

# NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO VÀ ĐÁNH GIÁ TỔN HAO ÁP SUẤT CỦA BỘ LỌC HẠT PM2.5 LÀM TỪ PHOI THÉP ÁP DỤNG TRÊN XE MÁY

RESEARCH ON PRODUCTION AND ASSESSMENT OF PRESSURE LOSS OF PM2.5 PARTICLE FILTER MADE FROM STEEL CHIPS APPLIED IN MOTORCYCLE

Nguyễn Thế Lương<sup>1\*</sup>, Bùi Văn Chinh<sup>2</sup>

DOI: <https://doi.org/10.57001/huic5804.2023.118>

## TÓM TẮT

Ô nhiễm bụi hạt PM2.5 ngày càng nghiêm trọng, phương tiện giao thông đóng góp lớn vào ô nhiễm bụi trong không khí. Bài báo này đưa ra giải pháp chế tạo và đánh giá đặc tính cấu trúc, hình dạng bề mặt và tổn hao áp suất của bộ lọc hạt PM2.5 làm từ phoi thép áp dụng cho xe máy. Thiết bị ép, thiết bị phân tích cấu trúc XRD, kính hiển vi điện tử, thiết bị đo chênh áp được sử dụng để chế tạo và đánh giá đặc tính cấu trúc, hình dạng và tổn hao áp suất của mẫu phoi lọc. Kết quả nghiên cứu cho thấy cấu trúc thép đã được quan sát, không có sự chuyển đổi pha trong quá trình ép. Khi tăng lực ép, các lỗ rỗng và các lớp phoi của mẫu lọc có xu hướng xếp khít nhau hơn, khi tăng lực ép lên đến 600bar bắt đầu xuất hiện nứt và gãy của sợi phoi. Kết quả cũng cho thấy khi tăng lực ép, tổn hao áp suất của các mẫu phoi lọc tăng, mẫu phoi lọc lực ép 500bar có tổn hao áp suất giống với bộ lọc thương mại.

**Từ khóa:** Phoi thép, máy ép thủy lực, cấu trúc, hình dạng, tổn thất áp suất.

## ABSTRACT

Pollution of PM2.5 particles is more and more serious; vehicles contribute greatly to particulate pollution in the air. This paper presents a solution to fabricate and investigate the structural characteristics, morphology, and pressure loss of PM2.5 particulate filter made from steel chips applied to motorcycles. Press equipment, XRD structure analyzer, electron microscope, differential pressure measuring device are used to fabricate and evaluate the structural properties, shape, and pressure loss of the filter chip sample. The results showed that the steel structure was observed, there was no phase transition during pressing. When the press pressure is raised, the filter sample's pores and chip layers tend to align more closely. However, when the pressure is raised to 600bar, chip fibers start to shatter and fracture. The results also demonstrate that the pressure loss of the filter chips is more strained as the press pressure increases; at press pressure of 500bar filter chip sample exhibits the same pressure loss as the commercial filter.

**Keywords:** Steel chips, press equipment, structural characteristics, morphology, pressure loss.

<sup>1</sup>Trường Cơ khí, Đại học Bách khoa Hà Nội

<sup>2</sup>Khoa Công nghệ Ô tô, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

\*Email: [luong.nguyenthe@hust.edu.vn](mailto:luong.nguyenthe@hust.edu.vn)

Ngày nhận bài: 10/4/2023

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 05/6/2023

Ngày chấp nhận đăng: 15/6/2023

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vấn đề ô nhiễm môi trường không khí đang là vấn đề thu hút sự quan tâm của thế giới, đặc biệt tại Việt Nam. Theo Báo cáo thường niên về chỉ số môi trường (The Environmental Performance Index - EPI) do tổ chức Môi trường Mỹ thực hiện, Việt Nam là một trong 10 nước ô nhiễm môi trường không khí hàng đầu Châu Á. Tiêu biểu là ô nhiễm bụi (PM 10, PM 2.5) [1, 2].

