

LIÊN NGÀNH ĐIỆN - ĐIỆN TỬ - TỰ ĐỘNG HÓA

| | | |
|---|----|---|
| Phân tích động học ngược cho tay máy robot hàn 6 bậc tự do | 5 | Dương Văn Toàn Ninh Nguyễn Tấn Tại Nguyễn Văn Cường Nguyễn Trọng Các |
| Điều khiển bền vững thích nghi trên cơ sở mờ Nơron điều khiển cho tay máy robot | 13 | Nguyễn Phương Ty Vũ Thị Yến Nguyễn Thị Thảo Nguyễn Thị Phương |
| Điều khiển truyền động động cơ không đồng bộ ba pha theo phương pháp tựa theo vectơ từ thông rôto (foc) | 20 | Phạm Văn Tuấn Hoàng Thị Phượng Đặng Văn Tuệ |

LIÊN NGÀNH CƠ KHÍ - ĐỘNG LỰC

| | | |
|---|----|-----------------------------------|
| Nghiên cứu đặc tính tốc độ của động cơ diesel hiện đại | 28 | Vũ Thành Trung Ngô Thị Mỹ Bình |
| Nghiên cứu ảnh hưởng của tốc độ đến khả năng hồi phục mòn của phụ gia nano TiO_2 trong dầu bôi trơn | 34 | Nguyễn Đình Cường |
| Nghiên cứu sự ảnh hưởng của phương pháp lấy mẫu đến chất lượng của phương pháp Monte Carlo | 40 | Đào Đức Thụ |
| Nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ miết ép đến ứng suất dư của chi tiết máy | 45 | Nguyễn Văn Hình |

NGÀNH TOÁN HỌC

| | | |
|--|----|--|
| Điều kiện đủ tối ưu cho bài toán điều khiển tối ưu của hệ phương trình g-Navier-Stokes hai chiều | 51 | Nguyễn Viết Tuấn Lưu Trọng Đại Lê Thị Liễu |
|--|----|--|

NGÀNH KINH TẾ

| | | |
|--|----|--------------------------------------|
| Giải pháp nâng cao hiệu quả thực thi các công cụ chính sách tiền tệ trong giai đoạn hiện nay | 58 | Nguyễn Thị Quỳnh Vũ Thị Lý |
| Nguồn nhân lực Việt Nam - góc nhìn từ thực trạng giáo dục phổ thông | 67 | Phạm Thị Hồng Hoa Nguyễn Thị Tình |

TẠP CHÍ
NGHIÊN CỨU KHOA HỌC
ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

TRONG SỐ NÀY
SỐ 1(76) 2022

NGÀNH KINH TẾ

| | | |
|---|----|---|
| Tác động của đại dịch COVID-19 đến hoạt động sản xuất kinh doanh và báo cáo tài chính của doanh nghiệp | 76 | Đinh Thị Kim Thiết |
| Các nhân tố ảnh hưởng đến thu nhập của các hộ trồng chè: Nghiên cứu trường hợp tỉnh Thái Nguyên, Việt Nam | 84 | Trần Thị Quý Chinh Nguyễn Thị Ngọc Mai |

NGÀNH GIÁO DỤC HỌC

| | | |
|--|----|----------------------------------|
| Áp dụng các hoạt động ngoại khóa trong dạy học Tiếng Anh nhằm nâng cao kỹ năng giao tiếp cho sinh viên Trường Đại học Sao Đỏ | 92 | Vũ Thị Lương Trịnh Thị Chuyên |
|--|----|----------------------------------|

LIÊN NGÀNH TRIẾT HỌC - XÃ HỘI HỌC - CHÍNH TRỊ HỌC

| | | |
|--|-----|-----------------------------------|
| Giảng dạy Triết học Mác - Lênin trong bối cảnh Cách mạng công nghiệp 4.0 | 100 | Nguyễn Thị Nhan |
| Tư tưởng Hồ Chí Minh về xây dựng Đảng và sự vận dụng của Đảng bộ thành phố Chí Linh hiện nay | 106 | Phạm Xuân Đức |
| Xây dựng và phát triển con người theo tinh thần Đại hội XIII của Đảng - liên hệ trong giảng dạy học phần Triết học Mác - Lênin tại Trường Đại học Sao Đỏ | 113 | Đỗ Thị Thùy Đặng Thị Dung |
| Tác động của chính sách an sinh xã hội đến lao động và việc làm trong đại dịch COVID-19 tại Việt Nam | 120 | Nguyễn Minh Tuấn Phạm Xuân Đức |

TITLE FOR ELECTRICITY - ELECTRONICS - AUTOMATION

| | | |
|---|----|---|
| Inverse kinematics analysis of six degrees of freedom of a welding robot arm | 5 | Duong Van Toan Ninh Nguyen Tan Tai Nguyen Van Cuong Nguyen Trong Cac |
| Adaptive robust control based on fuzzy neural network control robot manipulator | 13 | Nguyen Phuong Ty Vu Thi Yen Nguyen Thi Thao Nguyen Thi Phuong |
| The controlling methods for three-phase asynchronous mô tơ models based on foc roto | 20 | Pham Van Tuan Hoang Thi Phuong Dang Van Tue |

