

# CHẨN ĐOÁN ĐỘNG CƠ DIEZEN BẰNG PHƯƠNG PHÁP TÁCH HẠT MÀI MÒN KIM LOẠI KHỎI DẦU BÔI TRƠN ĐÃ QUUA SỬ DỤNG

● TRẦN THỊ HÀ

## TÓM TẮT:

Ferrograph là một loại phân tích hạt mài trong dầu đã qua sử dụng, qua đó có thể nghiên cứu độ mài mòn trên các bộ phận chịu ma sát thông qua phân tích các hạt trong dầu bôi trơn. Nó có thể được sử dụng để chẩn đoán các lỗi xảy ra trên động cơ diezen. Bài báo này công bố kết quả phân tích, chẩn đoán động cơ diezen bằng phương pháp tách hạt mài mòn kim loại khỏi dầu bôi trơn đã qua sử dụng, từ đó kết luận phương pháp Ferrograph không chỉ được dùng để chẩn đoán tình trạng mài mòn của động cơ diezen, mà còn được ứng dụng để chẩn đoán những hệ thống được bôi trơn khác, như: hệ thống thủy lực, hộp giảm tốc, các tuabin lớn của nhà máy điện... mà không cần phải tháo rời từng chi tiết. Mở rộng hơn, phương pháp này còn có thể được ứng dụng để chẩn đoán tình trạng hoạt động của những thiết bị được bôi trơn bằng mỡ và các loại chất bôi trơn lỏng khác.

**Từ khóa:** Ferrograph, Ferrogram, Ferroscope.

## 1. Đặt vấn đề

Những hạt mài mang theo trong dầu bôi trơn đã qua sử dụng chứa đựng những thông tin quan trọng về điều kiện hoạt động của động cơ diezen. Nhờ hình dáng hạt mài, thành phần các hạt mài, sự phân bố về kích thước, màu sắc và nồng độ của chúng, có thể dự đoán được tính chất mài mòn của cặp ma sát trong động cơ, tình trạng động cơ để có những biện pháp xử lý kịp thời tránh xảy ra những hỏng hóc nặng. Thông thường, biện pháp có thể được đưa ra một

cách kịp thời mà không cần phải tháo rời từng chi tiết của động cơ.

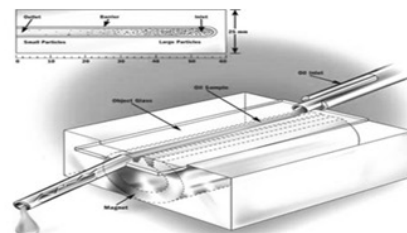
## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Thiết bị để phân tích Ferrograph:

*Máy Ferrograph:* Máy Ferrograph nhằm tách các hạt mài mòn ra khỏi chất bôi trơn (Hình 1)

*Ferroscope TFX-X1:* Ferroscope TFX-X1: gồm kính hiển vi quang học lưỡng sắc L2020 và bộ điều khiển (Hình 2).

Do tác động của từ trường, các hạt mài mòn có

**Hình 1: Máy phân tích Ferrograph****Hình 2: Ferroscope****Hình 3: Phân bố các hạt mài trên Ferrogram**

tính chất từ tự nó sắp xếp thành hàng dọc theo đường sức từ trường với những hạt lớn lắng đọng trên đường vào của Ferrogram (Hình 3). Các hạt không có tính chất từ được phân bố một cách ngẫu nhiên dọc theo Ferrogram.

## 2. 2. Các hạt mài mòn và nguồn gốc của chúng

2.2.1. Hình thái các dạng mài mòn chủ yếu và các hạt mài mòn tương ứng từ các chi tiết chịu ma sát trong động cơ diezen.

Có 6 dạng hạt mài mòn phổ biến trong động cơ

diezen, những hạt mài này có thể là hạt có từ tính và hạt không có từ tính. Những hạt có từ tính là những hạt bị giữ lại khi chảy qua từ trường của nam châm và sắp xếp theo đường sức của từ trường, còn những hạt không có từ tính thì định vị không theo đường sức của từ trường. Có thể chia các dạng hạt mài mòn theo các nhóm sau đây: Hạt mài ở chế độ động cơ hoạt động bình thường; Hạt mài mòn cắt; Hạt mài mòn hình cầu; Mòn trượt khốc liệt; Hạt mài mòn bạc lót; Hạt mài mòn bánh răng.