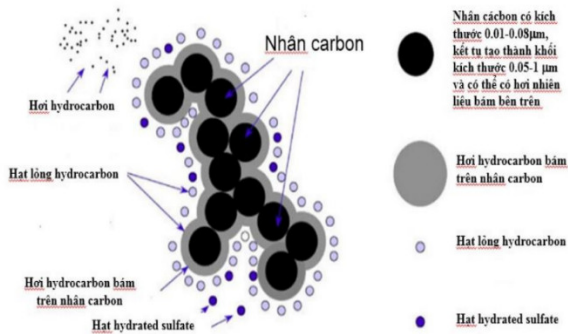
Thành phố Hà Nội và Thành phố Hồ Chí Minh là nơi bị ô nhiễm không khí nặng nhất của cả nước, có nhiều thời điểm bụi mịn (PM 2.5) bao phủ cả bầu trời làm hạn chế tầm nhìn, ảnh hưởng rất lớn đến sức khỏe của người dân [3, 4].

Tính đến tháng 2/2020, Việt Nam có gần 3,6 triệu xe ô tô và hơn 45 triệu xe máy. Các phương tiện này là nguyên nhân lớn nhất gây ra ô nhiễm không khí tại nước ta. Từ năm 2010 - 2017, nồng độ bụi PM2.5 luôn có xu hướng tăng mạnh [3, 4]. Từ năm 2019 đến nay, tình trạng cao điểm ô nhiễm không khí xảy ra rất thường xuyên tại các thành phố lớn cả nước. Điển hình là Thành phố Hà Nội và Thành phố Hồ Chí Minh. Chỉ số báo cáo chất lượng không khí hàng ngày (Air Quality Index - AQI) tại các thành phố này dao động trong mức 150 - 200, đây là mức báo động rất nguy hiểm [5]. Theo báo cáo chất lượng không khí của bộ tài nguyên môi trường, phương tiện giao thông đóng góp 68% tổng lượng khí thải độc hại trong không khí. Theo nghiên cứu hàm lượng bụi PM2.5 xe máy có hàm lượng khá thấp [6], tuy nhiên số lượng xe máy tại Việt Nam rất lớn, đặc biệt số lượng xe máy cũ khá nhiều, đây sẽ là nguồn đóng góp PM2.5 vào trong môi trường không khí. Đã có một số công trình nghiên cứu và hạt PM2.5 của xe máy và một số nghiên cứu chế tạo lõi lọc cho xe máy từ sơ dừa và các loại vật liệu khác [7-11].

Các phoi thép là sản phẩm của quá trình gia công cơ khí, hiện nay chỉ được thu gom nhằm mục đích tái chế lại thép hoặc thải ra ngoài gây ô nhiễm môi trường. Nhằm tận dụng lại phoi thép phế thải và giảm ô nhiễm môi trường từ bụi PM2.5 xe máy. Bài báo này sẽ tiến hành nghiên cứu

tận dụng phoi thép để chế tạo và đánh giá hiệu quả lọc của bộ lọc muối PM2.5 khí thải xe máy làm từ phoi thép.

**2. CƠ CHẾ HÌNH THÀNH HẠT MUỘI ĐỘNG CƠ XE MÁY**



Hình 1. Cấu tạo hạt muối trong động cơ xe máy

Hình 1 chỉ ra cấu tạo hạt muối trong khí thải động cơ xe máy, hạt muối khí thải xe máy bao gồm các hạt nhân carbon có kích thước từ 9 đến 90nm sẽ có xu hướng kết tụ lại với nhau thành các hạt có kích thước lớn hơn từ 0,05 - 1µm [9]. Các hạt carbon này sẽ hấp thụ các hơi nhiên liệu, một phần hơi nhiên liệu sẽ ngưng tụ tạo thành các hạt nano bám vào các hạt carbon. Ngoài ra trong thành phần các hạt muối này còn có các sản phẩm của quá trình cháy của lưu huỳnh có trong nhiên liệu và hạt của dầu bôi trơn sục lên buồng cháy.

