hệ thống lưu trữ năng lượng.

+ Hệ thống tự động hóa thông minh: Tích hợp GNPs vào các hệ thống tự động hóa thông minh sẽ mở ra cơ hội mới cho việc giám sát và điều khiển quy trình sản xuất tự động trong môi trường thay đổi liên tục.❖

Ngày nhận bài: **28/4/2025**

Ngày phản biện: **07/5/2025**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Lee SJ, Yoon SJ, Jeon IY, “*Graphene/Polymer Nanocomposites: Preparation, Mechanical Properties, and Application*”. *Polymers (Basel)* 2022;14. <https://doi.org/10.3390/POLYM14214733>.
- [2]. Bukvić M, Gajević S, Skulić A, Savić S, Ašonja A, Stojanović B, “*Tribological Application of Nanocomposite Additives in Industrial Oils*”. *Lubricants* 2024, Vol 12, Page 6 2023;12:6. <https://doi.org/10.3390/LUBRICANTS12010006>.
- [3]. Gaidukevic J, Barkauskas J, “*Advanced Technologies in Graphene-Based Materials*”. *Crystals (Basel)* 2024;14:769. <https://doi.org/10.3390/CRYST14090769>.
- [4]. Yang K, Wu C, Zhang G, “*A state of review for graphene-based materials in preparation methods, characterization, and properties*”. *Materials Science and Engineering: B* 2024;310. <https://doi.org/10.1016/J.MSEB.2024.117698>.
- [5]. Dubey A, Dave S, Lakhani M, Sharma A, “*Applications of graphene for communication, electronics and medical fields: A review*”. *International Conference on Electrical,*

- Electronics, and Optimization Techniques, ICEEOT 2016 2016:2435-9. <https://doi.org/10.1109/ICEEOT.2016.7755131>.
- [6]. Mehmood A, Mubarak NM, Khalid M, Walvekar R, Abdullah EC, Siddiqui MTH, et al, “*Graphene based nanomaterials for strain sensor application - A review*”. J Environ Chem Eng 2020;8. <https://doi.org/10.1016/J.JECE.2020.103743>.
- [7]. Faruque MA Al, Syduzzaman M, Sarkar J, Bilisik K, Naebe M, “*A Review on the Production Methods and Applications of Graphene-Based Materials*”. Nanomaterials 2021, Vol 11, Page 2414 2021;11:2414. <https://doi.org/10.3390/NANO11092414>.
- [8]. Thangam Dhanabalan. Advancements in intelligent process automation 2025:776.
- [9]. Sundar S, Nitin S, “*Emerging Trends of Graphene-Based Nanomaterials as Digital Materials for Data Generation in Industry 4.0*”. https://ServicesIgi-GlobalCom/Resolvedoi/ResolveAspx?Doi=104018/979-8-3693-5380-6Ch013_1AD:325-58. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-5380-6.CH013>.
- [10]. Nagendramma P, Kaul S, “*Development of ecofriendly/biodegradable lubricants: An overview*”. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2012;16:764-74. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2011.09.002>.
- [11]. Kandasamy R, “*Graphene-based Nanocomposites for Automotive and Off-highway Vehicle Applications: A Review*”. Current Mechanics and Advanced Materials 2022;2:e290422204291. <https://doi.org/10.2174/2666184502666220429134113>.
- [12]. Das PP, Chaudhary V, “*Application of Graphene-Based Biopolymer Nanocomposites for Automotive and Electronic Based Components*”, 2021:311-23. https://doi.org/10.1007/978-981-15-9180-8_17.
- [13]. Voevodin AA, O'Neill JP, Zabinski JS, “*Nanocomposite tribological coatings for aerospace applications*”. Surf Coat Technol 1999;116-119:36-45. [https://doi.org/10.1016/S0257-8972\(99\)00228-5](https://doi.org/10.1016/S0257-8972(99)00228-5).
- [14]. Gao Q, Liu S, Hou K, Li Z, Wang J, “*Graphene-Based Nanomaterials as Lubricant Additives: A Review*”. Lubricants 2022;10. <https://doi.org/10.3390/LUBRICANTS10100273>.
- [15]. Jin B, Chen G, Zhao J, He Y, Huang Y, Luo J, “*Improvement of the lubrication properties of grease with Mn_3O_4 /graphene (Mn_3O_4 #G) nanocomposite additive*”. Friction 2021;9:1361-77. <https://doi.org/10.1007/S40544-020-0412-1/METRICS>.
- [16]. Wang J, Zhuang W, Yan T, Liang W, Li T, Zhang L, et al, “*Tribological performances of copper perrhenate/graphene nanocomposite as lubricating additive under various temperatures*”. Journal of Industrial and Engineering Chemistry 2021;100:296-309. <https://doi.org/10.1016/J.JIEC.2021.05.009>.
- [17]. Sun J, Ge C, Wang C, Li S, “*Tribological behavior of graphene oxide- Fe_3O_4 nanocomposites for additives in water-based lubricants*”. Fullerenes Nanotubes and Carbon Nanostructures 2022;30:863-72. <https://doi.org/10.1080/1536383X.2022.2031166>;JOURNAL:JOURNAL:LFNN19;WGROU:STRIN G:PUBLICATION.
- [18]. Miao X, Liu S, Ma L, Yang Y, Zhu J, Li Z, et al, “ *Ti_3C_2 -graphene oxide nanocomposite films for lubrication and wear resistance*”. Tribol Int 2022;167:107361. <https://doi.org/10.1016/J.TRIBOINT.2021.107361>.
- [19]. Zhao Q, Gan Z, Zhuang Q, “*Electrochemical sensors based on carbon nanotubes*”. Electroanalysis 2002;14:1609-13. <https://doi.org/10.1002/ELAN.200290000>.
- [20]. Liu J, Bao S, Wang X, Duong Ngo H, Zhou G, Luo N, et al, “*Applications of Graphene-Based Materials in Sensors: A Review*”. Micromachines 2022, Vol 13, Page 184, 2022;13:184. <https://doi.org/10.3390/M13020184>.