TITLE FOR MECHANICAL AND DRIVING POWER ENGINEERING

| | | |
|---|----|-----------------------------------|
| Research on performance characteristics of modern diesel engine | 28 | Vu Thanh Trung Ngo Thi My Binh |
| Research influence of speed on self-repair of TiO ₂ nanoparticles as lubricating | 34 | Nguyen Dinh Cuong |
| Study on the effects of sampling method on the quality of Monte Carlo method | 40 | Dao Duc Thu |
| Research on the influence of mode oscillating smoothing on the residual stresses of machine parts | 45 | Nguyen Van Hinh |

TITLE FOR MATHEMATICS

| | | |
|--|----|--|
| Sufficient optimality conditions for the optimal control problem of 2D g-Navier-Stokes equations | 51 | Nguyen Viet Tuan Luu Trong Dai Le Thi Lieu |
|--|----|--|

TITLE FOR ECONOMICS

| | | |
|---|----|--------------------------------------|
| Solutions to improve the effectiveness of monetary policy tools in the current period | 58 | Nguyen Thi Quynh Vu Thi Ly |
| Vietnam's human resources in terms of achievement in general education | 67 | Pham Thi Hong Hoa Nguyen Thi Tinh |

TITLE FOR ECONOMICS

- | | | |
|---|----|---|
| The impact of the COVID-19 pandemic on enterprises's business activities and presentation of financial statements | 76 | Dinh Thi Kim Thiet |
| Factors Affecting to Tea-growing Household's Income: A Case Study in Thai Nguyen Province | 84 | Tran Thi Quy Chinh Nguyen Thi Ngoc Mai |

TITLE FOR STUDY OF EDUCATION

- | | | |
|---|----|----------------------------------|
| Applying extracurricular activities in teaching English to improve communication ability for Sao Do University's students | 92 | Vu Thi Luong Trinh Thi Chuyen |
|---|----|----------------------------------|

TITLE FOR PHILOSOPHY - SOCIOLOGY - POLITICAL SCIENCE

- | | | |
|--|-----|-----------------------------------|
| Teaching Marxist-Leninist Philosophy in the context of Industrial Revolution 4.0 | 100 | Nguyen Thi Nhan |
| Ho Chi Minh's thought on Party building and the application of the Party Committee of Chi Linh City today | 106 | Pham Xuan Duc |
| Teaching the Marxist-Leninist Philosophy module at Sao Do University on human construction and development in the light of the XIII Party Congress | 113 | Do Thi Thuy Dang Thi Dung |
| Impacts of social security policies on labor and employment during the COVID-19 pandemic in Vietnam | 120 | Nguyen Minh Tuan Pham Xuan Duc |

Nghiên cứu ảnh hưởng của tốc độ đến khả năng hồi phục mòn của phụ gia nano TiO₂ trong dầu bôi trơn

Research influence of speed on self-repair of TiO₂ nanoparticles as lubricating

Nguyễn Đình Cường

Email: nguyencuong1111980@gmail.com

Trường Đại học Sao Đỏ

Ngày nhận bài: 01/11/2021

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 10/3/2022

Ngày chấp nhận đăng: 31/3/2022

Tóm tắt

Với sự phát triển của công nghệ nano, vật liệu nano đã được sử dụng rộng rãi trong dầu bôi trơn. Bài báo đã sử dụng máy ma sát 4 bi MRS-10A để thí nghiệm chất phụ gia nano TiO₂ trong dầu bôi trơn về ma sát học. Thí nghiệm với hàm lượng 0,5% phụ gia nano TiO₂ trong dầu bôi trơn với tốc độ khác nhau. Dùng máy đo đường kính mòn của bi, kính hiển vi đồng tiêu (LCSM) và máy phổ tán sắc năng lượng (EDX) phân tích thành phần hóa học bề mặt bị mòn của bi nhằm đánh giá khả năng tự hồi phục mòn của phụ gia nano TiO₂. Kết quả thí nghiệm cho thấy rằng, dầu bôi trơn khi bổ sung chất phụ gia nano TiO₂ có khả năng chống mòn, giảm ma sát và tự hồi phục.

Từ khoá: Ma sát, mòn; tự hồi phục; chất phụ gia nano; nano Titan điôxit.

Abstract

With the development of nanotechnology, nano lubricating materials have been widely used as lubricating additive in lubricant. The tribological behavior of TiO₂ nanoparticle as lubricating additives was studied in MRS-10A four-ball frictional apparatus. This experiment using 0.5% of TiO₂ nano additive content in lubricity with various speed conditions. The frictional wear behavior and self-repair characteristic was analyzed by using Grinding Spot measurement system, Laser confocal scanning microscopy (LCSM) and Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX) measurement instruments. Experimental results indicate that the amount of 0.5% TiO₂ in lubricants that makes nanoparticles possess good friction reducing and anti-wear characteristics. Experimental results indicate that TiO₂ nanoparticles possess good friction reducing and antiwear characteristics.

Keywords: Friction abrasion; self-repair; nano-meteradditives; nanometer titanium dioxide.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện tượng ma sát và mòn luôn diễn ra trong các thiết bị cơ khí. Nếu môi trường làm việc khắc nghiệt sẽ làm tăng mòn các cặp ma sát dẫn đến giảm tuổi thọ của cơ cấu, hệ thống của thiết bị [1], [2]. Để giảm mòn các cặp ma sát nhằm nâng cao độ tin cậy, kéo dài tuổi thọ của các chi tiết cơ khí, cần phải có các biện pháp để nâng cao đặc tính dầu bôi trơn để giảm ma sát và chống mòn, đây là vấn đề cấp thiết trong nghiên cứu về ma sát học trong tương lai.