**Bảng 1. Bảng tham khảo một số vật liệu các chi tiết chịu ma sát trong Động cơ diezen (4)**

| Kim loại | Chi tiết chịu ma sát trong Động cơ diezen                                                                                                                                                                                                |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fe       | Lót xi lanh, xéc măng, bánh răng, trục khuỷu, trục cam, bánh răng bơm dầu, hệ thống truyền động xu páp, chốt piston                                                                                                                      |
| Cr       | Xéc măng, xu páp xả, lớp mạ trên trục, chi tiết chế tạo bằng hợp kim thép không gỉ                                                                                                                                                       |
| Al       | Pittông, bạc tuabin tăng áp, bạc cổ trục chính, các bạc trục cam, bạc lót động cơ, lớp mạ trên xu páp, cánh tản nhiệt trên két làm mát, bạc trên bơm cao áp, các bộ phận trên phần nắp xi lanh.                                          |
| Ni       | Lớp thấm trên xu páp, hợp kim thép từ trục khuỷu động cơ, bánh răng của động cơ diezen hoạt động ở chế độ tải nặng. Vật liệu thấm trên bạc lót động cơ, cánh tuabin tăng áp và một vài hợp kim trong các bộ phận làm bằng thép không gỉ. |
| Cu       | Hệ thống làm mát dầu nhờn, bạc đầu to và đầu nhỏ thanh truyền, bạc tuabin tăng áp, phụ gia dầu bôi trơn                                                                                                                                  |
| Pb       | Bạc đầu to đầu nhỏ thanh truyền...                                                                                                                                                                                                       |
| Sn       | Bạc đầu to nhỏ thanh truyền, lớp hợp kim được tôi thấm trên bạc đầu to thanh truyền (hợp kim 3 kim loại)                                                                                                                                 |
| Cr       | Xéc măng, ống lót xi lanh                                                                                                                                                                                                                |
| Ag       | Trong một vài loại bạc lót động cơ dùng bằng hợp kim đặc biệt, bạc lót tuabin tăng áp và một vài chi tiết có tốc độ trượt cao.                                                                                                           |

### 2.2.2. Các kim loại tách ra từ các chi tiết động cơ

Khi phân tách các hạt mài mòn trong dầu bôi trơn động cơ diesel phát hiện được 16 loại hạt do quá trình bôi trơn không bình thường.

- Hạt không từ tính màu trắng
- Hạt hợp kim đồng
- Hạt hợp kim Ba bit
- Các dạng nhiễm bẩn: Hạt bụi than; Sợi Amiăng; chất liệu làm lọc

- *Biến chất của sản phẩm dầu bôi trơn và Polyme do ma sát:* Các hạt mài mòn do ăn mòn; Polyme do ma sát; Molybdenum disulfide (MoS<sub>2</sub>)

- *Hạt từ tính:* Thép hợp kim cao; Thép hợp kim thấp; Thép hợp kim trung bình; Oxit sắt; Oxit sắt đen; Oxit sắt đỏ; Các oxit lẫn kim loại

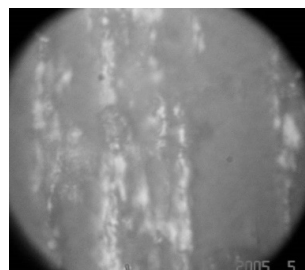
Căn cứ vào những hạt mài mòn bất thường tìm thấy thông qua phương pháp Ferrograph kết hợp cùng bảng vật liệu một số chi tiết chịu ma sát trong động cơ có thể đưa ra kết luận hư hỏng (Bảng 1).