**3. CHẾ TẠO BỘ LỌC HẠT TỪ PHOI THÉP**

**3.1. Vật liệu**

Phoi thép là sản phẩm của quá trình gia công các chi tiết cơ khí bằng thép, trong nghiên cứu này tác giả tận dụng phoi thép này làm nguyên liệu đầu vào để chế tạo bộ lọc. Hình 2 chỉ ra hình ảnh phoi thép được lấy từ xưởng gia công cơ khí.



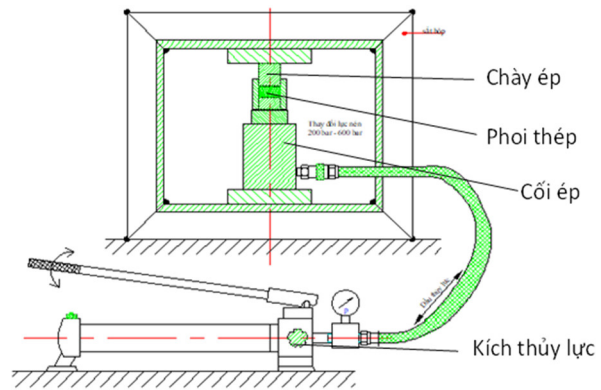
Hình 2. Phoi thép tạo mẫu lọc

**3.2. Thiết bị chế tạo và thử nghiệm**

Kích thủy lực HHB-700A, cối chày ép, cân điện tử Ohaus PX224E được sử dụng để chế tạo bộ lọc hạt, Kính hiển vi điện tử (Leica S9), thiết bị phân tích cấu trúc vật liệu XRD (RIGAKU RINT-2100CMT). Thiết bị Manometer 8205 được sử dụng để đo độ chênh áp trước và sau mẫu lọc.

**3.3. Điều chế mẫu**

Phoi thép được lấy từ xưởng được làm sạch trong dung dịch nước xà phòng trong máy rung siêu âm trong 30 phút để đảm bảo sạch hết dầu mỡ và tạp chất, sau đó được làm khô trong lò nung ở 40°C trong 2 giờ, phoi sau khi được làm sạch được cân định lượng, đảm bảo khối lượng của các phoi thép chế tạo mẫu lọc có khối lượng như nhau là 18 gam. Phoi sau khi định lượng chính xác được đưa vào cối ép (hình 3) có đường kính 40mm (đường kính phù hợp với ống xả xe máy), dưới tác dụng của kích thủy lực, chày ép sẽ ép phoi thép trong cối để tạo hình mẫu lọc. Hình 4 chỉ ra hình ảnh mẫu lọc sau khi ép, tiếp đó điều chỉnh lực ép của kích thủy lực từ 200 đến 600bar quan sát và đánh giá hiệu quả của mẫu lọc.