Trong 30 năm qua, công nghệ tự hồi phục bề mặt chi tiết bị mòn đã được nhiều nhà khoa học nghiên cứu và có những kết quả khả quan. Những kết quả nghiên cứu đã áp dụng thí điểm trên một số thiết bị cơ khí tại

các Doanh nghiệp về khai thác khoáng sản, lĩnh vực hàng không và vũ trụ [3-5]. Phụ gia nano được thêm vào dầu bôi trơn tồn tại ở dạng các "siêu bi" do đó cải thiện hiệu suất bôi trơn các cặp chi tiết ma sát [6]; ngoài ra, phụ gia nano bám dính trên bề mặt làm việc, tự hồi phục bề mặt bị mòn [7]. Tuy nhiên, có một số nhược điểm khi thêm phụ gia nano trong dầu bôi trơn, đó là: nếu bổ sung hàm lượng phụ gia nano quá giới hạn, phụ gia phân tán không tốt thì dễ "kết tụ" làm tăng ma sát và mòn [8]. Các nghiên cứu cũng đã khẳng định rằng, chất phụ gia nano giảm ma sát, mòn và tự phục hồi sẽ phụ thuộc vào đặc tính vật liệu nano, hàm lượng và mức độ phân tán nano trong dầu bôi trơn ở dạng "huyền phù" [9-10].

TiO₂ là hợp chất có các tính chất: độ nóng chảy cao, ít chịu bị ăn mòn hóa học, dễ khuếch tán vào bề mặt kim loại, chịu mòn, độ cứng lớn nhưng vẫn giữ độ dẻo [11]. Bài báo nghiên cứu khả năng giảm ma sát, mòn

Người phản biện: 1. GS. TS. Trần Văn Địch

2. TS. Ngô Hữu Mạnh

và phục hồi bề mặt ma sát bằng phụ gia nano TiO_2 trong dầu bôi trơn ở điều kiện tốc độ từ 400 r/min đến 1.200 r/min.

2. PHA CHẾ PHỤ GIA NANO VÀ THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM

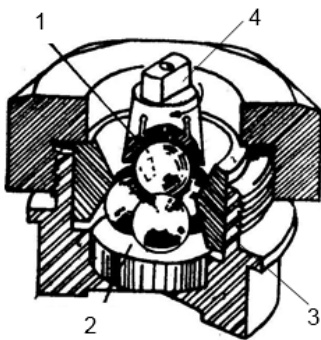
2.1. Pha chế phụ gia

Phụ gia trong dầu bôi trơn(CF-4 15W/40) bao gồm: Hàm lượng 0,5% nano TiO_2 (độ hạt là 10 nm) và hàm lượng 1% chất phân tán là polyethylene glycol (trọng lượng phân tử PEG-200). Khi pha phụ gia, trước tiên dùng đĩa thủy tinh khuấy, sau đó đặt cốc dầu bôi trơn đã pha chế phụ gia vào máy phát sóng siêu âm trong thời gian 30 phút, chất phụ gia sẽ phân tán đồng đều trong dầu bôi trơn.

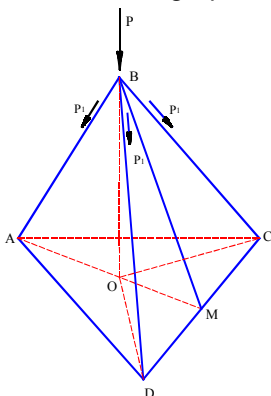
2.2. Thiết bị thí nghiệm

Dùng máy thí nghiệm ma sát 4 bi MRS-10A với viên bi đường kính là 12,7 mm và độ cứng HRC: 64-66. Nguyên lý làm việc của máy ma sát bốn bi theo hình 1: viên bi phía trên được kẹp chặt bởi kẹp bi(4) và có chuyển động quay. Ba viên bi ở dưới được cố định bởi mỗi ghép (3). Khi viên bi (1) quay sẽ tiếp xúc ma sát với ba viên bi cố định phía dưới. Khi có chuyển động ma sát, 3 viên bi phía dưới có vết mòn biên dạng là hình tròn. Về trị số lực tác dụng và trị số như hình 1b, dưới tác dụng ngoại lực P tác dụng lên viên bi đỉnh (1), mỗi viên bi phía dưới sẽ nhận lực tương hỗ P_1 .

$$AB = DB = BC = DC = AD = AC = P_1; BM = BC\sin 60^\circ = 0,866P_1.$$



a. Kết cấu mỗi ghép 4 bi



b. Sơ đồ lực tác dụng 4 bi

Hình 1. Nguyên lý và cấu tạo của ma sát 4 viên bi
1, Viên bi đỉnh; 2, Ba viên bi phía dưới; 3, Mối ghép kẹp 3 viên bi; 4, Kẹp bi.

2.3. Thông số thí nghiệm

Thí nghiệm với phụ gia nano trong dầu bôi trơn đã pha như mục 2.1. Thông số thí nghiệm theo Bảng 1.