## 3. Kết quả và thảo luận

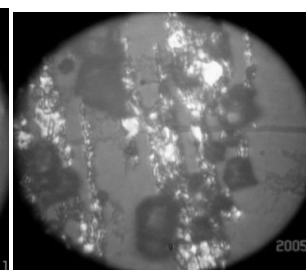
### 3.1. Xe ô tô HINO lắp động cơ EH 700

Xe ô tô HINO lắp động cơ EH 700 bị sôi nước làm mát và có những bọt khí lớn trong két làm mát nổi lên tại nắp két làm mát. Động cơ đã được dừng và lấy mẫu dầu kiểm tra do nghi vấn zoăng mặt máy đã bị cháy và thổi thông giữa đường nước làm mát và buồng cháy. Sau khi kiểm tra cho thấy có hiện tượng nước làm mát lọt vào dầu bôi trơn động cơ và khi đưa lên phân tích trên Ferrograph phát hiện có một số hạt mài mòn dạng oxit sắt đen và kèm theo là

**Hình 4: Hạt mài oxit sắt đỏ**



**Hình 5: Hạt mài oxit sắt đen**



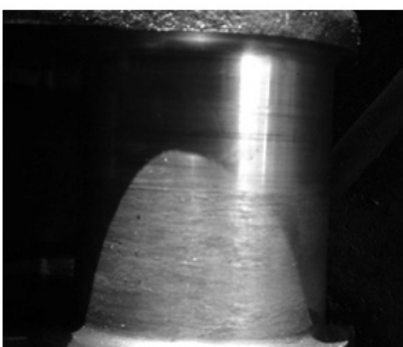
oxit sắt đỏ. Việc xuất hiện oxit sắt đỏ và oxit sắt đen chính do hiện tượng bôi trơn kém ở các chi tiết do nước làm mát lọt vào dầu bôi trơn làm mất tính chất bôi trơn của dầu nhờn. Nguyên nhân chủ yếu của hiện tượng nói trên do van hằng nhiệt sau một thời gian làm việc lâu dài bị mở ra hoàn toàn và kẹt cứng lại làm cho nước làm mát chỉ lưu thông trong két làm mát mà không qua lọc máy, hiện tượng này kéo dài làm cháy zoăng mặt máy. Kèm theo hiện tượng này là nước làm mát đã lọt vào dầu bôi trơn, làm mất tính chất bôi trơn của dầu, tăng khả năng tiếp xúc giữa các chi tiết ma sát.

Các hạt mài mòn oxit sắt đỏ và oxit sắt đen được tìm thấy trong mẫu dầu.

Những hạt mài oxit sắt đỏ (Hình 4) rõ ràng sinh ra bởi sự tiếp xúc mài mòn như chúng biểu hiện, như vậy nếu cả khi không có hoặc có oxit sắt đỏ dạng đa tinh thể cũng chứng tỏ sự tiếp xúc mài mòn bôi trơn kém.

Các hạt mài oxit sắt đen xuất hiện thành đám co

**Hình 6: Cổ trục khuỷu động cơ bị mài xước nghiêm trọng**



**Hình 7: Bạc lót động cơ bị cháy dẻo**



cụm với nhau với bề mặt xù xì và có những chấm nhỏ màu xanh hoặc cam gần với giới hạn dưới độ phân giải của kính quang học (Hình 5).

### 3.2. Động cơ xe KOMATSU

Khi tháo rời bạc lót động cơ (kể cả các cổ đầu to thanh truyền và cổ trục chính) thấy có hiện tượng mài xước nghiêm trọng, một số bạc lót còn có hiện tượng chảy dẻo như trên Hình 6, Hình 7.

Sau khi mẫu dầu được phân tích bằng Ferrograph thể hiện rõ nét nhất là các oxit Pb/Sn, thậm chí thấy cả hợp kim đồng chứng tỏ bạc lót này đã mòn đến hợp kim nền. Trong những hồng học bạc trục quan sát trên Ferrogram, hạt hợp kim đồng là đặc biệt dễ nhận biết tìm thấy cùng với các hạt oxit Pb/Sn. Về cấu tạo bạc lót đó, có một lớp màng mỏng kim loại babít bao bọc hợp kim đồng, kết quả là có một cường độ mài cao nhờ hợp kim đồng nhưng lại có những tính chất bề mặt mong muốn của hợp kim babít. Các bạc cấu tạo theo cách này khi tìm được hàng loạt hợp kim đồng thì khá chắc chắn là bạc đã bị hư hại nghiêm trọng (bạc bị lột). Đối chiếu các nguyên nhân cũng như hiện tượng xảy ra trên bề mặt bạc lót cho thấy, tại đây không có sự bôi trơn cần thiết trong thời gian dài, nguyên nhân chủ yếu do tắc đường dầu bôi trơn đối với bạc và trục.