Hình 3. Quá trình điều chế mẫu lọc



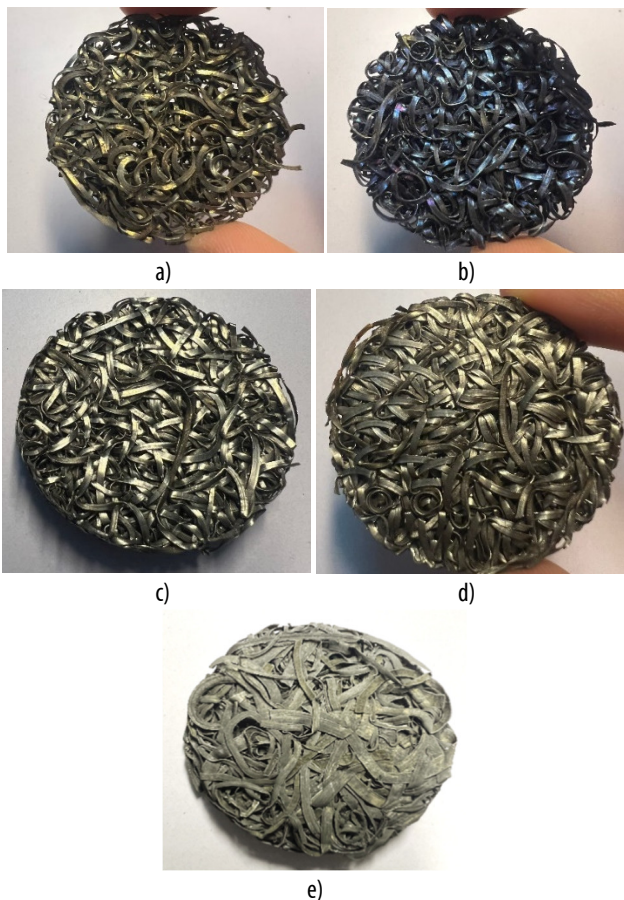
Hình 4. Mẫu vật phoi thép thành phẩm

**4. ĐÁNH GIÁ ĐẶC TÍNH CẤU TRÚC VÀ HÌNH DẠNG CỦA MẪU LỌC**

**4.1. Đặc tính hình dạng của mẫu lọc theo lực ép**

Hình 5 chỉ ra ảnh kính hiển vi điện tử của bộ lọc sau khi ép trong khuôn ép ở các áp suất khác nhau: a (200bar); b (300bar); c (400bar); d (500bar) và e (600bar). Kết quả cho thấy, ở áp suất 200bar (hình 5a) gần như không có sự ảnh hưởng đến cơ tính của các sợi phoi thép, các sợi phoi thép chưa xếp khít với nhau, kích thước lỗ rỗng tạo thành rất lớn, kính thước lỗ trống tạo thành từ 900µm đến 1200µm, các sợi phoi thép liên kết khá lỏng lẻo. Với lực ép 300bar, các sợi phoi bắt đầu bị dịch chuyển xếp khít lên nhau và liên kết chặt chẽ với nhau (hình 5b), các sợi phoi thép bắt đầu vị ép vào nhau, làm cho các lỗ rỗng có xu hướng nhỏ lại, kết quả cho thấy với lực ép là 300bar thì kích thước lỗ rỗng tạo thành chủ yếu trong khoảng từ 300µm đến 600µm, cấu trúc của mẫu lọc ổn định hơn, tuy nhiên mức độ xếp tầng đã có