Bảng 1. Thông số thí nghiệm với điều kiện tốc độ thay đổi

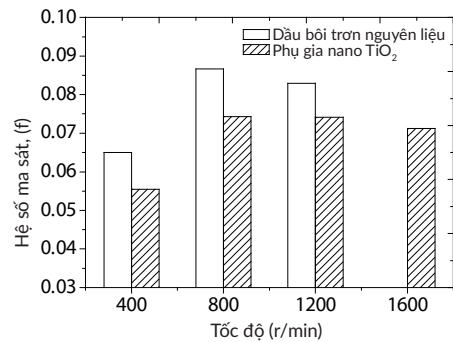
| TT | Tốc độ (r/min) | Hàm lượng nano TiO_2 (%) | Tải trọng (N) | Nhiệt độ ($^\circ C$) | Thời gian (phút) |
|----|----------------|----------------------------|---------------|-------------------------|------------------|
| 1 | 400 | 0,5 | 392 | 75 | 60 |
| 2 | 800 | 0,5 | 392 | 75 | 60 |
| 3 | 1200 | 0,5 | 392 | 75 | 60 |
| 4 | 1600 | 0,5 | 392 | 75 | 60 |
| 5 | 2000 | 0,5 | 392 | 75 | 60 |

Dùng máy đo biên dạng mòn của 3 viên bi cố định phía dưới, sau đó tính trung bình đường kính vết mòn để đánh giá độ mòn trong quá trình ma sát. Đồng thời sử dụng kính hiển vi đồng tiêu (LCSM) và máy phổ tán sắc năng lượng (EDX) phân tích thành phần hóa học trên vết mòn của viên bi. Kết quả phân tích thành phần hóa học của bề mặt viên bi bị mòn sẽ đánh giá được khả năng tự hồi phục mòn của phụ gia nano TiO_2 .

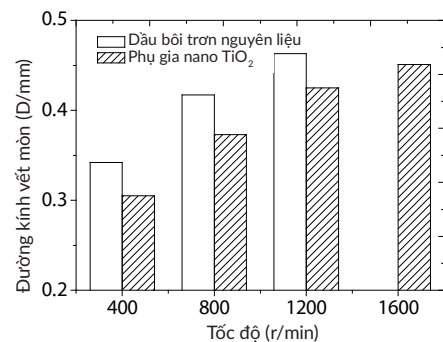
3. KẾT QUẢ

3.1. Ảnh hưởng của tốc độ đến hệ số ma sát và mòn

Thí nghiệm với dầu bôi trơn nguyên chất và dầu có bôi trơn có thêm phụ gia nano TiO_2 và (Hình 2; Hình 3).



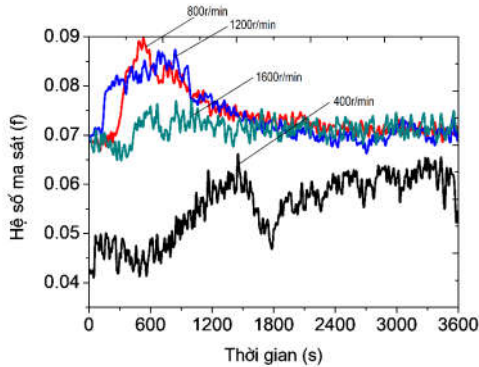
Hình 2. Ảnh hưởng của tốc độ đến hệ số ma sát



Hình 3. Ảnh hưởng của tốc độ đến đường kính vết mòn

Kết quả thấy rằng: Trong dải tốc độ thí nghiệm, chất phụ gia nano TiO_2 trong dầu bôi trơn đều hệ số giảm ma sát và mòn so với dầu bôi trơn nguyên chất. Với điều kiện tốc độ thí nghiệm là 400 r/min, 800 r/min

và 1.200 r/min hệ số ma sát giảm lần lượt là 14,6%; 14,3%; và 10,6%. Tuy nhiên, thí nghiệm dầu bôi trơn nguyên chất trong điều tốc độ 1.600 r/min, cặp ma sát (viên bi) phát ra tiếng kêu “rít, két” nghe rất khó chịu. Sau khoảng 5 ÷ 10 phút máy ma sát 4 bi MRS-10A báo lỗi và dừng hoạt động. Khi thí nghiệm phụ gia nano TiO₂ trong dầu bôi trơn, trong điều kiện tốc độ 1600 r/min cặp ma sát không phát ra tiếng kêu, máy 4 bi MRS-10A vẫn làm việc êm dịu. Thông qua thí nghiệm có thể đánh giá rằng, chất phụ gia nano TiO₂ đã cải thiện tính chất của dầu bôi trơn (Hình 2); đường kính vết mòn cũng giảm lần lượt là 10,8%; 10,6% và 8,2% (Hình 3). Từ Hình 2 và Hình 3 dễ dàng quan sát thấy, hệ số ma sát và vết mòn của viên bi có mối quan hệ với nhau, hệ số ma sát giảm thì đường kính vết mòn cũng giảm.



Hình 4. Ảnh hưởng của tốc độ đến hệ số ma sát theo thời gian đối với phụ gia nano TiO₂