Trước khi bạc lót bị mài xước nghiêm trọng, có xuất hiện hạt mài mòn cắt thể hiện trên Ferrogram khi phóng đại lên 640 lần.

Hạt mài mòn oxit Pb/Sn này được quan sát ở độ

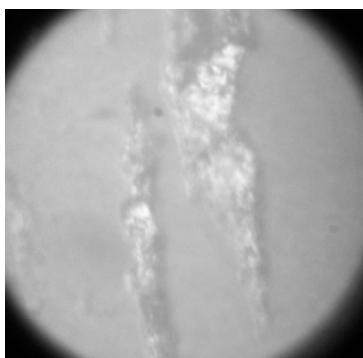
phóng đại thấp trước khi xử lý nhiệt. Mẫu được lấy ở trong dầu bôi trơn động cơ trên xe KOMATSU sau khi chạy được 197 giờ.

Hình 8, 9, 10 thể hiện hạt hợp kim babít màu đen do bị oxy hoá xen lẫn màu đỏ của các hạt hợp kim đồng. Trong trường hợp này bạc lót ổ trục đầu to thanh truyền động cơ đã bị hư hại nặng do tắc đường dầu bôi trơn gây ra hiện tượng cháy bạc, trước khi đó các bạc thiếu dầu đã bị oxy hoá nghiêm trọng.

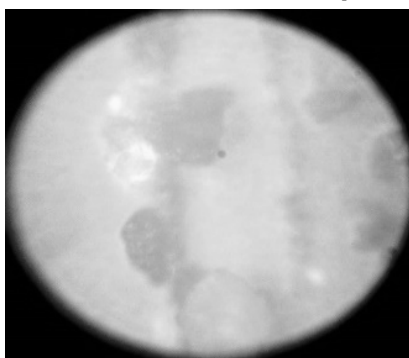
Những hiểu biết về thiết kế bạc trong máy móc đang khảo sát là cần thiết để thực hiện việc phân tích và đánh giá việc mài mòn đưa đến kết quả chẩn đoán một cách chính xác. Quan sát các hạt babít sau mỗi lần xử lý nhiệt, đặc biệt những hạt oxit Pb/Sn thấy có những chấm nhiều màu. (Hình 11)

Thường các hạt mài loại này có dạng cục nhưng đôi khi chúng phẳng có các mép tròn khi đó được hiểu là đã xảy ra sự nóng chảy một phần. Khi cần phân biệt giữa hợp kim chì thiếc và hợp kim sắt trên Ferrogram chỉ cần xử lý nhiệt cho Ferrogram ở khoảng nhiệt độ đầu tiên (330°C). Chú ý khi xử lý nhiệt của hạt mài Pb/Sn ở khoảng nhiệt độ đáng lẽ các hạt này phải chảy ra nhưng do sức căng bề mặt nó kéo vào nhau tạo thành quả cầu và khi đó nó trở nên bị oxy hoá nhiều hơn và trên bề mặt xuất hiện các chấm màu. Điều này là do ái lực lớn của các hợp kim Pb/Sn với  $O_2$  ở nhiệt độ cao và nó là một phần của nguyên nhân tại sao một lượng Pb được nóng chảy trong lò thì có vẩy được tạo nên trên bề mặt.