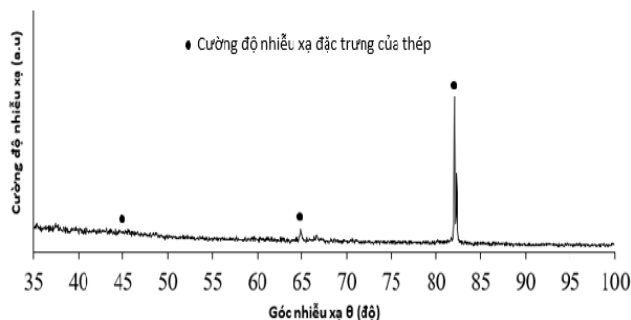
nhưng chưa đều. Hình 5c chỉ ra hình ảnh bề mặt mẫu lọc sau khi ép ở 400bar, các sợi phoi phân bố với mật độ dày hơn và số lượng lỗ trống tạo ra cũng nhiều hơn, các lỗ rỗng có kích thước có kích thước nhỏ tới 300µm, các sợi phoi đan xen lên nhau với một mật độ khá đều và tạo thành cấu trúc các lớp xếp tầng lên nhau. Có thể đánh giá lực ép từ 400bar là áp lực đủ lớn làm cho các sợi phoi dàn đều theo diện tích mặt cắt ngang của mẫu lọc. Ngoài ra, áp lực này cũng đủ khiến cho các sợi phoi ở mỗi tầng kết cấu bị biến dạng và ép chặt lên các tầng xung quanh. Hình 5d chỉ ra hình ảnh mẫu lọc sau khi ép ở 500bar, hình ảnh cho thấy mẫu lọc với lực ép 500bar tạo thành số lượng lỗ rỗng khá nhiều và phân bố đều, kích thước các lỗ rỗng chủ yếu là 100µm, khi gia tăng lực ép thì khoảng cách giữa các tầng lỗ rỗng trong cấu trúc mẫu lọc sẽ giảm đi, điều này làm chiều dày mẫu lọc giảm đi, các lỗ rỗng tạo ra với số lượng khá nhiều và phân bố đều, đường kính của lỗ rỗng chủ yếu là 100µm ở tầng bề mặt và xếp rất khít với nhau. Hình 5e, chỉ ra hình ảnh mẫu lọc sau khi ép ở 600bar, với lực ép 600bar thì kích thước lỗ trống đã nhỏ hơn 100µm. Dưới tác dụng của lực ép lớn các sợi phoi thép bắt đầu vượt quá ứng suất cho phép và xuất hiện vết nứt và bẻ gãy các sợi phoi thép, bên cạnh đó dưới lực ép lớn các phoi thép bị ép rất khít với nhau tạo thành khối đặc. Dựa vào các đánh giá đã nêu trên có thể thấy mẫu lọc thí nghiệm với lực ép 500bar đã đáp ứng khá tốt các yêu cầu cho kết cấu của mẫu lọc thí nghiệm hướng tới.



Hình 5. Ảnh Kính hiển vi điện tử của bộ lọc sau khi ép ở các áp suất khác nhau: a (200bar); b (300bar); c (400bar); d (500bar) và e (600bar)

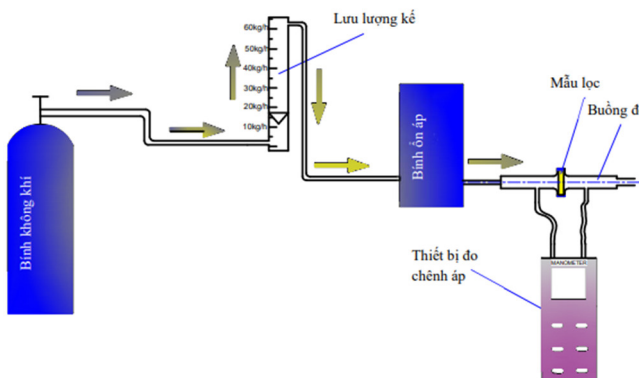
#### 4.2. Đặc tính cấu trúc của mẫu lọc

Từ phân tích hình dạng cấu trúc của mẫu lọc, mẫu 500bar được đánh giá có hình dạng hình học tốt nhất, từ đó tác giả đi kiểm tra cấu trúc của mẫu lọc sau quá trình ép. Hình 6 chỉ ra cấu trúc XRD của mẫu lọc sau khi ép 500bar. Kết quả chỉ ra rằng các đỉnh nhiễu xạ đặc trưng của thép được quan sát. Không có sự biến đổi pha của thép trong suốt quá trình ép.