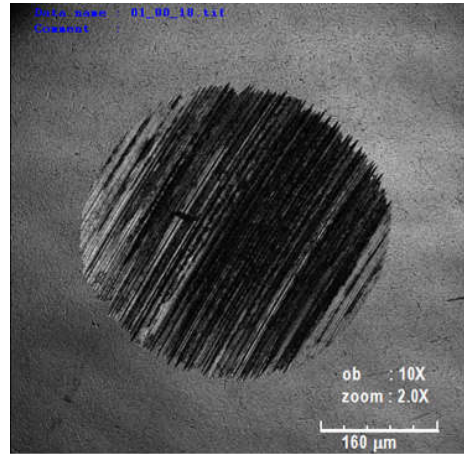
Đồ thị mối quan hệ của hệ số ma sát thay đổi theo thời gian khi thí nghiệm với các tốc độ khác nhau (Hình 4). Từ đồ thị quan sát thấy, tại các tốc độ thí nghiệm, hệ số ma sát trong giai đoạn đầu tăng đến một giá trị giới hạn sau đó có xu hướng giảm dần và ổn định rõ nhất ở tốc độ 800 r/min và 1.200 r/min. Nhưng tại tốc độ 400 r/min, hệ số ma sát biến đổi theo thời gian có dao động tần số dao động lớn và bước sóng rộng. Đặc biệt, ở tốc độ 1.600 r/min thì hệ số ma sát lại nhỏ hơn ở tốc độ 800 r/min và 1.200 r/min. Hiện tượng này giải thích rằng, có thể trong điều kiện thuận lợi: tốc độ cao, nhiệt độ cao các nano TiO₂ sẽ dễ hình thành các “siêu bi” trên bề mặt ma sát do vậy hệ số ma sát giảm [12].

3.2. Tự phục hồi bề mặt bị mòn

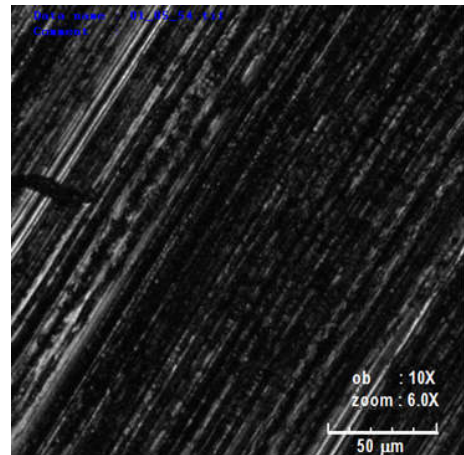
Để đánh giá khả năng tự hồi phục mòn của hàm lượng 0,5% phụ gia nano TiO₂ thông qua kính hiển vi đồng tiêu (LCSM) và máy phổ tán sắc năng lượng (EDX) phân tích thành phần hóa học trên bề mặt mòn của viên bi tiêu chuẩn. Với điều kiện tốc độ 400 r/min và 1.200 r/min khi dùng dầu bôi trơn có chất phụ gia nano và bôi trơn nguyên chất.

3.2.1. Vết mòn và tự hồi phục với tốc độ 400 r/min

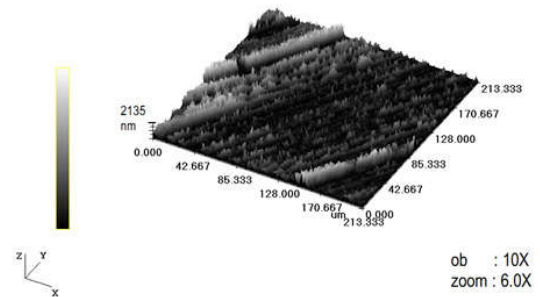
a. Dầu nguyên chất



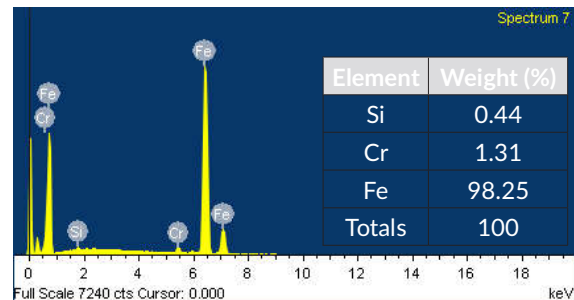
a. Toàn bộ đường kính vết mòn



b. Vết mòn tại trung tâm



c. Trung tâm vết mòn (Hình 3D)

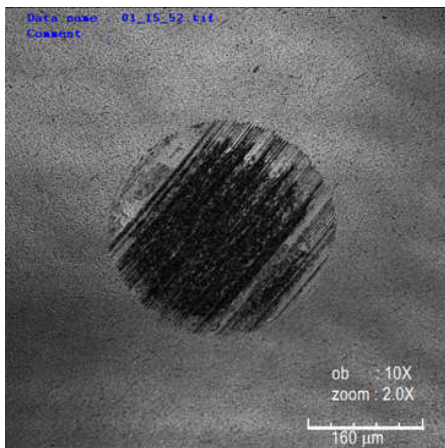


d. EDX phân tích thành phần hóa học

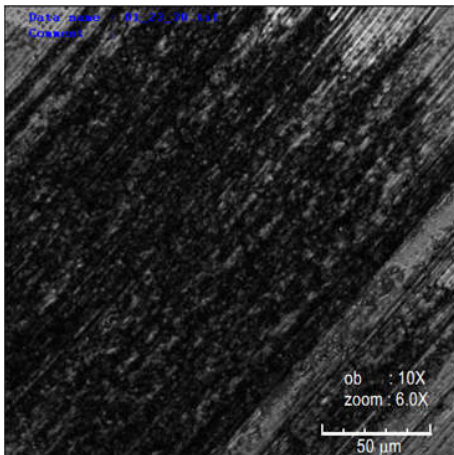
Hình 5. Dùng thiết bị LCSM và EDX quan sát và phân tích vết mòn khi dùng dầu bôi trơn nguyên chất với tốc độ 400 r/min

Khi thí nghiệm tại tốc độ 400 r/min, từ Hình 5 quan sát thấy, khi sử dụng dầu bôi trơn nguyên chất, vết mòn có nhiều nhấp nhô cao, độ sâu vết xước rất rõ nét trên bề mặt ma sát có độ mòn khốc liệt. Rãnh xước rõ nét và hầu hết trên toàn bộ bề mặt vết mòn (Hình 5a, 5b). Độ lệch trung bình của profin hình học bề mặt $Ra = 2.135$ nm (Hình 5c). Dùng máy phổ tán sắc năng lượng (EDX) phân tích thành phần hóa học trên bề mặt ma sát (Hình 5d), thấy tồn tại chủ yếu các thành phần các nguyên tố hóa học của viên bi là Fe, Cr và Si.