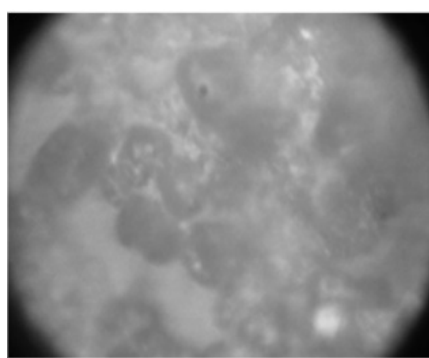
**Hình 8: Hạt mài cắt**



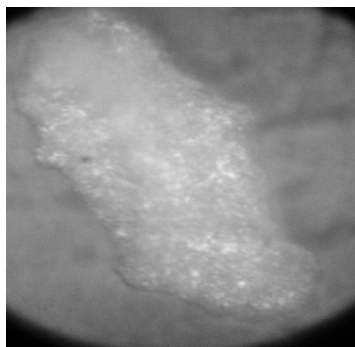
**Hình 9: Hạt mài mòn oxit Pb/Sn trước khi xử lý nhiệt**



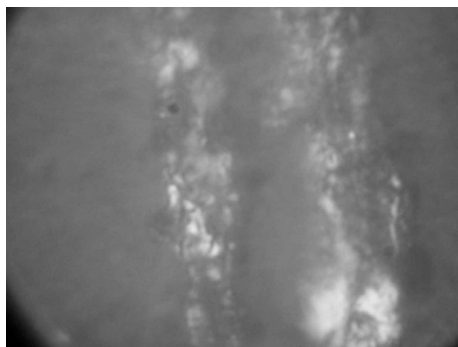
**Hình 10: Hạt mài mòn hợp kim babít**



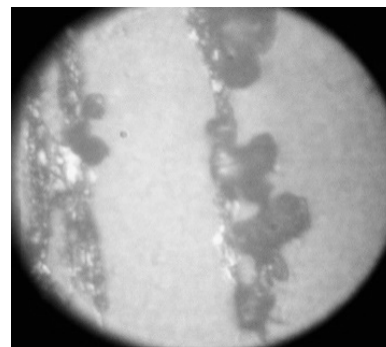
**Hình 11: Hạt mài mòn oxit Pb/Sn sau khi xử lý nhiệt (quan sát ở độ phóng đại 1008 lần sau khi xử lý nhiệt ở 330°C)**



**Hình 12 : Hạt mài  $\text{MoS}_2$**



**Hình 13 : Hạt mài oxit kim loại đen**



### **3.3. Mỡ bôi trơn MDS trên 4 Moayơ xe ô tô Chorus- HYUNDAI 24 :**

Mẫu mỡ được đem phân tích trên ferrograph (pha mẫu mỡ cần sử dụng dung môi Hecxan và Toluen). Phát hiện ra trên Ferrogram xuất hiện những hạt  $\text{MoS}_2$ . Như đã biết trước  $\text{MoS}_2$  được sử dụng như là chất làm phụ gia trong dầu và mỡ bôi trơn cho những nơi yêu cầu có nhiệt độ và tải trọng cao. Đây thực sự là chất bôi trơn rắn hiệu quả vì chịu được tải trọng cao khi mang tải và cường độ cắt thấp, đây chính là nguyên nhân trượt của chúng.

Hình 12 thể hiện hạt mài  $\text{MoS}_2$  điển hình. Chúng có màu đỏ sẫm tách biệt với màu trắng, bóng láng của kim loại không bị từ tính. Hạt mài  $\text{MoS}_2$  dễ bị nhầm lẫn với kim loại không từ tính vì chúng cản trở ánh sáng như hạt mài kim loại mặc dù  $\text{MoS}_2$  là một hợp chất.  $\text{MoS}_2$  được mô tả như hợp chất bán kim loại vì tính chất kim loại của chúng. Ngoài hạt  $\text{MoS}_2$ , tác giả còn phát hiện ra hạt mài mòn của oxit kim loại đen. Điều này chỉ ra có sự quá nhiệt trong suốt quá trình vận hành hoặc có thể chỉ ra do thiếu dầu bôi trơn. Các hạt oxit kim loại đen càng thể hiện rõ ràng có sự phá hoại nghiêm trọng của bề mặt chi tiết.

Càng ít oxit lẫn kim loại cũng như ít hạt mài láng động thành chuỗi, chúng sẽ không chỉ ra hư hại sắp xảy ra. Tuy nhiên, khi có mặt oxit kim loại đen thể hiện có sự mài mòn không bình thường của chi tiết

chịu ma sát.