Hình 6. Ảnh XRD của mẫu lọc sau khi ép ở 500bar

#### 5. ĐÁNH GIÁ TỔN HAO ÁP SUẤT CỦA MẪU LỌC

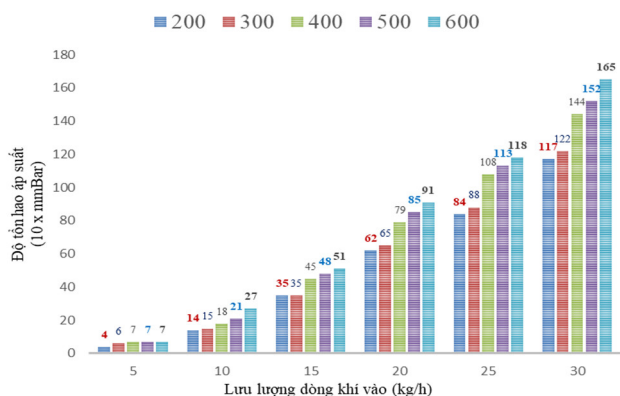


Hình 7. Sơ đồ đánh giá tổn hao áp suất của mẫu lọc

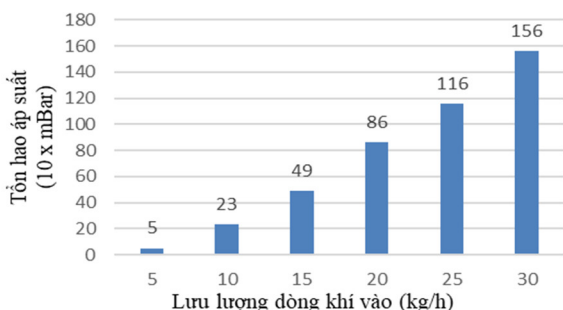
Hình 7 chỉ ra sơ đồ đánh giá tổn hao áp suất của các mẫu lọc theo lưu lượng khí, mẫu lọc với các lực ép khác nhau lần lượt được đưa vào buồng đo, không khí từ bình khí được đưa qua van giảm áp và van điều chỉnh lưu lượng, không khí sau đó sẽ được đưa đến bộ đo và hiển thị lưu lượng, tại đây sẽ quan sát lưu lượng của dòng khí, dòng khí sau khi qua lưu lượng kế được đưa đến bình ổn áp, tại đây dòng khí được ổn định áp suất trước khi đi vào buồng đo, mẫu lọc sẽ chia buồng đo thành hai ngăn, dòng khí sẽ đi qua mẫu lọc, tại đây gây ra tổn hao áp suất, cảm biến đo độ chênh áp trước và sau mẫu lọc sẽ ghi lại giá trị chênh áp, dòng khí sau khi đi qua mẫu lọc sẽ được thổi ra ngoài.

Hình 8 chỉ ra kết quả đo chênh áp của các mẫu lọc khi lưu lượng thay đổi từ 5 đến 30kg/h, kết quả cho thấy ở lưu lượng dòng khí thấp, chênh lệch áp suất của các mẫu lọc nhỏ, với mẫu lọc được ép ở 200bar, độ chênh áp thấp nhất, khi tăng lực ép thì chênh áp thay ít thay đổi, điều này được giải thích là do lưu lượng dòng khí thấp, ít gây tổn thất áp suất tại các mẫu lọc. Khi tăng lưu lượng của dòng khí lên

trên 10kg/h, tổn thất áp suất tăng ở tất cả các mẫu lọc, các mẫu lọc có lực ép càng lớn thì tổn thất áp suất càng tăng. So sánh tổn hao áp suất của với mẫu lọc được ép ở 600bar so với mẫu lọc ở 200bar, mức tăng lớn nhất 48,1%.



Hình 8. Độ chênh áp của các mẫu lọc theo lưu lượng của dòng khí



Hình 9. Ảnh mẫu lọc thương mại và kết quả đo độ chênh áp của các mẫu lọc thương mại theo lưu lượng của dòng khí

Hình 9 chỉ ra hình ảnh và kết quả đo chênh áp theo lưu lượng dòng khí của mẫu lọc bằng gốm đã được thương mại của Nhật Bản. Kết quả cho thấy kích thước lỗ rỗng của mẫu lọc dưới 100µm. Ở lưu lượng của dòng khí thấp, tổn hao áp suất của mẫu lọc thấp, khi tăng dần lưu lượng của dòng khí, tổn hao áp suất tăng. Kết quả cũng cho thấy tổn hao áp suất của dòng khí tương đồng với tổn hao áp suất của dòng khí đối với mẫu phoi lọc được ép ở 500bar. Qua đó mẫu phoi lọc 500bar sẽ được lựa chọn để thử nghiệm trên xe máy trong các nghiên cứu tiếp theo.