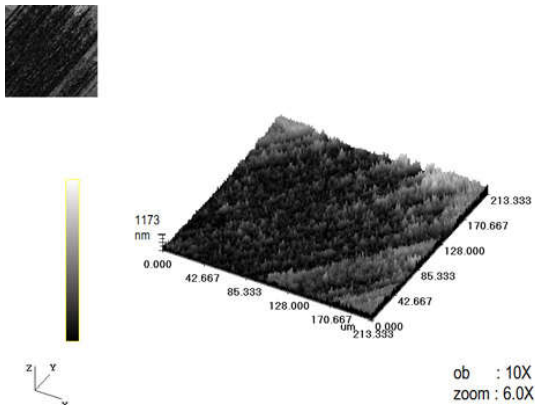
b. Chất phụ gia nano TiO_2



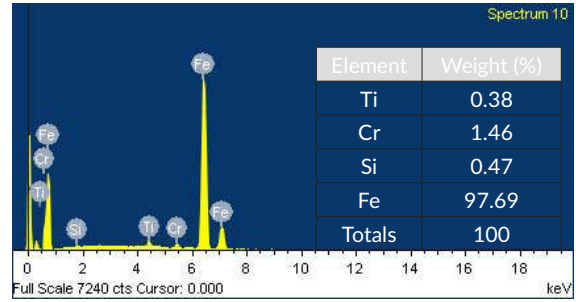
a. Toàn bộ đường kính vết mòn



b. Vết mòn tại trung tâm



c. Trung tâm vết mòn (Hình 3D)



d. EDX phân tích thành phần hóa học

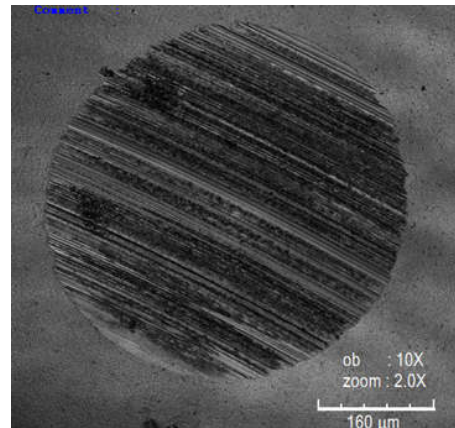
Hình 6. Dùng thiết bị LCSM và EDX quan sát và phân tích vết mòn khi dùng chất phụ gia nano TiO_2 với tốc độ 400r/min

Với điều kiện tốc độ 400 r/min, khi thí nghiệm hàm lượng 0,5% của chất phụ gia nano TiO_2 trong dầu bôi trơn, quan sát bề mặt vết mòn (LCSM) và phân tích thành phần hóa học (EDX) trên vết mòn được thể hiện trên Hình 6. Từ hình vẽ có thể quan sát thấy, bề mặt vết mòn khi dùng chất phụ gia nano TiO_2 trong dầu bôi trơn so với dùng dầu bôi trơn nguyên chất có rất ít nhấp nhô, bề mặt tương đối bằng phẳng, vết xước không sâu, không rõ nét. Vết xước chỉ tập trung chủ yếu ở phần trung tâm vết mòn (Hình 6a; 6b). Độ lệch trung bình của profin hình học bề mặt $Ra = 1,173$ nm (Hình 6c). Dùng EDX phân tích thành phần hóa học trên bề mặt vết mòn có tồn tại các nguyên tố hóa học Fe, Ti, Cr và Si. Trong đó, nguyên tố Fe, Cr và Si là thành phần hóa học của chi tiết ma sát, nguyên tố Ti là từ chất phụ gia nano TiO_2 trong dầu bôi trơn. Nguyên tố Ti tồn tại trên bề mặt vết mòn có trị số là 0,38%. Do vậy, có thể kết luận rằng, chất phụ gia nano TiO_2 trong dầu bôi trơn đã bổ sung, khuếch tán vào vết mòn nên bề mặt ma sát giảm độ nhấp nhô bề mặt chi tiết.