Những oxit kim loại đen có màu xám mờ, ngược lại những hạt mài mòn cơ sắt thông thường thì trắng và sáng chói

Trên cùng một hình ảnh sau khi Ferrogram được xử lý nhiệt ở khoảng nhiệt độ đầu tiên để nhận diện ra hợp kim chứa sắt. Sau khi xử lý nhiệt màu của oxit kim loại đen vẫn không đổi trong khi đó những hạt mài kim loại tự do chuyển sang màu xanh hoặc vàng rơm tùy thuộc vào kim loại.

Nguyên nhân làm hư hỏng ổ bi kể trên do lắp ráp không đúng ở các chi tiết bôi trơn bằng mỡ. Với lực xiết quá căng và do tải trọng tập trung cao làm cho khả năng bôi trơn đối với vòng bi ngoài kém dẫn đến hiện tượng cháy vòng bi phía ngoài của bánh xe. Những người sửa chữa thiết bị cần phải đặc biệt quan tâm khi lắp ráp các chi tiết được bôi trơn bằng mỡ.

### **4. Kết luận**

Phương pháp Ferrograph không chỉ được dùng để chẩn đoán tình trạng mài mòn của động cơ Diesel nói riêng mà phương pháp còn được ứng dụng để chẩn đoán những hệ thống được bôi trơn khác như: hệ thống thủy lực, hộp giảm tốc, các tuabin lớn của nhà máy điện... mà không cần phải tháo rời từng chi tiết. Mở rộng hơn, có thể ứng dụng để chẩn đoán tình trạng hoạt động của những thiết bị được bôi trơn bằng mỡ và các loại chất bôi trơn lỏng khác■

**TÀI LIỆU THAM KHẢO:**

1. Nguyễn Anh Tuấn, Phạm Văn Thê, Nguyễn Tuấn Minh, (2006). Giám sát điều kiện hoạt động của động cơ thông qua phép phân tích dầu bôi trơn, Tuyển tập các bài báo khoa học - Hội nghị khoa học lần thứ 20 - kỷ niệm 50 năm ngày thành lập Trường Đại học Bách khoa Hà Nội (10.1956 - 10.2006), Nhà xuất bản Bách khoa - Hà Nội, pp75-80.
2. Do Huy Dinh, Le Bach Chuc, Nguyen Tuan Minh, Wear Particle Analysis in The 3408 Vehicular Engine for CAT 769C Truck used in CocSau Company, International Conference on Automotive Technology, [076], Hanoi, October 22-24, 2005.
3. A. Attanasio, M. Gelfi, C. Giardini, C. Remino, Minimal quantity lubrication in turning: Effect on tool wear, Department of Mechanical Engineering, University of Brescia, Via Branze 38, 25123 Brescia, Italy, 15 July 2005.
4. D. Anderson (1982), Wear Particle Atlas (Revised edition), Report naec, Naval Air Engineering Center, Advanced Technology Office, Support Equipment Engineering Department.

**Ngày nhận bài: 1/4/2024**

**Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 14/4/2024**

**Ngày chấp nhận đăng bài: 6/5/2024**

*Thông tin tác giả:*

**ThS. TRẦN THỊ HÀ**

**Phòng Khoa học - Công nghệ, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp**

## **DIAGNOSIS OF DIEZEN ENGINE BY METHOD SEPARATE METAL WEAR PARTICLES FROM USED LUBRICANT OIL**

● Msc. **TRAN THI HA**

Department of Science and Technology, University of Economics -  
Technology for Industries

**ABSTRACT:**

Ferrography is a type of wear particle analysis in used oil, through which the wear on friction-bearing components can be studied by analyzing the particles in the lubricating oil. It can be used to diagnose faults occurring in diesel engines. This paper publishes the results of the analysis and diagnosis of diesel engines using the method of separating metal wear particles from used lubricating oil. It concludes that the Ferrograph method is not only used to diagnose the wear condition of diesel engines but can also be applied to diagnose other lubricated systems such as hydraulic systems, gearboxes, and large turbines in power plants without needing to disassemble each component. Furthermore, this method can be extended to diagnose the operating condition of equipment lubricated with grease and other liquid lubricants.

**Keywords:** Ferrography, Ferrogram, Ferroscope.