### 6. KẾT LUẬN

Bài báo đã chế tạo thành công bộ lọc hạt PM 2.5 bằng phoi thép. Cấu trúc và đặc tính cấu trúc của mẫu lọc đã

được quan sát, không có sự chuyển đổi pha trong quá trình ép. Khi tăng lực ép, các lỗ rỗng và các lớp phoi của mẫu lọc có xu hướng xếp khít nhau hơn, khi tăng lực ép lên đến 600 Bar bắt đầu xuất hiện nứt và gãy của sợi phoi, kích thước lỗ rỗng của lõi lọc 500bar có mật độ lỗ khoảng 100µm. Kết quả cũng cho thấy khi tăng lực ép, tổn hao áp suất của các mẫu phoi lọc tăng, mẫu phoi lọc lực ép 500bar có tổn hao áp suất giống với bộ lọc thương mại.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Decision 5953/QĐ-UBND in 2017 approving the Project on Strengthening the management of road vehicles to reduce traffic congestion and environmental pollution in Hanoi city, period 2017-2020 with a vision to 2030.
- [2]. <http://cand.com.vn/Xa-hoi/Ha-Noi-Gio-cao-diem-nong-do-hoi-xang-cao-gap-2000-lan-tieu-chuan-30240>.
- [3]. GreenID. *Air quality*. Vietnam.
- [4]. Tuan Nguyen Quoc, Pham Quynh Nhu, Son Duong Hong, Cuong Luu Duc, Guttikunda Sarath, 2008. *A 2020 Vision: An Integrated Policy Reform for Air Quality Management in Hanoi, Viet Nam*. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=1293772> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1293772>
- [5]. Kishida M., Imamura K., Takenaka N., Maeda Y., Viet P.H., Bandow H., 2008. *Concentration of Atmospheric Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Particulate Matter and the Gaseous Phase at Roadside sites in Hanoi, Vietnam*. *Bulletin of Contamination and Environmental Toxicology*, 81, pp.174 – 179.
- [6]. Ministry of Natural Resources and Environment, 2016. *National State of Environmental Report 2016*. Vietnam.
- [7]. Yunsung Lim, Jongtae Lee, Jang-Hoon Le, 2013. *The Study of PM2.5 and Exhaust Emission Characteristics in the Motorcycles according to Various Lubricants*. *Transactions of the Korean Society of Automotive Engineers*, Volume 21 Issue 4, 70-76.
- [8]. Arinto Y. P. Wardoyo, Arif Budianto, Abdurrouf, 2017. *Filtration of submicron Particles from Motorcycle Emission using a DC Low Electrostatic Filter*. *International Journal of Applied Engineering Research* ISSN 0973-4562 Volume 12, Number 8, pp. 1725-1728.
- [9]. *Polycyclic aromatic hydrocarbons and nitropolycyclic aromatic hydrocarbons in particulates emitted by motorcycles*. *Environmental Pollution* (2013), 1-9.
- [10]. Hajar. U, Wardoyo. A. Y. P, Masruhoh, 2019. *Developing and characterization of an ultrafine filter made of banana leaf and water hyacinth to reduce-motorcycle emission*. *Applied Ecology and Environmental Research* 17(2):1959-1965
- [11]. Arinto Yudi Ponco Wardoyo, Hari Arief Dharmawan, Muhammad Nurhuda, Arif Budianto, 2020. *Ultrafine Particle Filter Design for Motorcycle Emission Exhaust System: A High Voltage Electrostatic-Based System*. *International Journal of GEOMATE*, Vol.18, Issue 67, pp. 57-62.

### AUTHORS INFORMATION

**Nguyen The Luong<sup>1</sup>, Bui Van Chinh<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>School of Mechanical Engineering, Hanoi University of Science and Technology, Vietnam

<sup>2</sup>Faculty of Automobile Technology, Hanoi University of Industry, Vietnam