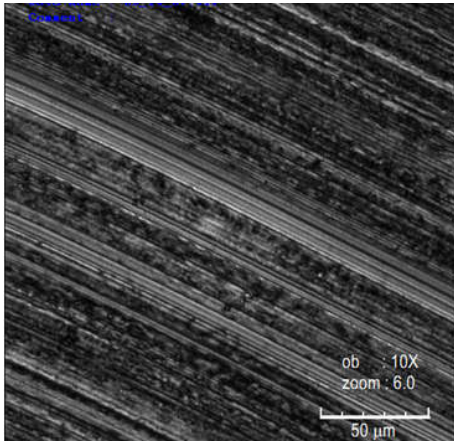
3.2.2. Vết mòn và tự hồi phục với tốc độ 1.200 r/min

a. Dầu nguyên chất

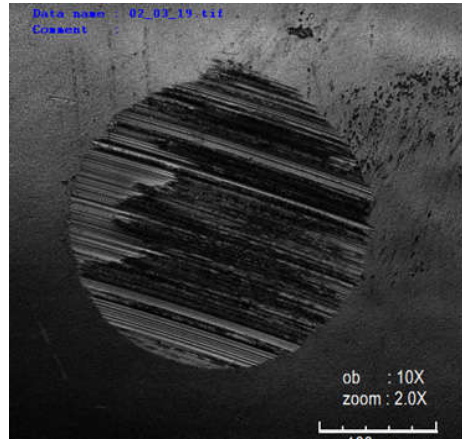
Với điều kiện tốc độ 1.200 r/min, quan sát thấy quá trình mòn rất khốc liệt. Các vết cày xước rất rõ nét trên toàn bộ vết mòn (Hình 7a). Các vết cày xước rất nghiêm trọng khi phóng to ở trung tâm vết mòn (Hình 7b). Độ lệch trung bình của profin hình học bề mặt $Ra = 3.835$ nm (Hình 7c). Phân tích thành phần hóa học trên bề mặt vết mòn(EDX) có tồn tại các nguyên tố hóa học Fe và O (Hình 7d).



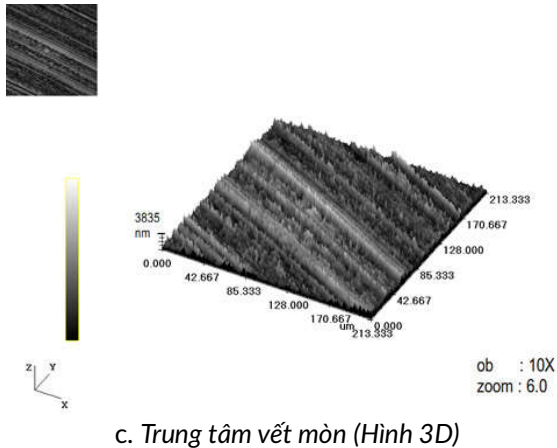
a. Toàn bộ đường kính vết mòn



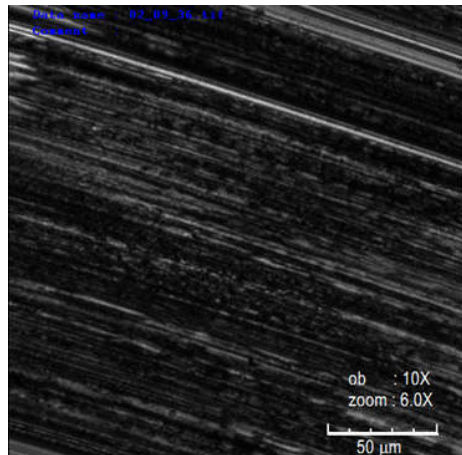
b. Vết mòn tại trung tâm



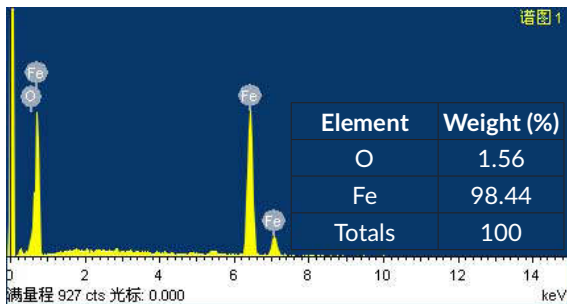
a. Toàn bộ đường kính vết mòn



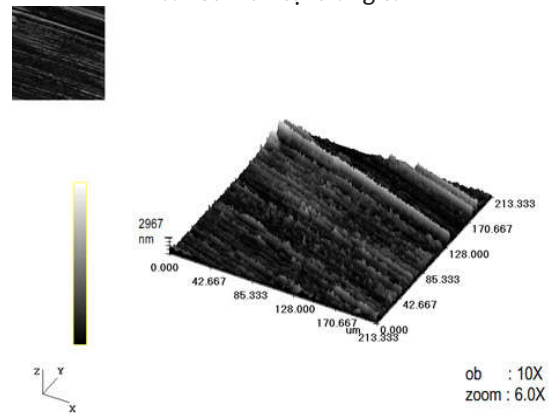
c. Trung tâm vết mòn (Hình 3D)



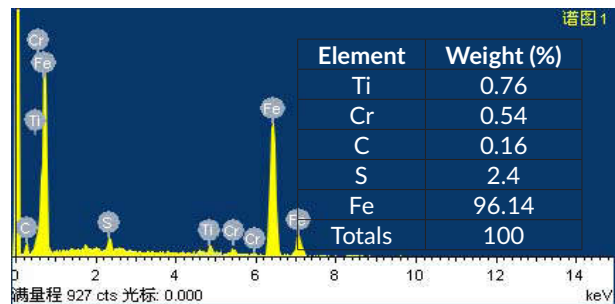
b. Vết mòn tại trung tâm



d. EDX phân tích thành phần hóa học



c. Trung tâm vết mòn (Hình 3D)



d. EDX phân tích thành phần hóa học

Hình 7. Dùng thiết bị LCSM và EDX quan sát và phân tích vết mòn khi dùng dầu bôi trơn nguyên chất với tốc độ 1.200 r/min

b. Chất phụ gia nano TiO_2

Trên Hình 8, tại điều kiện tốc độ 1.200 r/min, có thể quan sát thấy toàn bộ vết mòn (Hình 8a) và ở trung tâm vết mòn được phóng to thấy rằng, mật độ vết cào xước tương đối nhiều và cũng phân bố đều trên khắp bề mặt (Hình 8b). Tuy nhiên, so với vết mòn trên viên bi khi sử dụng chất phụ gia nano TiO_2 , các vết cào xước không khắc liệt so với dùng dầu bôi trơn nguyên chất. Độ lệch trung bình của profin hình học bề mặt $Ra = 3.835$ nm (Hình 8c).

Hình 8. Dùng thiết bị LCSM và EDX quan sát và phân tích vết mòn khi dùng chất phụ gia nano TiO_2 với tốc độ 1.200 r/min

Dùng EDX phân tích thành phần hóa học trên bề mặt vết mòn có tồn tại các nguyên tố hóa học Fe, Cr, Ti, S và C. Trong đó, nguyên tố Fe, Cr, S và C là thành phần hóa học của chi tiết ma sát, nguyên tố Ti là từ chất phụ gia nano TiO_2 trong dầu bôi trơn. Nguyên tố Ti tồn tại trên bề mặt vết mòn có trị số là 0,76%. Chứng tỏ chất phụ gia nano TiO_2 trong dầu bôi trơn đã bổ sung, khuếch tán vào bề mặt chi tiết ma sát giảm độ nhấp nhô.

4. KẾT LUẬN

Với hàm lượng từ 0,5% phụ gia nano TiO_2 trong dầu bôi trơn, ở điều kiện tốc độ từ 400 r/min đến 1.200 r/min cho thấy:

- Phụ gia nano TiO_2 với hàm lượng 0,5% trong dầu bôi trơn sẽ làm giảm ma sát và mài mòn bề mặt chi tiết.
- Với hàm lượng phụ gia 0,5% nano TiO_2 trong dầu bôi trơn đã tự hồi phục được một phần bề mặt bị mài mòn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Xiao Z, Su X J, Hou G L, et al (2012), *Synthesis and Tribological Properties of Serpentine Powders by Hydrothermal Method [J]*, *Lubrication Engineering*, 37(10), 45-49 (in Chinese).
- [2]. Qi X W, Lu L, Jia Z N, et al (2012), *Comparative tribological properties of magnesium hexasilicate and serpentine powder as lubricating oil additives under high temperature [J]*, *Tribology International*, 49, 53-57
- [3]. Zhang B, XU B S, XU Y, et al (2011), *Research Status of Micro and Nano Materials in Lubricating Additives [J]*, *Tribology*, 31(2), 194-204 (in Chinese).
- [4]. Tang Z L, Li S H (2014), *A review of recent developments of friction modifiers for liquid lubricants (2007-present) [R]*, *Current Opinion in Solid State and Materials Science*, Article in Press.
- [5]. Zeng QF, Yu F, Dong G (2013), *Superlubricity behaviors of Si3N4/DLC Films under PAO oil with nano boron nitride additive lubrication [J]*, *Surface and Interface Analysis*, 45(8), 1283 -1290.
- [6]. Mohan N, Sharma M, Singh R (2014), *Review of tribological properties of lubricating oils with nanoparticle additives [C]*. *International Conference of Advance Research and Innovation*, 400-404.
- [7]. Yu H, Xu Y, Shi P, et al (2013), *Microstructure, mechanical properties and tribological behavior of tribofilms generated from natural serpentine mineral powders as lubricant additive [J]*, *Wear*, 2013, 297, 802-810.
- [8]. Li B, Xie F, Zhang M M (2014), *Study on tribological properties of Nano-MoS2 as additive in lubricating oils [J]*, *Lubrication Engineering*, 39 (9), 91-95 (in Chinese).
- [9]. *Self-assembly and surface modification of sulfur nanoparticles in polyethylene glycol (PEG) and its antibacterial activities [D]*, *Master Degree Thesis*, Jinan University, 2011 (in Chinese).
- [10]. Li Chao, Du Jian-hua, Han Wen-zheng (2007), *Effects of Polyethylene Glycol on Stability of Nano Silica in Aqueous Suspension [J]*. *Journal of Academy of Armored Force Engineering*, 6(3), 74-77(in Chinese).
- [11]. Yin Hong-xi, Zhang Wan-zhong, Gao En-jun (2007), *The Study on the Absorption of Cadmium Ion by Nano-titanium Dioxide [J]*, *Contemporary Chemical Industry*, 36(5), 2007: 842-845.
- [12]. Chinas-Castillo F, Spikes H A (2008), *Mechanism of action of colloidal solid dispersions [J]*, *Journal of tribology*, 2008, 125-3-: 552-557.

THÔNG TIN TÁC GIẢ



Nguyễn Đình Cường

- Năm 2015: Tốt nghiệp Tiến sĩ chuyên ngành Kỹ thuật xe, Đại học Giao thông Tây Nam, Tứ Xuyên, Trung Quốc.
- Tóm tắt công việc hiện tại: Trưởng khoa, Giảng viên khoa Ô tô, Trường Đại học Sao Đỏ.
- Lĩnh vực quan tâm: Kết cấu ô tô, nhiên liệu, chẩn đoán ô tô, ma sát học, cơ khí ô tô.
- Điện thoại: 0968900158 Email: nguyencuong1111980@gmail.com